EVALUACIÓN REGIONAL DEL AGUA

Subzonas hidrográficas de los ríos Bajo Saldaña, Alto Saldaña, Amoyá, Anamichú, Anchique, Atá, Cambrín,Medio Saldaña y Patá.

FASE 2

Producto A18: Informe Final

ERA FASE 2

CORTOLIMA

UNIVERSIDAD DEL TOLIMA

ERA

2022



CONVENIO INTERADMINISTRATIVO 720-2021

Tabla de Contenido

TABLA DE CONTENIDO ..... **I**

LISTA DE TABLAS ..... **XXX**

LISTA DE FIGURAS ..... **LXII**

CAPÍTULO: OFERTA HÍDRICA **107**

1. INTRODUCCIÓN **107**

2. SELECCIÓN DEL MODELO HIDROLÓGICO **108**

2.1. MODELO HIDROLÓGICO SELECCIONADO 116

2.1.1. *Modelo Hidrológico Distribuido TETIS* *116*

3. INFORMACIÓN BASE PARA LA MODELACIÓN HIDROLÓGICA **117**

3.1. INFORMACIÓN METEOROLÓGICA HISTÓRICA 118

3.1.1. *Red de Estaciones Meteorológicas del IDEAM* *120*

3.1.2. *Red de Estaciones Meteorológicas de Otras Entidades* *122*

3.1.2.1. Estaciones CENICAFÉ 122

3.1.2.2. Estaciones CORTOLIMA 123

3.1.2.3. Estaciones Electraguas 124

3.1.2.4. Estaciones INCORA 124

3.1.2.5. Estaciones FEDEARROZ 124

3.1.3. *Información Satelital y de Radar* *124*

3.2. INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA HISTÓRICA 135

3.2.1. *Número de Datos de Caudal Diario Analizados* *137*

3.3. INFORMACIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS DE LOS MODELOS 138

3.3.1. *Coberturas y Usos de la Tierra* *138*

3.3.2. *Mapa de Suelos y Capacidad de Uso de la Tierra* *138*

3.3.3. *Información Geológica* *139*

3.3.4. *Modelo de Elevación Digital* *139*

3.3.5. *Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCAS)* *140*

3.3.6. *Parámetros de los modelos hidrológicos implementados* *140*

4. REPRESENTACIÓN CONCEPTUAL DEL SISTEMA HIDROLÓGICO **140**

4.1. IDENTIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DE LAS CONEXIONES HIDRÁULICAS EXISTENTES 141

4.1.1. *Subzona hidrográfica del río Atá* *146*

4.1.2. Subzona hidrográfica del río Alto Saldaña ... 146
4.1.3. Subzona hidrográfica del río Cambrín ... 146
4.1.4. Subzona hidrográfica del río Anamichú ... 146
4.1.5. Subzona hidrográfica del río Patá ... 146
4.1.6. Subzona hidrográfica del río Medio Saldaña ... 146
4.1.7. Subzona hidrográfica del río Amoyá ... 147
4.1.8. Subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña ... 147
4.1.9. Subzona hidrográfica de los río Anchique, Chenche y Directos al Magdalena ... 148
4.1.10. Subzona hidrográfica de los ríos Tetúan y Ortega ... 148
4.1.11. Subzona hidrográfica del río Cucuana ... 149
4.2. UNIDADES HIDROLÓGICAS DE ANÁLISIS (UHA) ... 155
4.2.1. Subzona hidrográfica del río Atá ... 157
4.2.2. Subzona hidrográfica del río Alto Saldaña ... 160
4.2.3. Subzona hidrográfica del río Cambrín ... 162
4.2.4. Subzona hidrográfica del río Anamichú ... 164
4.2.5. Subzona hidrográfica del río Patá ... 167
4.2.6. Subzona hidrográfica del río Medio Saldaña ... 169
4.2.7. Subzona hidrográfica del río Amoyá ... 171
4.2.8. Subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña ... 174
4.2.9. Subzona hidrográfica de los ríos Anchique, Chenche y Directos al Magdalena ... 176

5. ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS HIDROSEDIMENTOLÓGICOS ... 179

5.1. PARÁMETROS DERIVADOS DE LA TOPOGRAFÍA ... 179
5.1.1. Evaluación de la Precisión Vertical de los Modelos Digitales de Elevación ... 179
5.1.2. Evaluación de los MDEs para Representar la Red de Drenaje y Delimitar Cuencas ... 186
5.1.3. Corrección Hidrológica del Modelo Digital de Elevación ... 193
5.1.4. Método de Corrección Implementado ... 194
5.1.5. Estimación de Parámetros Topográficos ... 198
5.2. PARÁMETROS HIDRÁULICOS DEL SUELOS Y DEL ESTRATO ROCOSO ... 205
5.2.1. Valores Modales de Capacidad de Infiltración del Suelo (Ks) y Conductividad Hidráulica para el Interflujo (Kss) ... 205
5.2.2. Valores Modales de Conductividad Hidráulica Saturada del Acuífero (Ksa), Capacidad de Percolación del Substrato (Kp) y Capacidad de Percolación al Acuífero Profundo (Kps) ... 210
5.2.3. Valores Modales de Almacenamiento Estático (Hu) ... 211
5.3. PARÁMETROS DE PROPAGACIÓN DEL FLUJO EN CAUCES ... 218
5.4. PARÁMETROS DE EVAPOTRANSPIRACIÓN ... 220
5.4.1. Evapotranspiración de Referencia (ETo) ... 221
5.4.2. Índices de vegetación ... 221
5.4.3. Capacidad de Intercepción ... 225
5.4.4. Parámetros Sedimentológicos ... 225

6. RESULTADOS DEL MODELO HIDROLÓGICO DISTRIBUIDO TETIS 235

6.1. Estructura del Modelo Hidrológico Distribuido 235
6.2. Métricas Implementadas para Evaluar la Eficiencia del Modelo Hidrológico TETIS 236
6.3. Análisis de Sensibilidad 237
6.4. Calibración y Validación del Modelo Hidrológico. 239
6.5. Resultados del balance hídrico 257
6.6. Incertidumbres en la modelación hidrológica 258

7. OFERTA HÍDRICA 259

7.1. Oferta Hídrica Total Superficial (OHTS) 259
7.2. Oferta Hídrica Total Disponible (OHTD) 259

8. OHTS Y OHTD EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ 260

8.1. Unidad de Análisis: Directos Magdalena Patá 260
8.2. Unidad de Análisis: Rio Patá 8 262
8.3. Unidad de Análisis: Quebrada Canoas 264
8.4. Unidad de Análisis: Rio Patá 7 266
8.5. Unidad de Análisis: Quebrada Salitre 268
8.6. Unidad de Análisis: Rio Patá 6 270
8.7. Unidad de Análisis: Quebrada Vieja 272
8.8. Unidad de Análisis: Rio Patá 5 274
8.9. Unidad de Análisis: Quebrada Tambilla 276
8.10. Unidad de Análisis: Rio Patá 4 278
8.11. Unidad de Análisis: Quebrada Chilirco 280
8.12. Unidad de Análisis: Rio Patá 3 282
8.13. Unidad de Análisis: Quebrada Buenos Aires 284
8.14. Unidad de Análisis: Rio Patá 2 286
8.15. Unidad de Análisis: Quebrada San Pablo 288
8.16. Unidad de Análisis: Rio Patá 1 290

9. OHTS Y OHTD EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA ANCHIQUE, CHENCHE Y DIRECTOS AL MAGDALENA 292

9.1. Unidad de Análisis: Directos Magdalena Anchique Chenche 292
9.2. Unidad de Análisis: Rio Chenche 6 294
9.3. Unidad de Análisis: Quebrada Cabuyal 296
9.4. Unidad de Análisis: Rio Chenche 5 298
9.5. Unidad de Análisis: Quebrada Carmen 300
9.6. Unidad de Análisis: Rio Chenche 4 302
9.7. Unidad de Análisis: Quebrada Socorro 304
9.8. Unidad de Análisis: Rio Chenche 3 306
9.9. Unidad de Análisis: Quebrada Zaragoza 308

9.10. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO CHENCHE 2 310
9.11. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA ZANJA HONDA 312
9.12. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO CHENCHE 1 314
9.13. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO HILARCO 316
9.14. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA GUAGUARCO 3 318
9.15. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA BALOCA GRANDE 320
9.16. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA GUAGUARCO 2 322
9.17. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA TOTARCO 324
9.18. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA GUAGUARCO 1 326
9.19. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO ANCHIQUE 3 328
9.20. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA NATÁRROCO 330
9.21. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO ANCHIQUE 2 332
9.22. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA CHOCHO 334
9.23. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO ANCHIQUE 1 336
9.24. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA YACO 338

10. OHTS Y OHTD EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA BAJO SALDAÑA 340

10.1. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO SALDAÑA 21 340
10.2. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA LEMAYA 342
10.3. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO SALDAÑA 20 344
10.4. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA CHICORA 346
10.5. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO SALDAÑA 19 348
10.6. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA PEDREGOSA 350
10.7. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO SALDAÑA 18 352
10.8. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO SALDAÑA 17 354
10.9. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO SALDAÑA 16 356
10.10. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO SALDAÑA 15 358
10.11. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO SALDAÑA 14 360
10.12. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA AICO 362
10.13. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO SALDAÑA 13 364
10.14. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA MECHE 366
10.15. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO SALDAÑA 12 368
10.16. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO SALDAÑA 11 370
10.17. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA OLINI 372
10.18. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO SALDAÑA 10 374

11. OHTS Y OHTD EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA MEDIO SALDAÑA 376

11.1. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO SALDAÑA 9 376
11.2. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA PAIPA 378
11.3. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO SALDAÑA 8 380
11.4. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA GUANABANO 382

11.5. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO SALDAÑA 7 384
11.6. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA POLE 386
11.7. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO SALDAÑA 6 388

12. OHTS Y OHTD EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA ALTO SALDAÑA 390

12.1. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO MENDARCO 390
12.2. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO SALDAÑA 5 392
12.3. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA LINDOSA 394
12.4. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO SALDAÑA 4 396
12.5. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO SIQUILA 398
12.6. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO SALDAÑA 3 400
12.7. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO HEREJE 402
12.8. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO SALDAÑA 2 404
12.9. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO CANDELARIO 406
12.10. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO SALDAÑA 1 408

13. OHTS Y OHTD EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA AMOYÁ 410

13.1. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA GUANI 410
13.2. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO AMOYÁ 13 412
13.3. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA NEME 414
13.4. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO AMOYÁ 12 416
13.5. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA TULUNI 418
13.6. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO AMOYÁ 11 420
13.7. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA IRCO 422
13.8. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO AMOYÁ 10 424
13.9. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO AMBEIMA 426
13.10. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO AMOYÁ 9 428
13.11. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA GRANDE 430
13.12. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO AMOYÁ 8 432
13.13. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA SAN JORGE 434
13.14. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO AMOYÁ 7 436
13.15. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO NEGRO AMOYÁ 438
13.16. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO AMOYÁ 6 440
13.17. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO DAVIS 442
13.18. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO AMOYÁ 5 444
13.19. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA SAN JOSÉ 446
13.20. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO AMOYÁ 4 448
13.21. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA RIVERA 450
13.22. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO AMOYÁ 3 452
13.23. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA NIEVES 454
13.24. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO AMOYÁ 2 456

13.25. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA MORALES 458
13.26. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO AMOYÁ 1 460

14. OHTS Y OHTD EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA ANAMICHÚ 462

14.1. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO ANAMICHÚ 11 462
14.2. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO BLANCO 464
14.3. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO ANAMICHÚ 10 466
14.4. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA TOLIMA 468
14.5. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO QUEBRADA 470
14.6. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO ANAMICHÚ 9 472
14.7. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA SAN MATEO 474
14.8. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO ANAMICHÚ 8 476
14.9. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA ILUSIÓN 478
14.10. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO ANAMICHÚ 7 480
14.11. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO VERDE 482
14.12. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO ANAMICHÚ 6 484
14.13. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO NEGRO ANAMICHÚ 486
14.14. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO ANAMICHÚ 5 488
14.15. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA YARUMAL 490
14.16. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO ANAMICHÚ 4 492
14.17. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA CATALINA 494
14.18. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO ANAMICHÚ 3 496
14.19. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO SAN JOSE 498
14.20. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO ANAMICHÚ 2 500
14.21. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA AHOGADO 502
14.22. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO ANAMICHÚ 1 504

15. OHTS Y OHTD EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA CAMBRÍN 506

15.1. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO CAMBRÍN 2 506
15.2. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO NEGRO CAMBRÍN 508
15.3. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO CAMBRÍN 1 510
15.4. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA VIRGEN 512
15.5. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA BOSQUE 514

16. OHTS Y OHTD EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA ATÁ 516

16.1. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO ATÁ 8 516
16.2. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA BARRANCA 518
16.3. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO ATÁ 7 520
16.4. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA PAUJIL 522
16.5. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO ATÁ 6 524
16.6. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA MONTALVO 526

16.7. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO ATÁ 5 528
16.8. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO CLARO 530
16.9. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO ATÁ 4 532
16.10. UNIDAD DE ANÁLISIS: QUEBRADA QUEBRADON 534
16.11. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO ATÁ 3 536
16.12. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO SAN MIGUEL 538
16.13. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO ATÁ 2 540
16.14. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO TAMARA 542
16.15. UNIDAD DE ANÁLISIS: RIO ATÁ 1 544

17. OFERTA HÍDRICA EN ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO 546

17.1. CLASIFICACIÓN DE CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS 547
17.2. ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA EL TOLIMA 550
17.3. OFERTA HÍDRICA EN ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ 555
17.3.1. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Pata 8 555
17.3.2. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Canoas 556
17.3.3. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Pata 7 557
17.3.4. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Salitre 558
17.3.5. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Pata 6 559
17.3.6. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Vieja .. 560
17.3.7. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Pata 5 561
17.3.8. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Tambilla .. 562
17.3.9. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Pata 4 563
17.3.10. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Chilirco 564
17.3.11. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Pata 3 565
17.3.12. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Buenos Aires 566
17.3.13. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Pata 2 567
17.3.14. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada San Pablo 568
17.3.15. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Pata 1 569
17.4. OFERTA HÍDRICA EN ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA ANCHIQUE, CHENCHE Y DIRECTOS AL MAGDALENA 570
17.4.1. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Chenche 6 570
17.4.2. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Cabuyal ... 571
17.4.3. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Chenche 5 572

17.4.4. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Carmen 573*
17.4.5. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Chenche 4..... 574*
17.4.6. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Socorro 575*
17.4.7. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Chenche 3..... 576*
17.4.8. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Zaragoza . 577*
17.4.9. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Chenche 2..... 578*
17.4.10. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Zanja Honda 579*
17.4.11. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Chenche 1..... 580*
17.4.12. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Hilarco 581*
17.4.13. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Guaguarco 3 582*
17.4.14. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Baloca Grande 583*
17.4.15. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Guaguarco 2 584*
17.4.16. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Totarco 585*
17.4.17. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Guaguarco 1 586*
17.4.18. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Anchique 3 ... 587*
17.4.19. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Natarroco 588*
17.4.20. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Anchique 2 ... 589*
17.4.21. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Chocho 590*
17.4.22. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Anchique 1 ... 591*
17.4.23. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Yaco... 592*
17.5. OFERTA HÍDRICA EN ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA BAJO SALDAÑA..... 593
17.5.1. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 21 ... 593*
17.5.2. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Lemaya.... 594*
17.5.3. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 20 ... 595*
17.5.4. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Chicora 596*
17.5.5. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 19 ... 597*

17.5.6. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Pedregosa 598
17.5.7. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 18 ... 599
17.5.8. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 17 ... 600
17.5.9. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 16 ... 601
17.5.10. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 15 ... 602
17.5.11. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 14 ... 603
17.5.12. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Aico ... 604
17.5.13. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 13 ... 605
17.5.14. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Meche 606
17.5.15. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 12 ... 607
17.5.16. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 11 ... 608
17.5.17. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Olini ... 609
17.5.18. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 10 ... 610
17.6. OFERTA HÍDRICA EN ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA MEDIO SALDAÑA 611
17.6.1. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 9..... 611
17.6.2. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Paipa . 612
Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 8 613
17.6.3. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Guanabano 614
17.6.4. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 7..... 615
17.6.5. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Pole ... 616
17.6.6. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 6..... 617
17.7. OFERTA HÍDRICA EN ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA ALTO SALDAÑA 618
17.7.1. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Mendarco..... 618
17.7.2. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 5..... 619
17.7.3. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Lindosa 620
17.7.4. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 4..... 621
17.7.5. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Siquila..... 622
17.7.6. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 3..... 623
17.7.7. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Hereje..... 624
17.7.8. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 2..... 625
17.7.9. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Candelario.... 626
17.7.10. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 1..... 627
17.8. OFERTA HÍDRICA EN ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA AMOYÁ..... 628
17.8.1. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Guani. 628
17.8.2. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Amoya 13..... 629
17.8.3. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Neme. 630
17.8.4. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Amoya 12..... 631

17.8.5. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Tulini.. 632*
17.8.6. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Amoya 11 ..... 633*
17.8.7. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Irco 634*
17.8.8. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Amoya 10 ..... 635*
17.8.9. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Ambeima 636*
17.8.10. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Amoya 9 ..... 637*
17.8.11. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Grande 638*
17.8.12. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Amoya 8 ..... 639*
17.8.13. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada San Jorge 640*
17.8.14. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Amoya 7 ..... 641*
17.8.15. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Negro Amoya 642*
17.8.16. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Amoya 6 ..... 643*
17.8.17. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Davis..... 644*
17.8.18. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Amoya 5 ..... 645*
17.8.19. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada San Jose... ..... 646*
17.8.20. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Amoya 4 ..... 647*
17.8.21. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Rivera 648*
17.8.22. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Amoya 3 ..... 649*
17.8.23. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Nieves 650*
17.8.24. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Amoya 2 ..... 651*
17.8.25. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Morales 652*
17.8.26. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Amoya 1 ..... 653*
17.9. OFERTA HÍDRICA EN ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA ANAMICHÚ..... 654
17.9.1. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Anamichu 11 654*
17.9.2. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Blanco..... 655*
17.9.3. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Anamichu 10 656*
17.9.4. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Tolima 657*
17.9.5. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Quebrada 658*
17.9.6. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Anamichu 9 .. 659*
17.9.7. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada San Mateo 660*
17.9.8. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Anamichu 8 .. 661*
17.9.9. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Ilusion 662*
17.9.10. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Anamichu 7 .. 663*
17.9.11. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Verde..... 664*
17.9.12. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Anamichu 6 .. 665*

17.9.13. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Negro Anamichu 666*
17.9.14. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Anamichu 5 .. 667*
17.9.15. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Yarumal... ..... 668*
17.9.16. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Anamichu 4 .. 669*
17.9.17. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Catalina... ..... 670*
17.9.18. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Anamichu 3 .. 671*
17.9.19. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio San Jose..... 672*
17.9.20. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Anamichu 2 .. 673*
17.9.21. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Ahogado.. ..... 674*
17.9.22. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Anamichu 1 .. 675*
17.10. OFERTA HÍDRICA EN ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA CAMBRÍN 676
17.10.1. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Cambrin 2..... 676*
17.10.2. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Negro Cambrin... ..... 677*
17.10.3. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Cambrin 1..... 678*
17.10.4. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Virgen 679*
17.10.5. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Bosque..... ..... 680*
17.11. OFERTA HÍDRICA EN ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA ATÁ 681
17.11.1. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Ata 8..... 681*
17.11.2. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Barranca.. ..... 682*
17.11.3. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Ata 7..... 683*
17.11.4. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Paujil . 684*
17.11.5. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Ata 6..... 685*
17.11.6. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Montalvo. 686*
17.11.7. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Ata 5..... 687*
17.11.8. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Claro..... 688*
17.11.9. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Ata 4..... 689*
17.11.10. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Quebradon 690*
17.11.11. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Ata 3 ..... 691*
17.11.12. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio San Miguel... 692*
17.11.13. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Ata 2 ..... 693*
17.11.14. *Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Tamara 694*

17.11.15. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Ata 1 695

18. CONCLUSIONES DE OFERTA HÍDRICA 696

18.1. SZH del río Patá 698
18.2. SZH Chenche, Anchique y Directos al Magdalena 699
18.3. SZH Bajo Saldaña 700
18.4. SZH Medio Saldaña 701
18.5. SZH Alto Saldaña 701
18.6. SZH del río Amoyá 702
18.7. SZH del río Anamichú 703
18.8. SZH del río Cambrín 703
18.9. SZH del río Atá 704

19. REFERENCIAS 706

CAPITULO DEMANDA HÍDRICA 708

20. MARCO CONCEPTUAL 709

21. MARCO METODOLÓGICO 710

21.1. Sectores usuarios 711
21.2. Análisis de la información existente 712
21.3. Estimación de la demanda hídrica 713
21.4. Caudales de retorno 719
21.5. Proyecciones por sector 719
21.6. Espacialización de la demanda hídrica 720
21.7. Productos 721

22. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN EXISTENTES 721

22.1. Estado de los Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCAS) 721
22.2. Reglamentación de corrientes 722
22.3. Información de demanda hídrica de línea base 722
22.3.1. Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña 723
22.3.1.1. Demanda Hídrica para Consumo Humano y Doméstico 724
22.3.1.2. Demanda Hídrica para Consumo Bovino 724
22.3.1.3. Demanda Hídrica Agrícola 724
22.3.2. Subzona Hidrográfica del río Cambrín 726
22.3.3. Subzona Hidrográfica del río Anamichú 726
22.3.3.1. Demanda Hídrica para Consumo Humano y Doméstico 728
22.3.3.2. Demanda Hídrica para consumo Bovino 729
22.3.3.3. Demanda Hídrica Agrícola 731
22.3.4. Subzona Hidrográfica del río Atá 733

22.3.5. Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña ... 734
22.3.5.1. Demanda Hídrica para Consumo Humano y Doméstico ... 735
22.3.5.2. Demanda Hídrica para Consumo Bovino ... 735
22.3.5.3. Demanda Hídrica Agrícola ... 735
22.3.6. Subzona Hidrográfica del río Amoyá ... 736
22.3.6.1. Demanda Hídrica Superficial ... 736
22.3.6.2. Demanda Hídrica para Consumo Humano y Bovino ... 739
22.3.6.3. Demanda Hídrica Agrícola ... 743
22.3.6.4. Demanda Hídrica Subterránea ... 747
22.3.7. Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña ... 748
22.3.8. Subzona Hidrográfica del río Patá ... 748
22.3.9. Subzona Hidrográfica del río Anchique ... 748
22.4. Registro de Puntos de Aguas Subterráneas ... 748
22.4.1. Censo de Usuarios del Recurso Hídrico del Acuífero Sur ... 748
22.4.2. Bases de datos de concesiones hídricas subterráneas de CORTOLIMA ... 749
22.5. Plan de Manejo Ambiental (PMA) Acuífero Sur ... 750
22.5.1. Demanda Hídrica ... 751
22.5.1.1. Metodología ... 751
22.5.1.2. Demanda de agua subterránea ... 753
22.5.1.3. Demanda de agua Superficial ... 755

23. REGISTRO DE USUARIOS DEL RECURSO HÍDRICO ... 757

23.1. Análisis exploratorio de la información de Concesiones Hídricas de CORTOLIMA ... 757
23.1.1. Bases de datos revisadas ... 757
23.1.2. Caracterización de la información concesiones hídricas ... 758
23.1.2.1. Concesiones hídricas superficiales ... 758
23.1.2.2. Concesiones hídricas subterráneas ... 762
23.1.2.3. Concesiones hídricas en trámite ... 763
23.1.3. Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña ... 763
23.1.4. Subzona Hidrográfica del río Cambrín ... 764
23.1.5. Subzona Hidrográfica del río Anamichú ... 765
23.1.6. Subzona Hidrográfica del río Atá ... 766
23.1.7. Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña ... 767
23.1.8. Subzona Hidrográfica del río Amoyá ... 768
23.1.9. Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña ... 769
23.1.10. Subzona Hidrográfica del río Patá ... 770
23.1.11. Subzona Hidrográfica del río Anchique ... 771
23.2. Análisis exploratorio de la Información de permisos de captación expedidos por la ANLA ... 772
23.3. Revisión de expedientes ... 777
23.3.1. Análisis general de resultados ... 778

24. DEMANDA HÍDRICA SUPERFICIAL 781

24.1. SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ATÁ 781
24.1.1. *Uso Agrícola 784*
24.1.2. *Uso Consumo Humano y Doméstico 786*
24.1.3. *Uso Industrial 788*
24.1.4. *Uso Pecuario 790*
24.1.5. *Uso Piscícola 791*
24.2. SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ALTO SALDAÑA 793
24.2.1. *Uso Agrícola 796*
24.2.2. *Uso Consumo Humano y Doméstico 797*
24.2.3. *Uso Industrial 799*
24.2.4. *Uso Pecuario 801*
24.2.5. *Uso Piscícola 802*
24.3. SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CAMBRÍN 804
24.4. SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ 804
24.4.1. *Uso Agrícola 807*
24.4.2. *Uso Consumo Humano y Doméstico 809*
24.4.3. *Uso Pecuario 810*
24.5. SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ 811
24.5.1. *Uso Agrícola 814*
24.5.2. *Uso Consumo Humano y Doméstico 816*
24.5.3. *Uso Pecuario 818*
24.6. SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA 819
24.6.1. *Uso Agrícola 823*
24.6.2. *Uso Consumo Humano y Doméstico 824*
24.6.3. *Uso Generación de Energía 826*
24.6.4. *Uso Industrial 828*
24.6.5. *Uso Minería 829*
24.6.6. *Uso Pecuario 830*
24.7. SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ 832
24.7.1. *Uso Agrícola 837*
24.7.2. *Uso Consumo Humano y Doméstico 839*
24.7.3. *Uso Generación de Energía 842*
24.7.4. *Uso Industrial 843*
24.7.5. *Uso Pecuario 845*
24.7.6. *Uso Piscícola 846*
24.7.7. *Uso Recreativo 848*
24.8. SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BAJO SALDAÑA 849
24.8.1. *Uso Agrícola 853*
24.8.2. *Uso Consumo Humano y Doméstico 855*

24.8.3. *Uso Industrial* *857*
24.8.4. *Uso Minería* *858*
24.8.5. *Uso Piscícola* *859*
24.9. SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANCHIQUE, CHENCHE Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA 861
24.9.1. *Uso Agrícola* *864*
24.9.2. *Uso Consumo Humano y Doméstico* *867*
24.9.3. *Uso Industrial* *868*
24.9.4. *Uso Pecuario* *870*
24.9.5. *Uso Piscícola* *872*

25. DEMANDA HÍDRICA SUBTERRÁNEA 873

25.1. ACUÍFERO SUR 873
25.1.1. *Uso Agrícola* *874*
25.1.2. *Uso Consumo Humano y Doméstico* *874*
25.1.3. *Uso Industrial* *875*
25.1.4. *Uso Pecuario* *875*
25.1.5. *Uso Piscícola* *875*

26. CÁLCULO DE PROYECCIONES DE DEMANDA HÍDRICA SECTORIAL 876

26.1. DEMANDA HÍDRICA AGRÍCOLA 876
26.1.1. *Cálculo de la demanda hídrica* *877*
26.1.2. *Proyección de la demanda hídrica agrícola* *880*
26.2. DEMANDA HÍDRICA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO 884
26.2.1. *Proyecciones de población* *884*
26.2.2. *Proyecciones de la demanda hídrica para consumo humano y doméstico* *888*
26.3. DEMANDA HÍDRICA PECUARIA 892
26.3.1. *Cálculo de la demanda hídrica* *893*
26.3.2. *Proyección de la demanda hídrica* *896*

27. CONCLUSIONES DE DEMANDA HÍDRICA 899

28. REFERENCIAS 902

CAPÍTULO CALIDAD DEL AGUA 904

29. MARCO METODOLÓGICO PARA LA DETERMINACIÓN DE CARGAS CONTAMINANTES 904

29.1. PROCESOS DE ALTERACIÓN 904
29.1.1. *Carga Contaminante* *904*
29.1.2. *Tasa Retributiva* *905*
29.1.3. *Metas de Carga Contaminante* *905*
29.1.3.1. Meta global de carga contaminante 906
29.1.3.2. Metas individuales y grupales 906

29.2. FACTORES DE CONTAMINACIÓN 907

30. DETERMINACIÓN DE CARGAS CONTAMINANTES 907

30.1. ESTIMACIÓN CARGAS APORTADAS POR EL SECTOR MUNICIPAL 910
30.2. ESTIMACIÓN CARGAS APORTADAS POR EL SECTOR DE BENEFICIO ANIMAL 911
30.3. ESTIMACIÓN DE CARGAS APORTADAS POR EL BENEFICIO DEL CAFÉ 912
30.4. ESTIMACIÓN CARGAS APORTADAS POR EL SECTOR INDUSTRIAL 916
30.4.1. *Estimación de cargas contaminantes para minería de oro 916*
30.4.2. *Títulos mineros presentes en las unidades hidrográficas de análisis de la ERA fase II 918*
30.5. DETERMINACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA 920

31. PROCESOS DE ALTERACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA: CARGAS CONTAMINANTES 921

31.1. DETERMINACIÓN DE CARGAS APORTANTES 921
31.1.1. *Determinación de Cargas para la SZH del río Alto Saldaña 921*
31.1.2. *Determinación de Cargas para la SZH Medio Saldaña 927*
31.1.3. *Determinación de Cargas para la SZH Bajo Saldaña 931*
31.1.4. *Determinación de Cargas para la SZH del río Amoyá 936*
31.1.5. *Determinación de Cargas para la SZH del río Anamichú 942*
31.1.6. *Determinación de Cargas para la SZH del río Cambrín 947*
31.1.7. *Determinación de Cargas para la SZH del río Atá 951*
31.1.8. *Determinación de Cargas para la SZH del río Anchique, Chenche y Otros Directos al Magdalena 957*
31.1.9. *Determinación de Cargas para la SZH del río Patá 966*

32. MARCO CONCEPTUAL PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL 970

32.1. PROCESOS DE ALTERACIÓN – FACTORES DE CONTAMINACIÓN 971

33. MARCO METODOLÓGICO PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL 971

33.1. APRESTAMIENTO 974
33.1.1. *Definición del horizonte espacial para el análisis de la calidad del agua 974*
33.1.1.1. Unidades de análisis de la calidad del agua para la Cuenca del río Alto Saldaña. 977
33.1.1.2. Unidades de análisis de la calidad del agua para la Cuenca del río Amoyá 977
33.1.1.3. Unidades de análisis de la calidad del agua para la Cuenca del río Anamichú 977
33.1.1.4. Unidades de análisis de la calidad del agua para la Cuenca de los ríos Anchique, río chenche y otros directos al Magdalena 977
33.1.1.5. Tramos y Sectores para el análisis de la calidad del agua para la Cuenca del río Atá 977
33.1.1.6. Unidades de análisis de la calidad del agua para la Cuenca del río Bajo Saldaña 978
33.1.1.7. Unidades de análisis de la calidad del agua para la Cuenca del río Cambrín 978
33.1.1.8. Unidades de análisis de la calidad del agua para la Cuenca del río Medio Saldaña 978
33.1.1.9. Unidades de análisis de la calidad del agua para la Cuenca del río Patá. 978
33.2. REVISIÓN Y DISEÑO DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA 978

33.2.1. Definición de la red de Monitoreo de Calidad del agua Superficial para la SZH Alto Saldaña. 981
33.2.2. Definición de la red de Monitoreo de Calidad del agua Superficial para la Cuenca del río Amoyá 983
33.2.3. Definición de la red de Monitoreo de Calidad del agua Superficial para la Cuenca del río Anamichú 985
33.2.4. Definición de la red de Monitoreo de Calidad del agua Superficial para la Cuenca de los ríos Anchique, Río Chenche y otros directos al Magdalena 987
33.2.5. Definición de la red de Monitoreo de Calidad del agua Superficial para la Cuenca del río Atá. 990
33.2.6. Definición de la red de Monitoreo de Calidad del agua Superficial para la cuenca del río Bajo Saldaña. 992
33.2.7. Definición de la red de Monitoreo de Calidad del agua Superficial para la Cuenca del río Cambrín 994
33.2.8. Definición de la red de Monitoreo de Calidad del agua Superficial para la Cuenca del río Medio Saldaña 996
33.2.9. Definición de la red de Monitoreo de Calidad del agua Superficial para la Cuenca del río Pata 998
33.3. DEFINICIÓN DE LOS DETERMINANTES DE CALIDAD DEL AGUA 1000
33.3.1. Determinantes monitoreados en Aguas Superficiales 1000
33.3.2. Determinantes medidos en Aguas Residuales 1002
33.4. METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA -ICA 1003
33.4.1. Construcción de las Curvas Funcionales 1005
33.4.2. Determinación del ICA 1009
33.4.2.1. Asignación de descriptores del ICA 1009
33.5. METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE ALTERACIÓN POTENCIAL DE LA CALIDAD DEL AGUA - IACAL. 1010

34. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA – ICA 1013

34.1. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ALTO SALDAÑA 1013
34.2. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ 1015
34.3. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ 1017
34.4. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DE LOS RÍOS ANCHIQUE, CHENCHE Y DIRECTOS AL MAGDALENA 1018
34.5. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ATÁ 1021
34.6. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BAJO SALDAÑA 1023
34.7. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CAMBRÍN 1026
34.8. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA 1027
34.9. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ 1029

35. ÍNDICE DE ALTERACIÓN POTENCIAL DE LA CALIDAD DEL AGUA - IACAL 1031

35.1. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ALTERACIÓN POTENCIAL DE LA CALIDAD DEL AGUA – IACAL PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ 1032
35.2. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ALTERACIÓN POTENCIAL DE LA CALIDAD DEL AGUA – IACAL PARA LA SZH DEL RÍO CHENCHE, ANCHIQUE Y DRENAJES DIRECTOS AL MAGDALENA 1035
35.3. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ALTERACIÓN POTENCIAL DE LA CALIDAD DEL AGUA – IACAL PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA BAJO SALDAÑA 1039
35.4. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ALTERACIÓN POTENCIAL DE LA CALIDAD DEL AGUA – IACAL PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA 1042
35.5. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ALTERACIÓN POTENCIAL DE LA CALIDAD DEL AGUA – IACAL PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ALTO SALDAÑA 1045
35.6. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ALTERACIÓN POTENCIAL DE LA CALIDAD DEL AGUA – IACAL PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ 1048
35.7. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ALTERACIÓN POTENCIAL DE LA CALIDAD DEL AGUA – IACAL PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ 1051
35.8. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ALTERACIÓN POTENCIAL DE LA CALIDAD DEL AGUA – IACAL PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CAMBRÍN 1054
35.9. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ALTERACIÓN POTENCIAL DE LA CALIDAD DEL AGUA – IACAL PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ATÁ 1057

36. CONCLUSIONES SOBRE LA CALIDAD FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA 1060

37. REFERENCIAS 1067

38. ESTUDIO HIDROBIOLÓGICO 1070

39. AREA DE ESTUDIO. 1071

39.1. ÁREA DE ESTUDIO. 1071
39.2. ESTACIONES DE MONITOREO 1073

40. METODOLOGIA 1073

40.1. PERIFITON 1073
40.1.1. *Colecta en campo 1073*
40.1.2. *Métodos de laboratorio 1074*
40.1.3. *Análisis de datos 1075*
40.2. MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS 1077
40.2.1. *Colecta de campo 1077*
40.2.2. *Métodos de laboratorio 1077*
40.2.3. *Ingreso del material a colección biológica de referencia 1077*
40.2.4. *Análisis de datos 1078*
40.3. ICTIOFAUNA 1080
40.3.1. *Colecta en campo 1080*

40.3.2. Métodos de laboratorio 1080
40.3.3. Análisis de datos 1081

41. RESULTADOS Y DISCUSION 1083

41.1. SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ALTO SALDAÑA. 1083
41.1.1. Perifiton 1083
41.1.1.1. Representatividad 1083
41.1.1.2. Composición 1083
41.1.1.3. Distribución espacial 1085
41.1.1.4. Diversidad 1086
41.1.1.5. Ensamblaje 1087
41.1.1.6. Relación con variables fisicoquímicas 1088
41.1.1.7. Índice diatómico genérico (IDG) 1089
41.1.2. Macroinvertebrados acuáticos 1089
41.1.2.1. Representatividad 1089
41.1.2.2. Composición 1090
41.1.2.3. Distribución espacial 1093
41.1.2.4. Diversidad 1095
41.1.2.5. Ensamblaje 1097
41.1.2.6. Relación con variables fisicoquímicas 1098
41.1.2.7. Índice de calidad Ambiental BMWP/Col 1099
41.1.2.8. Gremios tróficos 1100
41.1.3. Ictiofauna 1101
41.1.3.1. Representatividad 1101
41.1.3.2. Composición 1101
41.1.3.3. Distribución espacial 1102
41.1.3.4. Diversidad 1104
41.1.3.5. Ensamblaje 1105
41.1.3.6. Relación con variables fisicoquímicas 1105
41.1.3.7. Distribución de frecuencias de tallas 1106
41.1.3.8. Relación longitud-peso 1107
41.1.3.9. Estados de madurez gonadal 1109
41.1.3.10. Ecología trófica 1109
41.1.3.11. Especies de interés y categorías de amenaza 1110
41.2. SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CAMBRÍN. 1112
41.2.1. Perifiton 1112
41.2.1.1. Representatividad 1112
41.2.1.2. Composición 1113
41.2.1.3. Distribución espacial 1114
41.2.1.4. Diversidad 1115

41.2.1.5. Ensamblaje 1116
41.2.1.6. Relación con variables fisicoquímicas 1117
41.2.1.7. Índice diatómico genérico (IDG) 1118
41.2.2. *Macroinvertebrados acuáticos* *1119*
41.2.2.1. Representatividad 1119
41.2.2.2. Composición 1120
41.2.2.3. Distribución espacial 1123
41.2.2.4. Distribución temporal 1126
41.2.2.5. Diversidad 1128
41.2.2.6. Ensamblaje 1130
41.2.2.7. Relación con variables fisicoquímicas 1131
41.2.2.8. Índice de calidad Ambiental BMWP/Col 1132
41.2.2.9. Gremios tróficos 1133
41.2.3. *Ictiofauna* *1133*
41.2.3.1. Representatividad 1133
41.2.3.2. Composición 1134
41.2.3.3. Distribución espacial 1135
41.2.3.4. Diversidad 1136
41.2.3.5. Ensamblaje 1137
41.2.3.6. Relación con variables fisicoquímicas 1138
41.2.3.7. Distribución de frecuencias de tallas 1139
41.2.3.8. Relación longitud-peso 1140
41.2.3.9. Estados de madurez gonadal 1141
41.2.3.10. Ecología trófica 1142
41.2.3.11. Especies de interés y categorías de amenaza 1143
41.3. SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ. 1145
41.3.1. *Perifiton* *1145*
41.3.1.1. Representatividad 1145
41.3.1.2. Composición 1145
41.3.1.3. Distribución espacial 1147
41.3.1.4. Diversidad 1148
41.3.1.5. Ensamblaje 1148
41.3.1.6. Relación con variables fisicoquímicas 1150
41.3.1.7. Índice diatómico genérico (IDG) 1151
41.3.2. *Macroinvertebrados acuáticos* *1152*
41.3.2.1. Representatividad 1152
41.3.2.2. Composición 1153
41.3.2.3. Distribución espacial 1155
41.3.2.4. Diversidad 1157
41.3.2.5. Ensamblaje 1159

41.3.2.6. Relación con variables fisicoquímicas 1160
41.3.2.7. Índice de calidad Ambiental BMWP/Col 1161
41.3.2.8. Gremios tróficos 1162
41.3.3. *Ictiofauna* *1163*
41.3.3.1. Representatividad 1163
41.3.3.2. Composición 1163
41.3.3.3. Distribución espacial 1164
41.3.3.4. Diversidad 1166
41.3.3.5. Ensamblaje 1167
41.3.3.6. Relación con variables fisicoquímicas 1167
41.3.3.7. Distribución de frecuencias de tallas 1168
41.3.3.8. Relación longitud-peso 1169
41.3.3.9. Estados de madurez gonadal 1171
41.3.3.10. Ecología trófica 1171
41.3.3.11. Especies de interés y categorías de amenaza 1172
41.4. SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ. 1175
41.4.1. *Perifiton* *1175*
41.4.1.1. Representatividad 1175
41.4.1.2. Composición 1175
41.4.1.3. Distribución espacial 1177
41.4.1.4. Diversidad 1178
41.4.1.5. Ensamblaje 1179
41.4.1.6. Relación con variables fisicoquímicas 1180
41.4.1.7. Índice diatómico genérico (IDG) 1181
41.4.2. *Macroinvertebrados acuáticos* *1182*
41.4.2.1. Representatividad 1182
41.4.2.2. Composición 1183
41.4.2.3. Distribución espacial 1186
41.4.2.4. Diversidad 1189
41.4.2.5. Ensamblaje 1190
41.4.2.6. Relación con variables fisicoquímicas 1191
41.4.2.7. Índice de calidad Ambiental BMWP/Col. 1192
41.4.2.8. Gremios tróficos 1193
41.4.3. *Ictiofauna* *1194*
41.4.3.1. Representatividad 1194
41.4.3.2. Composición 1194
41.4.3.3. Distribución espacial 1196
41.4.3.4. Diversidad 1197
41.4.3.5. Ensamblaje 1198
41.4.3.6. Relación con variables fisicoquímicas 1199

41.4.3.7. Distribución de frecuencias de tallas 1200
41.4.3.8. Relación longitud-peso 1201
41.4.3.9. Estados de madurez gonadal 1203
41.4.3.10. Ecología trófica 1203
41.4.3.11. Especies de interés y categorías de amenaza 1204
41.5. SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ATÁ. 1207
41.5.1. *Perifiton* *1207*
41.5.1.1. Representatividad 1207
41.5.1.2. Composición 1208
41.5.1.3. Distribución espacial 1209
41.5.1.4. Diversidad 1210
41.5.1.5. Ensamblaje 1211
41.5.1.6. Relación con variables fisicoquímicas 1212
41.5.1.7. Índice diatómico genérico (IDG) 1213
41.5.2. *Macroinvertebrados acuáticos* *1214*
41.5.2.1. Representatividad 1214
41.5.2.2. Composición 1215
41.5.2.3. Distribución espacial 1217
41.5.2.4. Diversidad 1220
41.5.2.5. Ensamblaje 1221
41.5.2.6. Relación con variables fisicoquímicas 1222
41.5.2.7. Índice de calidad Ambiental BMWP/Col 1223
41.5.2.8. Gremios tróficos 1224
41.5.3. *Ictiofauna* *1224*
41.5.3.1. Representatividad 1224
41.5.3.2. Composición 1225
41.5.3.3. Distribución espacial 1226
41.5.3.4. Diversidad 1228
41.5.3.5. Ensamblaje 1229
41.5.3.6. Relación con variables fisicoquímicas 1230
41.5.3.7. Distribución de frecuencias de tallas 1231
41.5.3.8. Relación longitud-peso 1232
41.5.3.9. Estados de madurez gonadal 1233
41.5.3.10. Ecología trófica 1233
41.5.3.11. Especies de interés y categorías de amenaza 1234
41.6. SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA. 1237
41.6.1. *Perifiton* *1237*
41.6.1.1. Representatividad 1237
41.6.1.2. Composición 1238
41.6.1.3. Distribución espacial 1240

41.6.1.4. Diversidad 1241
41.6.1.5. Ensamblaje 1242
41.6.1.6. Relación con variables fisicoquímicas 1242
41.6.1.7. Índice diatómico genérico (IDG) 1243
41.6.2. *Macroinvertebrados acuáticos* *1244*
41.6.2.1. Representatividad 1244
41.6.2.2. Composición 1245
41.6.2.3. Distribución espacial 1248
41.6.2.4. Diversidad 1250
41.6.2.5. Ensamblaje 1252
41.6.2.6. Relación con variables fisicoquímicas 1252
41.6.2.7. Índice de calidad Ambiental BMWP/Col 1253
41.6.2.8. Gremios tróficos 1254
41.6.3. *Ictiofauna* *1255*
41.6.3.1. Representatividad 1255
41.6.3.2. Composición 1256
41.6.3.3. Distribución espacial 1257
41.6.3.4. Diversidad 1258
41.6.3.5. Ensamblaje 1260
41.6.3.6. Relación con variables fisicoquímicas 1260
41.6.3.7. Distribución de frecuencias de tallas 1261
41.6.3.8. Relación longitud-peso 1262
41.6.3.9. Estados de madurez gonadal 1264
41.6.3.10. Ecología trófica 1264
41.6.3.11. Especies de interés y categorías de amenaza 1265
41.7. SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BAJO SALDAÑA. 1268
41.7.1. *Perifiton* *1268*
41.7.1.1. Representatividad 1268
41.7.1.2. Composición 1269
41.7.1.3. Distribución espacial 1271
41.7.1.4. Diversidad 1272
41.7.1.5. Ensamblaje 1273
41.7.1.6. Relación con variables fisicoquímicas 1274
41.7.1.7. Índice diatómico genérico (IDG) 1275
41.7.2. *Macroinvertebrados acuáticos* *1276*
41.7.2.1. Representatividad 1276
41.7.2.2. Composición 1277
41.7.2.3. Distribución espacial 1280
41.7.2.4. Diversidad 1282
41.7.2.5. Ensamblaje 1283

41.7.2.6. Relación con variables fisicoquímicas 1284
41.7.2.7. Índice de calidad Ambiental BMWP/Col 1285
41.7.2.8. Gremios tróficos 1285
41.7.3. *Ictiofauna* *1286*
41.7.3.1. Representatividad 1286
41.7.3.2. Composición 1287
41.7.3.3. Distribución espacial 1289
41.7.3.4. Diversidad 1290
41.7.3.5. Ensamblaje 1291
41.7.3.6. Relación con variables fisicoquímicas 1292
41.7.3.7. Distribución de frecuencias de tallas 1293
41.7.3.8. Relación longitud-peso 1294
41.7.3.9. Estados de madurez gonadal 1295
41.7.3.10. Ecología trófica 1295
41.7.3.11. Especies de interés y categorías de amenaza 1296
41.8. SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANCHIQUE Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA. 1299
41.8.1. *Perifiton* *1299*
41.8.1.1. Representatividad 1299
41.8.1.2. Composición 1300
41.8.1.3. Distribución espacial 1302
41.8.1.4. Diversidad 1303
41.8.1.5. Ensamblaje 1304
41.8.1.6. Relación con variables fisicoquímicas 1305
41.8.1.7. Índice diatómico genérico (IDG) 1306
41.8.2. *Macroinvertebrados acuáticos* *1308*
41.8.2.1. Representatividad 1308
41.8.2.2. Composición 1309
41.8.2.3. Distribución espacial 1312
41.8.2.4. Diversidad 1315
41.8.2.5. Ensamblaje 1316
41.8.2.6. Relación con variables fisicoquímicas 1317
41.8.2.7. Índice de calidad Ambiental BMWP/Col 1319
41.8.2.8. Gremios tróficos 1319
41.8.3. *Ictiofauna* *1320*
41.8.3.1. Representatividad 1320
41.8.3.2. Composición 1321
41.8.3.3. Distribución espacial 1323
41.8.3.4. Diversidad 1326
41.8.3.5. Ensamblaje 1327
41.8.3.6. Relación con variables fisicoquímicas 1328

41.8.3.7. Distribución de frecuencias de tallas 1329
41.8.3.8. Relación longitud-peso 1330
41.8.3.9. Estados de madurez gonadal 1331
41.8.3.10. Ecología trófica 1332
41.8.3.11. Especies de interés y categorías de amenaza 1333
41.9. SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ. 1337
41.9.1. *Perifiton* *1337*
41.9.1.1. Representatividad 1337
41.9.1.2. Composición 1337
41.9.1.3. Distribución espacial 1339
41.9.1.4. Diversidad 1340
41.9.1.5. Ensamblaje 1340
41.9.1.6. Relación con variables fisicoquímicas 1342
41.9.1.7. Índice diatómico genérico (IDG) 1343
41.9.2. *Macroinvertebrados acuáticos* *1344*
41.9.2.1. Representatividad 1344
41.9.2.2. Composición 1345
41.9.2.3. Distribución espacial 1347
41.9.2.4. Diversidad 1349
41.9.2.5. Ensamblaje 1350
41.9.2.6. Relación con variables fisicoquímicas 1351
41.9.2.7. Índice de calidad Ambiental BMWP/Col 1352
41.9.2.8. Gremios tróficos 1353
41.9.3. *Ictiofauna* *1354*
41.9.3.1. Representatividad 1354
41.9.3.2. Composición 1354
41.9.3.3. Distribución espacial 1356
41.9.3.4. Diversidad 1357
41.9.3.5. Ensamblaje 1358
41.9.3.6. Relación con variables fisicoquímicas 1359
41.9.3.7. Distribución de frecuencias de tallas 1360
41.9.3.8. Relación longitud-peso 1361
41.9.3.9. Estados de madurez gonadal 1363
41.9.3.10. Ecología trófica 1363
41.9.3.11. Especies de interés y categorías de amenaza 1364
42. CONCLUSIONES 1367
42.1. SZH ALTO SALDAÑA 1367
42.2. SZH DEL RÍO CAMBRÍN 1368
42.3. SZH DEL RÍO ANAMICHÚ 1368

42.4. SZH DEL RÍO AMOYÁ 1369
42.5. SZH DEL RÍO ATÁ 1369
42.6. SZH MEDIO SALDAÑA 1370
42.7. SZH BAJO SALDAÑA 1370
42.8. SZH DEL RÍO CHENCHE, ANCHIQUE Y DRENAJES DIRECTOS AL MAGDALENA 1371
42.9. SZH DEL RÍO PATÁ 1371

43. REFERENCIAS 1372

CAPÍTULO INDICADORES DE LA EVALUACIÓN REGIONAL DEL AGUA 1384

44. INDICADORES DEL SISTEMA HÍDRICO NATURAL 1385

44.1. ÍNDICE DE ARIDEZ 1385
44.1.1. IA en la SZH del río Patá *1387*
44.1.1.1. Análisis Índice de Aridez 1389
44.1.2. IA en la SZH de río Chenche, Anchique y Drenajes directos al Magdalena *1395*
44.1.2.1. Análisis Índice de Aridez 1396
44.1.3. IA en la SZH Bajo Saldaña *1403*
44.1.3.1. Análisis Índice de Aridez 1404
44.1.4. IA en la SZH Medio Saldaña *1411*
44.1.4.1. Análisis Índice de Aridez 1412
44.1.5. IA en la SZH Alto Saldaña *1416*
44.1.5.1. Análisis Índice de Aridez 1418
44.1.6. IA en la SZH del río Amoyá *1423*
44.1.6.1. Análisis Índice de Aridez 1424
44.1.7. IA en la SZH del río Anamichú *1431*
44.1.7.1. Análisis Índice de Aridez 1432
44.1.8. IA en la SZH del río Cambrín *1439*
44.1.8.1. Análisis Índice de Aridez 1440
44.1.9. IA en la SZH del río Atá *1444*
44.1.9.1. Análisis Índice de Aridez 1446
44.2. ÍNDICE DE REGULACIÓN Y RETENCIÓN HÍDRICA (IRH) 1452
44.2.1. IRH en la subzona hidrográfica del río Patá *1454*
44.2.2. IRH en la subzona hidrográfica del río Chenche, Anchique y Directos al Magdalena *1455*
44.2.3. IRH en la subzona hidrográfica Bajo Saldaña *1456*
44.2.4. IRH en la subzona hidrográfica Medio Saldaña *1457*
44.2.5. IRH en la subzona hidrográfica Alto Saldaña *1458*
44.2.6. IRH en la subzona hidrográfica del río Amoyá *1459*
44.2.7. IRH en la subzona hidrográfica del río Anamichú *1460*
44.2.8. IRH en la subzona hidrográfica del río Cambrín *1461*
44.2.9. IRH en la subzona hidrográfica del río Atá *1462*

44.3. ÍNDICE ESTANDARIZADO DE ESCORRENTÍA (SRI) 1463
44.3.1. SRI en la subzona hidrográfica del río Patá 1464
44.3.2. SRI en la subzona hidrográfica del río Chenche, Anchique y drenajes directos al Magdalena. 1465
44.3.3. SRI en la subzona hidrográfica Bajo Saldaña 1467
44.3.4. SRI en la subzona hidrográfica Medio Saldaña 1468
44.3.5. SRI en la subzona hidrográfica Alto Saldaña 1469
44.3.6. SRI en la subzona hidrográfica del río Amoyá 1470
44.3.7. SRI en la subzona hidrográfica del río Anamichú 1471
44.3.8. SRI en la subzona hidrográfica del río Cambrín 1472
44.3.9. SRI en la subzona hidrográfica del río Atá 1473
44.4. ÍNDICE DE RENDIMIENTO MEDIO DE SEDIMENTOS (IRS) 1474
44.4.1. IRS en la Subzona hidrográfica del río Patá 1475
44.4.2. IRS en la Subzona hidrográfica del río Chenche, Anchique, y drenajes directos al Magdalena 1476
44.4.3. IRS en la Subzona hidrográfica Bajo Saldaña 1477
44.4.4. IRS en la Subzona hidrográfica Medio Saldaña 1479
44.4.5. IRS en la Subzona hidrográfica Alto Saldaña 1480
44.4.6. IRS en la Subzona hidrográfica del río Amoyá 1481
44.4.7. IRS en la Subzona hidrográfica del río Anamichú 1482
44.4.8. IRS en la Subzona hidrográfica del río Cambrín 1484
44.4.9. IRS en la Subzona hidrográfica del río Atá 1484

45. INDICADORES DE PRESIÓN POR USO DEL AGUA 1486

45.1. ÍNDICE DE USO DEL AGUA (IUA) 1486
45.1.1. IUA en la subzona hidrográfica del río Patá 1487
45.1.2. IUA en la subzona hidrográfica del río Chenche, Anchique y drenajes directos al Magdalena 1490
45.1.3. IUA en la subzona hidrográfica Bajo Saldaña 1493
45.1.4. IUA en la subzona hidrográfica Medio Saldaña 1496
45.1.5. IUA en la subzona hidrográfica Alto Saldaña 1499
45.1.6. IUA en la subzona hidrográfica del río Amoyá 1502
45.1.7. IUA en la subzona hidrográfica del río Anamichú 1505
45.1.8. IUA en la subzona hidrográfica del río Cambrín 1508
45.1.9. IUA en la subzona hidrográfica del río Atá 1511

46. INDICADORES DE ESTADO DE CALIDAD Y PRESIÓN POR CONTAMINACIÓN 1514

46.1. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA) 1514
46.1.1. Índice de Calidad del Agua para la Subzona Hidrográfica del Río Patá 1517
46.1.2. Índice de Calidad del Agua para la Subzona Hidrográfica de los Ríos Anchique, Chenche y Directos al Magdalena 1518

46.1.3. Índice de Calidad del Agua para la Subzona Hidrográfica del Río Bajo Saldaña 1520
46.1.4. Índice de Calidad del Agua para la Subzona Hidrográfica del Río Medio Saldaña 1523
46.1.5. Índice de Calidad del Agua para la Subzona Hidrográfica del Río Alto Saldaña 1525
46.1.6. Índice de Calidad del Agua para la Subzona Hidrográfica del Río Amoyá 1526
46.1.7. Índice de Calidad del Agua para la Subzona Hidrográfica del Río Anamichú 1529
46.1.8. Índice de Calidad del Agua para la Subzona Hidrográfica del Río Cambrín 1530
46.1.9. Índice de Calidad del Agua para la Subzona Hidrográfica del Río Atá 1531
46.2. ÍNDICE DE ALTERACIÓN POTENCIAL DE LA CALIDAD DEL AGUA - IACAL 1535
46.2.1. IACAL para la subzona hidrográfica del Río Patá 1537
46.2.2. IACAL para la SZH del río Chenche, Anchique y drenajes Directos al Magdalena 1540
46.2.3. IACAL para la subzona hidrográfica Bajo Saldaña 1544
46.2.4. IACAL para la subzona hidrográfica del Río Medio Saldaña 1547
46.2.5. IACAL para la subzona hidrográfica del Río Alto Saldaña 1550
46.2.6. IACAL para la subzona hidrográfica del Río Amoyá 1553
46.2.7. IACAL para la subzona hidrográfica del Río Anamichú 1556
46.2.8. IACAL para la subzona hidrográfica del Río Cambrín 1559
46.2.9. IACAL para la subzona hidrográfica del Río Atá 1561
46.3. ÍNDICE DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS (IMA-BMWP-COL) 1565
46.3.1. IMA en la subzona hidrográfica del río Patá 1566
46.3.2. IMA en la subzona hidrográfica de los ríos Anchique, Chenche y Directos al Magdalena 1566
46.3.3. IMA en la subzona hidrográfica Bajo Saldaña 1567
46.3.4. IMA en la subzona hidrográfica Medio Saldaña 1568
46.3.5. IMA en la subzona hidrográfica Alto Saldaña 1568
46.3.6. IMA en la subzona hidrográfica del río Amoyá 1569
46.3.7. IMA en la subzona hidrográfica del río Anamichú 1570
46.3.8. IMA en la subzona hidrográfica del río Cambrín 1571
46.3.9. IMA en la subzona hidrográfica del río Atá 1572
46.4. ÍNDICE ECOLÓGICO DE CALIDAD DEL AGUA (IDG) 1573
46.4.1. IDG en la subzona hidrográfica del río Patá 1574
46.4.2. IDG en la subzona hidrográfica del río Chenche, Anchique y Directos al Magdalena 1574
46.4.3. IDG en la subzona hidrográfica Bajo Saldaña 1576
46.4.4. IDG en la subzona hidrográfica Medio Saldaña 1576
46.4.5. IDG en la subzona hidrográfica Alto Saldaña 1577
46.4.6. IDG en la subzona hidrográfica del río Amoyá 1578
46.4.7. IDG en la subzona hidrográfica del río Anamichú 1579
46.4.8. IDG en la subzona hidrográfica del río Cambrín 1580
46.4.9. IDG en la subzona hidrográfica del río Atá 1581
47. INDICADORES DE RIESGO EN LA EVALUACIÓN REGIONAL DEL AGUA 1583
47.1. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD POR DESABASTECIMIENTO HÍDRICO (IVH) 1583

47.1.1. IVH en la subzona hidrográfica del río Patá *1586*
47.1.2. IVH en la subzona hidrográfica del río Chenche, Anchique y drenajes directos al Magdalena *1588*
47.1.3. IVH en la subzona hidrográfica Bajo Saldaña *1591*
47.1.4. IVH en la subzona hidrográfica Medio Saldaña *1593*
47.1.5. IVH en la subzona hidrográfica Alto Saldaña *1595*
47.1.6. IVH en la subzona hidrográfica del río Amoyá *1597*
47.1.7. IVH en la subzona hidrográfica del río Anamichú *1600*
47.1.8. IVH en la subzona hidrográfica del río Cambrín *1603*
47.1.9. IVH en la subzona hidrográfica del río Atá *1605*
47.2. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD A EVENTOS TORRENCIALES (IVET) 1607
47.2.1. IVET en la subzona hidrográfica del río Patá *1611*
47.2.2. IVET en la subzona hidrográfica del río Chenche, Anchique y drenajes directos al Magdalena *1612*
47.2.3. IVET en la subzona hidrográfica Bajo Saldaña *1614*
47.2.4. IVET en la subzona hidrográfica Medio Saldaña *1615*
47.2.5. IVET en la subzona hidrográfica Alto Saldaña *1616*
47.2.6. IVET en la subzona hidrográfica del río Amoyá *1617*
47.2.7. IVET en la subzona hidrográfica del río Anamichú *1619*
47.2.8. IVET en la subzona hidrográfica del río Cambrín *1621*
47.2.9. IVET en la subzona hidrográfica del río Atá *1622*

48. REFERENCIAS **1623**

Lista de Tablas

TABLA 1. MODELOS HIDROLÓGICOS CANDIDATOS CONTEMPLADOS PARA LA SIMULACIÓN. 109
TABLA 2. CRITERIOS DEFINIDOS PARA LA SELECCIÓN DEL MODELO HIDROLÓGICO. 111
TABLA 3. CALIFICACIÓN DE LOS CRITERIOS DE SELECCIÓN PARA LA MODELACIÓN HIDROLÓGICA. 113
TABLA 4. CALIFICACIÓN DE LOS MODELOS HIDROLÓGICOS CON BASE A LOS SUS CRITERIOS DE SELECCIÓN 115
TABLA 5. TAMAÑO RECOMENDADO DE SERIES METEOROLÓGICAS Y CLIMATOLÓGICAS. 119
TABLA 6. ESTACIONES IDEAM QUE SATISFACEN CRITERIOS DE SELECCIÓN EN ERA FASE II EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA 121
TABLA 7. ESTACIONES CENICAFÉ PARA ÉL ERA TOLIMA -FASE II 122
TABLA 8. ESTACIONES CORTOLIMA 124
TABLA 9. MISIONES DE SATÉLITE QUE REALIZAN MEDICIONES DE PRECIPITACIÓN 126
TABLA 10. INFORMACIÓN LLUVIA SATELITAL SEGÚN RESOLUCIÓN TEMPORAL DISPONIBLE 132
TABLA 11. INFORMACIÓN LLUVIA SATELITAL SEGÚN RESOLUCIÓN ESPACIAL DISPONIBLE 133
TABLA 12. ESTACIONES DE MEDICIÓN DE CAUDAL POR SUBZONA HIDROGRÁFICA. 137
TABLA 13. CANTIDAD DE DATOS DIARIOS POR ESTACIÓN DE CAUDAL. INCLUIDO (DATOS COMPLETOS), EXCLUIDO (DATOS FALTANTES)... 137
TABLA 14. CONEXIONES HIDRÁULICAS REPRESENTATIVAS IDENTIFICADAS PARA LAS SUBZONAS HIDROGRÁFICAS DE LA ERA FASE 2. 143
TABLA 15. INVENTARIO CONEXIONES HIDRÁULICAS IDENTIFICADAS SOBRE LAS SUBZONAS DEFINIDAS EN LA ERA FASE 2. 150
TABLA 16. UNIDADES DE ANÁLISIS CONTEMPLADAS EN LOS INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO EXISTENTES. 155
TABLA 17. UNIDADES HIDROLÓGICAS DE ANÁLISIS DEFINIDAS PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ATÁ 159
TABLA 18. UNIDADES HIDROLÓGICAS DE ANÁLISIS DEFINIDAS PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ALTO SALDAÑA 161
TABLA 19. UNIDADES HIDROLÓGICAS DE ANÁLISIS DEFINIDAS PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CAMBRÍN 163
TABLA 20. UNIDADES HIDROLÓGICAS DE ANÁLISIS DEFINIDAS PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ 165
TABLA 21. UNIDADES HIDROLÓGICAS DE ANÁLISIS DEFINIDAS PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ 168
TABLA 22. UNIDADES HIDROLÓGICAS DE ANÁLISIS DEFINIDAS PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA 170
TABLA 23. UNIDADES HIDROLÓGICAS DE ANÁLISIS DEFINIDAS PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ 172
TABLA 24. UNIDADES HIDROLÓGICAS DE ANÁLISIS DEFINIDAS PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BAJO SALDAÑA 175
TABLA 25. UNIDADES HIDROLÓGICAS DE ANÁLISIS DEFINIDAS PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DE LOS RÍOS ANCHIQUE, CHENCHE Y DIRECTOS AL MAGDALENA 177
TABLA 26. ESTADÍSTICOS IMPLEMENTADOS PARA EL CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE EN LOS MDES. 183
TABLA 27. ESTADÍSTICOS CALCULADOS PARA MEDIR LA INCERTIDUMBRE TOPOGRÁFICA DE LOS MDES, CON RESPECTO A LOS PUNTOS OBSERVACIÓN DE ELEVACIÓN ORTOMÉTRICA MEDIDOS POR IGAC Y SGC. 184
TABLA 28. VALORES DE REFERENCIA DE KSA EN FUNCIÓN DEL TIPO DE ROCA 210
TABLA 29. CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO SUPERFICIAL Y PROFUNDIDAD DE RAÍZ POR EFECTO DEL TIPO DE COBERTURA 217
TABLA 30. PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS ADOPTADOS 220
TABLA 31. ÍNDICES DE VEGETACIÓN POR TIPO DE COBERTURA 222
TABLA 32. VALORES DE CAPACIDAD DE INTERCEPCIÓN MÁXIMA POR TIPO DE COBERTURA 223
TABLA 33. VALORES DE FACTOR DE CUBIERTA VEGETAL (FACTOR C) POR TIPO DE COBERTURA 228

Tabla 34. Valores de factor de prácticas de conservación del suelo (factor P) por pendiente 230
Tabla 35. Criterios de usados para evaluar el desempeño del modelo hidrológico TETIS. 236
Tabla 36. Estaciones de medición de caudal con su respectivo código del IDEAM, utilizadas para evaluar la incertidumbre del modelo hidrológico distribuido TETIS. 242
Tabla 37. Factores correctores calibrados, sensibilidad, rango y valor ajustado para los modelos 1 y 2. 242
Tabla 38. Variables de estado inicial, rango y valor ajustado para los modelos 1 y 2. 242
Tabla 39. Análisis estadístico diario entre los caudales diarios observados y calculados en los 7 puntos de control evaluados. 245
Tabla 40. Análisis estadístico entre los caudales mensuales observados y calculados en los 7 puntos de control evaluados. 245
Tabla 41. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Directos Magdalena Pata 260
Tabla 42. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Patá 8 262
Tabla 43. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Canoas 264
Tabla 44. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Patá 7 266
Tabla 45. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Salitre 268
Tabla 46. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Patá 6 270
Tabla 47. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Vieja 272
Tabla 48. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Patá 5 274
Tabla 49. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Tambilla 276
Tabla 50. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Patá 4 278
Tabla 51. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Chilirco 280
Tabla 52. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Patá 3 282
Tabla 53. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Buenos Aires 284
Tabla 54. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Patá 2 286
Tabla 55. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada San Pablo 288

TABLA 56. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO PATÁ 1 290
TABLA 57. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD DIRECTOS MAGDALENA ANCHIQUE CHENCHE 292
TABLA 58. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO CHENCHE 6 294
TABLA 59. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA CABUYAL 296
TABLA 60. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO CHENCHE 5 298
TABLA 61. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA CARMEN 300
TABLA 62. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO CHENCHE 4 302
TABLA 63. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA SOCORRO 304
TABLA 64. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO CHENCHE 3 306
TABLA 65. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA ZARAGOZA 308
TABLA 66. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO CHENCHE 2 310
TABLA 67. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA ZANJA HONDA 312
TABLA 68. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO CHENCHE 1 314
TABLA 69. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO HILARCO 316
TABLA 70. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA GUAGUARCO 3 318
TABLA 71. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA BALOCA GRANDE 320
TABLA 72. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA GUAGUARCO 2 322
TABLA 73. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA TOTARCO 324
TABLA 74. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA GUAGUARCO 1 326

TABLA 75. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO ANCHIQUE 3 328
TABLA 76. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA NATÁRROCO 330
TABLA 77. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO ANCHIQUE 2 332
TABLA 78. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA CHOCHO 334
TABLA 79. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO ANCHIQUE 1 336
TABLA 80. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA YACO 338
TABLA 81. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 21 340
TABLA 82. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA LEMAYA 342
TABLA 83. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 20 344
TABLA 84. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA CHICORA 346
TABLA 85. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 19 348
TABLA 86. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA PEDREGOSA 350
TABLA 87. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 18 352
TABLA 88. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 17 354
TABLA 89. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 16 356
TABLA 90. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 15 358
TABLA 91. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 14 360
TABLA 92. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA AICO 362
TABLA 93. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 13 364
TABLA 94. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA MECHE 366

TABLA 95. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 12 368
TABLA 96. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 11 370
TABLA 97. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA OLINI..... 372
TABLA 98. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 10 374
TABLA 99. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 9 376
TABLA 100. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA PAIPA 378
TABLA 101. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 8 380
TABLA 102. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA GUANABANO 382
TABLA 103. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 7 384
TABLA 104. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA POLE 386
TABLA 105. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 6 388
TABLA 106. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO MENDARCO 390
TABLA 107. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 5 392
TABLA 108. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA LINDOSA 394
TABLA 109. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 4 396
TABLA 110. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO SIQUILA..... 398
TABLA 111. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 3 400
TABLA 112. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO HEREJE..... 402
TABLA 113. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 2 404
TABLA 114. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO CANDELARIO 406

TABLA 115. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 1 408
TABLA 116. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA GUANI 410
TABLA 117. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 13 412
TABLA 118. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA NEME 414
TABLA 119. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 12 416
TABLA 120. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA TULUNI 418
TABLA 121. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 11 420
TABLA 122. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA IRCO 422
TABLA 123. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 10 424
TABLA 124. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO AMBEIMA 426
TABLA 125. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 9 428
TABLA 126. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA GRANDE 430
TABLA 127. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 8 432
TABLA 128. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA SAN JORGE 434
TABLA 129. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 7 436
TABLA 130. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO NEGRO AMOYÁ 438
TABLA 131. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 6 440
TABLA 132. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO DAVIS 442
TABLA 133. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 5 444
TABLA 134. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA SAN JOSÉ 446

TABLA 135. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 4 448
TABLA 136. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA RIVERA 450
TABLA 137. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 3 452
TABLA 138. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA NIEVES..... 454
TABLA 139. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 2 456
TABLA 140. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA MORALES..... 458
TABLA 141. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 1 460
TABLA 142. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHÚ 11 462
TABLA 143. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO BLANCO 464
TABLA 144. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHÚ 10 466
TABLA 145. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA TOLIMA..... 468
TABLA 146. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO QUEBRADA 470
TABLA 147. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHÚ 9 472
TABLA 148. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA SAN MATEO 474
TABLA 149. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHÚ 8 476
TABLA 150. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA ILUSIÓN..... 478
TABLA 151. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHÚ 7 480
TABLA 152. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO VERDE..... 482
TABLA 153. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHÚ 6 484
TABLA 154. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO NEGRO ANAMICHÚ 486

TABLA 155. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHÚ 5 488
TABLA 156. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA YARUMAL 490
TABLA 157. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHÚ 4 492
TABLA 158. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA CATALINA 494
TABLA 159. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHÚ 3 496
TABLA 160. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO SAN JOSE 498
TABLA 161. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHÚ 2 500
TABLA 162. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA AHOGADO 502
TABLA 163. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHÚ 1 504
TABLA 164. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO CAMBRÍN 2 506
TABLA 165. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO NEGRO CAMBRÍN 508
TABLA 166. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO CAMBRÍN 1 510
TABLA 167. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA VIRGEN 512
TABLA 168. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA BOSQUE 514
TABLA 169. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO ATÁ 8 516
TABLA 170. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA BARRANCA 518
TABLA 171. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO ATÁ 7 520
TABLA 172. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA PAUJIL 522
TABLA 173. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO ATÁ 6 524
TABLA 174. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA MONTALVO 526

TABLA 175. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO ATÁ 5 528
TABLA 176. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO CLARO..... 530
TABLA 177. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO ATÁ 4 532
TABLA 178. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA QUEBRADON..... 534
TABLA 179. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO ATÁ 3 536
TABLA 180. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO SAN MIGUEL 538
TABLA 181. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO ATÁ 2 540
TABLA 182. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO TAMARA..... 542
TABLA 183. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL (OHTS), CAUDAL AMBIENTAL (CA) Y OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) PARA LAS CONDICIONES HIDROLÓGICAS DE AÑO MEDIO, AÑO HÚMEDO Y AÑO SECO EN LA UNIDAD RIO ATÁ 1 544
TABLA 184. COMPORTAMIENTO DEL ONI 3.4 PERIODO SECO, HÚMEDO Y MEDIO 548
TABLA 185. ESTACIONES CON REGISTROS DE PRECIPITACIÓN 550
TABLA 186. ESTACIONES CON REGISTROS DE TEMPERATURA 552
TABLA 187. VARIACIONES EN TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN MEDIA PARA EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA SEGÚN RCP Y ESCALA TEMPORAL 553
TABLA 188. VARIACIONES EN TEMPERATURA MÁXIMA Y MÍNIMA PARA EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA SEGÚN RCP Y ESCALA TEMPORAL 554
TABLA 189. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO PATA 8..... 555
TABLA 190. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA CANOAS..... 556
TABLA 191. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO PATA 7..... 557
TABLA 192. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA SALITRE..... 558
TABLA 193. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO PATA 6..... 559
TABLA 194. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA VIEJA..... 560
TABLA 195. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO PATA 5..... 561

TABLA 196. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA TAMBILLA 562
TABLA 197. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO PATA 4 563
TABLA 198. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA CHILIRCO 564
TABLA 199. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO PATA 3 565
TABLA 200. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA BUENOS AIRES 566
TABLA 201. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO PATA 2 567
TABLA 202. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA SAN PABLO 568
TABLA 203. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO PATA 1 569
TABLA 204. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO CHENCHE 6 570
TABLA 205. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA CABUYAL 571
TABLA 206. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO CHENCHE 5 572
TABLA 207. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA CARMEN 573
TABLA 208. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO CHENCHE 4 574
TABLA 209. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA SOCORRO 575
TABLA 210. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO CHENCHE 3 576
TABLA 211. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA ZARAGOZA 577
TABLA 212. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO CHENCHE 2 578
TABLA 213. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA ZANJA HONDA 579
TABLA 214. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO CHENCHE 1 580
TABLA 215. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO HILARCO 581

TABLA 216. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA GUAGUARCO 3 582
TABLA 217. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA BALOCA GRANDE 583
TABLA 218. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA GUAGUARCO 2 584
TABLA 219. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA TOTARCO 585
TABLA 220. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA GUAGUARCO 1 586
TABLA 221. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO ANCHIQUE 3 587
TABLA 222. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA NATARROCO 588
TABLA 223. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO ANCHIQUE 2 589
TABLA 224. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA CHOCHO 590
TABLA 225. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO ANCHIQUE 1 591
TABLA 226. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA YACO 592
TABLA 227. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 21 593
TABLA 228. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA LEMAYA 594
TABLA 229. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 20 595
TABLA 230. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA CHICORA 596
TABLA 231. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 19 597
TABLA 232. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA PEDREGOSA 598
TABLA 233. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 18 599
TABLA 234. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 17 600
TABLA 235. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 16 601

TABLA 236. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 15 602
TABLA 237. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 14 603
TABLA 238. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA AICO 604
TABLA 239. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 13 605
TABLA 240. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA MECHE 606
TABLA 241. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 12 607
TABLA 242. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 11 608
TABLA 243. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA OLINI 609
TABLA 244. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 10 610
TABLA 245. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 9 611
TABLA 246. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA PAIPA 612
TABLA 247. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 8 613
TABLA 248. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA GUANABANO 614
TABLA 249. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 7 615
TABLA 250. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA POLE 616
TABLA 251. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 6 617
TABLA 252. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO MENDARCO 618
TABLA 253. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 5 619
TABLA 254. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA LINDOSA 620
TABLA 255. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 4 621

TABLA 256. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO SIQUILA 622
TABLA 257. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 3 623
TABLA 258. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO HEREJE 624
TABLA 259. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 2 625
TABLA 260. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO CANDELARIO 626
TABLA 261. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 1 627
TABLA 262. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA GUANI 628
TABLA 263. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO AMOYA 13 629
TABLA 264. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA NEME 630
TABLA 265. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO AMOYA 12 631
TABLA 266. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA TULINI 632
TABLA 267. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO AMOYA 11 633
TABLA 268. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA IRCO 634
TABLA 269. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO AMOYA 10 635
TABLA 270. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO AMBEIMA 636
TABLA 271. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO AMOYA 9 637
TABLA 272. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA GRANDE 638
TABLA 273. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO AMOYA 8 639
TABLA 274. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA SAN JORGE 640
TABLA 275. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO AMOYA 7 641

TABLA 276. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO NEGRO AMOYA 642
TABLA 277. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO AMOYA 6 643
TABLA 278. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO DAVIS 644
TABLA 279. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO AMOYA 5 645
TABLA 280. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA SAN JOSE 646
TABLA 281. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO AMOYA 4 647
TABLA 282. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA RIVERA 648
TABLA 283. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO AMOYA 3 649
TABLA 284. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA NIEVES 650
TABLA 285. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO AMOYA 2 651
TABLA 286. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA MORALES 652
TABLA 287. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO AMOYA 1 653
TABLA 288. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO ANAMICHU 11 654
TABLA 289. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO BLANCO 655
TABLA 290. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO ANAMICHU 10 656
TABLA 291. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA TOLIMA 657
TABLA 292. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO QUEBRADA 658
TABLA 293. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO ANAMICHU 9 659
TABLA 294. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA SAN MATEO 660
TABLA 295. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO ANAMICHU 8 661

TABLA 296. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA ILUSION 662
TABLA 297. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO ANAMICHU 7 663
TABLA 298. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO VERDE 664
TABLA 299. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO ANAMICHU 6 665
TABLA 300. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO NEGRO ANAMICHU 666
TABLA 301. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO ANAMICHU 5 667
TABLA 302. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA YARUMAL 668
TABLA 303. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO ANAMICHU 4 669
TABLA 304. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA CATALINA 670
TABLA 305. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO ANAMICHU 3 671
TABLA 306. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO SAN JOSE 672
TABLA 307. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO ANAMICHU 2 673
TABLA 308. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA AHOGADO 674
TABLA 309. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO ANAMICHU 1 675
TABLA 310. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO CAMBRIN 2 676
TABLA 311. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO NEGRO CAMBRIN 677
TABLA 312. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO CAMBRIN 1 678
TABLA 313. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA VIRGEN 679
TABLA 314. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD QUEBRADA BOSQUE 680
TABLA 315. OFERTA HÍDRICA MENSUAL EN RÉGIMEN NATURAL (M^3/S) SIMULADA PARA EL ESCENARIO PROMEDIO (ENSEMBLE) DE CAMBIO CLIMÁTICO A 2040 EN LA UNIDAD RIO ATA 8 681

Tabla 316. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Barranca 682
Tabla 317. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Ata 7 683
Tabla 318. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Paujil 684
Tabla 319. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Ata 6 685
Tabla 320. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Montalvo 686
Tabla 321. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Ata 5 687
Tabla 322. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Claro 688
Tabla 323. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Ata 4 689
Tabla 324. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Quebradon 690
Tabla 325. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Ata 3 691
Tabla 326. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio San Miguel 692
Tabla 327. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Ata 2 693
Tabla 328. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Tamara 694
Tabla 329. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Ata 1 695
Tabla 330. Categorías de uso del agua (Fuente: Decreto 3930 de 2010) 711
Tabla 331. Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar 715
Tabla 332. Leyenda para mapas temáticos de la demanda hídrica. Fuente: IDEAM (2013) 720
Tabla 333. Demanda Hídrica Total del Río Mendarco de la Subzona Hidrográfica Alto Saldaña 723
Tabla 334. Demanda Hídrica Sectorial en la cuenca del Río Mendarco de la Subzona Hidrográfica Alto Saldaña 725
Tabla 335. Demanda Hídrica Total de la Cuenca del Río Anamichú 726
Tabla 336. Demanda Hídrica para Consumo Humano y Doméstico en la Cuenca Río Anamichú 728
Tabla 337. Demanda Hídrica del sector Bovino en la Cuenca del Río Anamichú 729
Tabla 338. Demanda Hídrica del sector Agrícola en la Cuenca del Río Anamichú 732
Tabla 339. Demanda Hídrica Total de la Cuenca de la quebrada Guanábano 734
Tabla 340. Demanda Hídrica Sectorial en la cuenca de la quebrada Guanábano de la Subzona Hidrográfica Medio Saldaña 736

Tabla 341. Demanda Hídrica Total de las Subcuencas y Microcuencas que integran la Cuenca Mayor del Río Amoyá.. 737
Tabla 342. Demanda Hídrica del Consumo Humano y Bovino en la Cuenca Río Amoyá 740
Tabla 343. Coeficientes de cultivo 743
Tabla 344. Demanda hídrica agrícola Cuenca Río Amoyá 744
Tabla 345. Tipos de agua subterránea localizados dentro del área de estudio de la segunda fase de la Evaluación Regional del Agua del departamento del Tolima 749
Tabla 346. Condiciones de uso de los puntos de agua subterránea 749
Tabla 347. Módulos de consumo para uso pecuario establecidos por la CAR (2007) 752
Tabla 348. Dotación Bruta Máxima 753
Tabla 349. Demanda Hídrica Subterránea del sector Agrícola en el Acuífero Sur 754
Tabla 350. Demanda Hídrica Subterránea del sector Pecuario en el Acuífero Sur 754
Tabla 351. Demanda Hídrica Subterránea para Consumo Doméstico en el Acuífero Sur 754
Tabla 352. Demanda Hídrica Total Subterránea del Acuífero Sur 755
Tabla 353. Demanda Hídrica Superficial del sector Agrícola en el Acuífero Sur 756
Tabla 354. Demanda Hídrica Superficial del sector Pecuario en el Acuífero Sur 756
Tabla 355. Demanda Hídrica Superficial para Uso Doméstico en el Acuífero Sur 756
Tabla 356. Demanda Hídrica Total del agua Superficial en el Acuífero Sur 757
Tabla 357. Demanda Hídrica Total de agua Superficial por sector en el Acuífero Sur 757
Tabla 358. Concesiones hídricas superficiales reportadas por CORTOLIMA 758
Tabla 359. Registro de Puntos de captación de agua subterránea en el Censo de Usuarios Acuífero Sur 762
Tabla 360. Registro de concesiones hídricas subterráneas del área de estudio en bases de datos de CORTOLIMA 762
Tabla 361. Concesiones hídricas reportados en proceso de legalización 763
Tabla 362. Caudal concesionado por tipo de uso en la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña 764
Tabla 363. Demanda hídrica concesionada por usuario y tipo de uso en el Subzona Hidrográfica del río Cambrín 765
Tabla 364. Demanda hídrica por usos y usuarios en la Subzona Hidrográfica del río Anamichú 765
Tabla 365. Demanda hídrica por usuario y tipo de uso de agua en la Subzona Hidrográfica del río Atá 766
Tabla 366. Demanda hídrica por usuario y tipo de uso en la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña 768
Tabla 367. Demanda hídrica concesionada por usuario y tipo de uso en el Subzona Hidrográfica del río Amoyá 769
Tabla 368. Demanda hídrica concesionada por usuario y tipo de uso en la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña 770
Tabla 369. Demanda hídrica concesionada por CORTOLIMA para la Subzona Hidrográfica del río Patá 771
Tabla 370. Demanda Hídrica concesionada para la Subzona Hidrográfica del río Anchique por usuarios y tipo de uso 772
Tabla 371. Lista de proyectos licenciados por la ANLA en el área de estudio 773
Tabla 372. Concesiones de agua superficial otorgados por la ANLA en el área de estudio 775
Tabla 373. Cambios en el número de concesiones hídricas por Subzona Hidrográfica tras revisión de expedientes 778
Tabla 374. Caudal concesionado por tipo de uso en la Subzona Hidrográfica del río Atá 781
Tabla 375. Caudal concesionado por fuente hídrica abastecedora en la Subzona Hidrográfica del río Atá 781
Tabla 376. Distribución de la demanda hídrica total por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Atá 783
Tabla 377. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Agrícola en la Subzona Hidrográfica del río Atá 785

Tabla 378. Distribución de la demanda hídrica Agrícola por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Atá 785
Tabla 379. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para Consumo Humano y Doméstico en la Subzona Hidrográfica del río Atá 787
Tabla 380. Distribución de la demanda hídrica del Consumo Humano y Doméstico por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Atá 787
Tabla 381. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Industrial en la Subzona Hidrográfica del río Atá 788
Tabla 382. Distribución de la demanda hídrica para uso Industrial por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Atá 789
Tabla 383. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Pecuario en la Subzona Hidrográfica del río Atá 790
Tabla 384. Distribución de la demanda hídrica para uso Pecuario por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Atá 790
Tabla 385. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Piscícola en la Subzona Hidrográfica del río Atá 791
Tabla 386. Distribución de la demanda hídrica para uso Piscícola por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Atá 792
Tabla 387. Caudal concesionado por tipo de uso en la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña 793
Tabla 388. Caudal concesionado por fuente hídrica abastecedora en la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña .. 793
Tabla 389. Distribución de la demanda hídrica total por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña 795
Tabla 390. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Agrícola en la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña 796
Tabla 391. Distribución de la demanda hídrica Agrícola por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña 796
Tabla 392. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para Consumo Humano y Doméstico en la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña 798
Tabla 393. Distribución de la demanda hídrica del Consumo Humano y Doméstico por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña 798
Tabla 394. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Industrial en la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña 800
Tabla 395. Distribución de la demanda hídrica para uso Industrial por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña 800
Tabla 396. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Pecuario en la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña 801
Tabla 397. Distribución de la demanda hídrica para uso Pecuario por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña 802
Tabla 398. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Piscícola en la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña 803

Tabla 399. Distribución de la demanda hídrica para uso Piscícola por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña 804
Tabla 400. Concesiones registradas por CORTOLIMA en la Subzona Hidrográfica del río Cambrín 804
Tabla 401. Caudal concesionado por tipo de uso en la Subzona Hidrográfica del río Anamichú 805
Tabla 402. Caudal concesionado por fuente hídrica abastecedora en la Subzona Hidrográfica del río Anamichú 805
Tabla 403. Distribución de la demanda hídrica total por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Anamichú 806
Tabla 404. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Agrícola en la Subzona Hidrográfica del río Anamichú 807
Tabla 405. Distribución de la demanda hídrica Agrícola por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Anamichú 808
Tabla 406. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para Consumo Humano y Doméstico en la Subzona Hidrográfica del río Anamichú 809
Tabla 407. Distribución de la demanda hídrica del Consumo Humano y Doméstico por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Anamichú 809
Tabla 408. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Pecuario en la Subzona Hidrográfica del río Anamichú 810
Tabla 409. Distribución de la demanda hídrica para uso Pecuario por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Anamichú 811
Tabla 410. Caudal concesionado por tipo de uso en la Subzona Hidrográfica del río Patá 812
Tabla 411. Caudal concesionado por fuente hídrica abastecedora en la Subzona Hidrográfica del río Patá 812
Tabla 412. Distribución de la demanda hídrica total por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Patá 813
Tabla 413. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Agrícola en la Subzona Hidrográfica del río Patá 815
Tabla 414. Distribución de la demanda hídrica Agrícola por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Patá 815
Tabla 415. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para Consumo Humano y Doméstico en la Subzona Hidrográfica del río Patá 816
Tabla 416. Distribución de la demanda hídrica del Consumo Humano y Doméstico por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Patá 818
Tabla 417. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Pecuario en la Subzona Hidrográfica del río Patá 818
Tabla 418. Distribución de la demanda hídrica para uso Pecuario por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Patá 819
Tabla 419. Caudal concesionado por tipo de uso en la SZH Medio Saldaña 820
Tabla 420. Caudal concesionado por fuente hídrica abastecedora en la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña 820
Tabla 421. Distribución de la demanda hídrica total por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña 821

Tabla 422. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Agrícola en la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña 823
Tabla 423. Distribución de la demanda hídrica Agrícola por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña 823
Tabla 424. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para Consumo Humano y Doméstico en la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña 825
Tabla 425. Distribución de la demanda hídrica del Consumo Humano y Doméstico por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña 825
Tabla 426. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para Generación de Energía en la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña 827
Tabla 427. Distribución de la demanda hídrica para Generación de Energía por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña 827
Tabla 428. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Industrial en la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña 828
Tabla 429. Distribución de la demanda hídrica para uso Industrial por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña 828
Tabla 430. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para Minería en la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña 829
Tabla 431. Distribución de la demanda hídrica para Minería por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña 830
Tabla 432. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Pecuario en la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña 831
Tabla 433. Distribución de la demanda hídrica para uso Pecuario por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña 831
Tabla 434. Caudal concesionado por tipo de uso en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá 832
Tabla 435. Caudal concesionado por fuente hídrica abastecedora en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá 833
Tabla 436. Distribución de la demanda hídrica total por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Amoyá 835
Tabla 437. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Agrícola en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá 837
Tabla 438. Distribución de la demanda hídrica Agrícola por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Amoyá 838
Tabla 439. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para Consumo Humano y Doméstico en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá 839
Tabla 440. Distribución de la demanda hídrica del Consumo Humano y Doméstico por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Amoyá 840
Tabla 441. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para Generación de Energía en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá 842
Tabla 442. Distribución de la demanda hídrica para Generación de Energía por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Amoyá 843

Tabla 443. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Industrial en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá 843
Tabla 444. Distribución de la demanda hídrica para uso Industrial por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Amoyá 844
Tabla 445. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Pecuario en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá 845
Tabla 446. Distribución de la demanda hídrica para uso Pecuario por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Amoyá 845
Tabla 447. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Piscícola en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá 847
Tabla 448. Distribución de la demanda hídrica para uso Piscícola por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Amoyá 848
Tabla 449. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Recreativo en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá 848
Tabla 450. Distribución de la demanda hídrica para uso Recreativo por fuente hídrica abastecedora en cada UHA en la Subzona Hidrográfica del río Amoya 848
Tabla 451. Caudal concesionado por tipo de uso en la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña 849
Tabla 452. Caudal concesionado por fuente hídrica abastecedora en la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña... 850
Tabla 453. Distribución de la demanda hídrica total por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña 851
Tabla 454. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Agrícola en la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña 853
Tabla 455. Distribución de la demanda hídrica Agrícola por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña 854
Tabla 456. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para Consumo Humano y Doméstico en la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña 855
Tabla 457. Distribución de la demanda hídrica del Consumo Humano y Doméstico por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña..... 856
Tabla 458. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Industrial en la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña 857
Tabla 459. Distribución de la demanda hídrica para uso Industrial por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña 858
Tabla 460. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para Minería en la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña 858
Tabla 461. Distribución de la demanda hídrica para Minería por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña 858
Tabla 462. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Piscícola en la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña 859
Tabla 463. Distribución de la demanda hídrica para uso Piscícola por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña 860

Tabla 464. Caudal concesionado por tipo de uso en la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena 861
Tabla 465. Caudal concesionado por fuente hídrica abastecedora en la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena 861
Tabla 466. Distribución de la demanda hídrica total por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena 862
Tabla 467. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Agrícola en la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena 865
Tabla 468. Distribución de la demanda hídrica Agrícola por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena 865
Tabla 469. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para Consumo Humano y Doméstico en la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena 867
Tabla 470. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para Consumo Humano y Doméstico en la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena 867
Tabla 471. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Industrial en la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena 869
Tabla 472. Distribución de la demanda hídrica para uso Industrial por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena 869
Tabla 473. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Pecuario en la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena 871
Tabla 474. Distribución de la demanda hídrica para uso Pecuario por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena 872
Tabla 475. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Piscícola en la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena 872
Tabla 476. Distribución de la demanda hídrica para uso Piscícola por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena 873
Tabla 477. Caudal concesionado por tipo de uso en el Acuífero Sur 874
Tabla 478. Demanda hídrica para uso Agrícola en el Acuífero Sur 874
Tabla 479. Demanda hídrica para Consumo Humano y Doméstico en el Acuífero Sur 875
Tabla 480. Demanda hídrica para uso Industrial en el Acuífero Sur 875
Tabla 481. Demanda hídrica para uso Pecuario en el Acuífero Sur 875
Tabla 482. Demanda hídrica para uso Piscícola en el Acuífero Sur 876
Tabla 483. Demanda hídrica del sector agrícola para el año 2022 de cada uno de los municipios con jurisdicción en las Subzonas Hidrográficas objeto de estudio 877
Tabla 484. Distribución de la demanda hídrica del sector agrícola por tipo de cultivo en los municipios que componen las Subzonas Hidrográficas objeto de estudio para el año 2022 878
Tabla 485. Distribución de la demanda hídrica del sector agrícola por tipo de cultivo en los municipios que componen las Subzonas Hidrográficas objeto de estudio para el año 2032 882
Tabla 486. Población municipal de los años 1985, 1993, 2005 y 2018 por área geográfica según el DANE. 885

Tabla 487. Estimación de la demanda hídrica actual para consumo humano y doméstico por área geográfica de cada municipio, sin considerar la población flotante 890
Tabla 488. Estimación de la demanda hídrica actual para consumo humano y doméstico por área geográfica de cada municipio, considerando la población flotante 891
Tabla 489. Demanda hídrica para consumo humano y doméstico por el total del municipio (escenario i) 892
Tabla 490. Demanda hídrica para consumo humano y doméstico por el total del municipio (escenario ii) 892
Tabla 491. Módulo de consumo para aves (cría – levante y terminación) 893
Tabla 492. Módulos de consumo de agua para bovinos* 893
Tabla 493. Módulo de consumo para caprinos 893
Tabla 494. Módulo de consumo para equinos 893
Tabla 495. Módulo de consumo para ovinos 893
Tabla 496. Módulo de consumo para porcinos 893
Tabla 497. Estimación de la demanda Hídrica actual del sector pecuario por tipo de especie en cada municipio del área de estudio del proyecto ERA Fase II 894
Tabla 498. Proyección de la demanda Hídrica del sector pecuario al año 2032 896
Tabla 499. Factores para determinación de la Carga Contaminante de ARD Municipales 911
Tabla 500. Factores para determinación de la Carga Contaminante de ARnD de Beneficio Animal 912
Tabla 501. Rendimiento de Café Pergamino por municipios 913
Tabla 502. Valores de referencia de Carga de DBO5 y SST para el Beneficio de Café convencional y ecológico 914
Tabla 503. Factores para determinación de la Carga Contaminante de ARnD de Beneficio de Café 914
Tabla 504. Factores para determinación de la Carga Contaminante de ARnD del Sector Industrial 916
Tabla 505. Valores de referencia del reporte de laboratorio para la estimación de cargas contaminantes en ARnD del sector minero 917
Tabla 506. Compañías Mineras con presencia en las Unidades Hidrográficas de Análisis de la ERA fase 2 918
Tabla 507. Parámetros estimados empíricos para la estimación de cargas contaminantes en ARnD del sector minero . 919
Tabla 508. Determinación de Cargas para la Cuenca del río Alto Saldaña. Valores determinados para el año 2020 923
Tabla 509. Determinación de Cargas para la Cuenca del río Alto Saldaña. Meta en Carga para el año 2020 925
Tabla 510. Determinación de Cargas para la Cuenca del río Medio Saldaña. Valores determinados para el año 2020 . 929
Tabla 511. Determinación de Cargas para la Cuenca del río Medio Saldaña. Meta en Carga para el año 2020 930
Tabla 512. Determinación de Cargas para la Cuenca del río Bajo Saldaña. Valores determinados para el año 2020 933
Tabla 513. Determinación de Cargas para la Cuenca del río Bajo Saldaña. Meta en Carga para el año 2020 935
Tabla 514. Determinación de Cargas para la Cuenca del río Amoyá. Valores determinados para el año 2020 938
Tabla 515. Determinación de Cargas para la Cuenca del río Amoyá. Meta en Carga para el año 2020 940
Tabla 516. Determinación de Cargas para la Cuenca del río Anamichú. Valores determinados para el año 2020 944
Tabla 517. Determinación de Cargas para la Cuenca del Anamichú. Meta en Carga para el año 2020 946
Tabla 518. Determinación de Cargas para la Cuenca del río Cambrín. Valores determinados para el año 2020 950
Tabla 519. Determinación de Cargas para la Cuenca del río Cambrín. Meta en Carga para el año 2020 951
Tabla 520. Determinación de Cargas para la Cuenca del río Atá. Valores determinados para el año 2020 953
Tabla 521. Determinación de Cargas para la Cuenca del río Atá. Meta en Carga para el año 2020 955
Tabla 522. Determinación de Cargas para la Cuenca del río Anchique. Valores determinados para el año 2020 959

TABLA 523. DETERMINACIÓN DE CARGAS PARA LA CUENCA DEL RÍO ANCHIQUE. META EN CARGA PARA EL AÑO 2020 960
TABLA 524. DETERMINACIÓN DE CARGAS PARA LA CUENCA DEL RÍO CHENCHE. VALORES DETERMINADOS PARA EL AÑO 2020..... 961
TABLA 525. DETERMINACIÓN DE CARGAS PARA LA CUENCA DEL RÍO CHENCHE. META EN CARGA PARA EL AÑO 2020 962
TABLA 526. DETERMINACIÓN DE CARGAS PARA LA QUEBRADA NATURCO. VALORES DETERMINADOS PARA EL AÑO 2020 963
TABLA 527. DETERMINACIÓN DE CARGAS PARA LA QUEBRADA NATURCO. META EN CARGA PARA EL AÑO 2020..... 963
TABLA 528. DETERMINACIÓN DE CARGAS PARA LA QUEBRADA GUAGUARCO. VALORES DETERMINADOS PARA EL AÑO 2020 964
TABLA 529. DETERMINACIÓN DE CARGAS PARA LA QUEBRADA GUAGUARCO. META EN CARGA PARA EL AÑO 2020..... 964
TABLA 530. DETERMINACIÓN DE CARGAS PARA LA QUEBRADA YACO. VALORES DETERMINADOS PARA EL AÑO 2020 965
TABLA 531. DETERMINACIÓN DE CARGAS PARA LA QUEBRADA YACO. META EN CARGA PARA EL AÑO 2020..... 965
TABLA 532. DETERMINACIÓN DE CARGAS PARA LA CUENCA DEL RÍO HILARCO. VALORES DETERMINADOS PARA EL AÑO 2020 966
TABLA 533. DETERMINACIÓN DE CARGAS PARA LA CUENCA DEL RÍO HILARCO. META EN CARGA PARA EL AÑO 2020..... 966
TABLA 534. DETERMINACIÓN DE CARGAS PARA LA CUENCA DEL RÍO PATÁ. VALORES DETERMINADOS PARA EL AÑO 2020 969
TABLA 535. DETERMINACIÓN DE CARGAS PARA LA CUENCA DEL RÍO PATA. META EN CARGAS PARA EL AÑO 2020..... 970
TABLA 536. RELACIÓN DE CUENCAS EN LA ZONA DE ESTUDIO..... 975
TABLA 537. PUNTOS DE MONITOREO DEFINIDO PARA LA CUENCA DEL RÍO ALTO SALDAÑA..... 981
TABLA 538. PUNTOS DE MONITOREO PARA LA CUENCA DEL RÍO AMOYÁ..... 983
TABLA 539. PUNTOS DE MONITOREO PARA LA CUENCA DEL RÍO ANAMICHÚ..... 985
TABLA 540. PUNTOS DE MONITOREO PARA LA CUENCA DE LOS RÍOS ANCHIQUE, CHENCHE Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA 987
TABLA 541. PUNTOS DE MONITOREO PARA LA CUENCA DEL RÍO ATÁ 990
TABLA 542. PUNTOS DE MONITOREO PARA LA CUENCA DEL RÍO BAJO SALDAÑA 992
TABLA 543. PUNTOS DE MONITOREO PARA LA CUENCA DEL RÍO CAMBRÍN 994
TABLA 544. PUNTOS DE MONITOREO PARA LA CUENCA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA..... 996
TABLA 545. PUNTOS DE MONITOREO PARA LA CUENCA DEL RÍO PATÁ..... 998
TABLA 546. FUENTES DE INFORMACIÓN PARA LA DEFINICIÓN DE LOS DETERMINANTES DE CALIDAD DEL AGUA A MONITOREAR..... 1001
TABLA 547. DETERMINANTES DE CALIDAD DEL AGUA A MEDIR EN AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS..... 1001
TABLA 548. RELACIÓN ENTRE LA POBLACIÓN Y LA CARGA DE DBO5 1002
TABLA 549. DETERMINANTES DE CALIDAD DEL AGUA A MEDIR EN AGUAS RESIDUALES..... 1003
TABLA 550. PESOS PARA LAS VARIABLES DEL ICA..... 1004
TABLA 551. DESCRIPTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA A PARTIR DEL ÁMBITO NUMÉRICO DEL ICA 1010
TABLA 552. RANGOS DE LOS CATIACALES 1011
TABLA 553. CATEGORIZACIÓN IACAL 1012
TABLA 554. RESULTADOS DE ICA DETERMINADOS PARA LOS SITIOS DE MONITOREO SOBRE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ALTO SALDAÑA 1013
TABLA 555. RESULTADOS DE ICA DETERMINADOS PARA LOS SITIOS DE MONITOREO SOBRE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ 1015
TABLA 556. RESULTADOS DE ICA DETERMINADOS PARA LOS SITIOS DE MONITOREO SOBRE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ 1017
TABLA 557. RESULTADOS DE ICA DETERMINADOS PARA LOS SITIOS DE MONITOREO SOBRE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DE LOS RÍOS ANCHIQUE, CHENCHE Y DIRECTOS AL MAGDALENA 1019
TABLA 558. RESULTADOS DE ICA DETERMINADOS PARA LOS SITIOS DE MONITOREO SOBRE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ATÁ 1022

Tabla 559. Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona Hidrográfica del Río Bajo Saldaña 1024
Tabla 560. Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona Hidrográfica del Río Cambrín 1026
Tabla 561. Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona Hidrográfica del Río Medio Saldaña 1028
*Tabla 562. Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona Hidrográfica del Río Patá*1030
Tabla 563. Escenarios de Oferta y Carga para el cálculo del IACAL 1031
Tabla 564. Determinación del IACAL en la subzona hidrográfica del Rio Patá (OHT) 1032
Tabla 565. Determinación del IACAL en la SZH del río Chenche, Anchique y drenajes directos al Magdalena (OHT) ... 1036
Tabla 566. Determinación del IACAL en la subzona hidrográfica del Rio Bajo Saldaña (OHT) 1039
Tabla 567. Determinación del IACAL en la subzona hidrográfica del Rio Medio Saldaña (OHT) 1042
Tabla 568. Determinación del IACAL en la subzona hidrográfica del Rio Alto Saldaña (OHT) 1045
Tabla 569. Determinación del IACAL en la subzona hidrográfica del Rio Amoyá (OHT) 1048
Tabla 570. Determinación del IACAL en la subzona hidrográfica del Rio Anamichú (OHT) 1051
Tabla 571. Determinación del IACAL en la subzona hidrográfica del Rio Cambrín (OHT) 1054
Tabla 572. Determinación del IACAL en la subzona hidrográfica del Rio Atá (OHT) 1057
Tabla 573. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo en las subzonas hidrográficas de los ríos alto Saldaña, Cambrín, Anamichú, Amoyá, Atá, Medio Saldaña, Bajo Saldaña, Anchique y Patá. 1072
Tabla 574. Valores e interpretación del índice Diatómico Genérico 1077
Tabla 575. Interpretación del BMWP/Col 1079
Tabla 576. Referentes de categorización de amenaza para ictiofauna 1082
Tabla 577. Composición de la comunidad perifítica registrada en la subzona hidrográfica del Río Alto Saldaña. 1084
Tabla 578. Índice diatómico genérico de las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Alto Saldaña. 1089
Tabla 579. Composición de los macroinvertebrados acuáticos registrados en la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña. 1090
Tabla 580. Distribución espacial de los macroinvertebrados acuáticos registrados en la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña. 1094
Tabla 581. Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña. 1099
Tabla 582. Composición íctica registrada en la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña 1102
Tabla 583. Especies de interés y categoría de amenaza de la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña. 1111
Tabla 584. Composición de la comunidad perifítica registrada en la subzona hidrográfica del Río Cambrin. 1113
Tabla 585. Índice diatómico genérico de las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Cambrin. 1119
Tabla 586. Composición de los macroinvertebrados acuáticos registrados en la subzona hidrográfica del río Cambrín. 1120
Tabla 587. Distribución espacial de los macroinvertebrados acuáticos registrados en la subzona hidrográfica del río Cambrín. 1124
Tabla 588. Distribución temporal de los macroinvertebrados acuáticos registrados en la subzona hidrográfica del río Cambrín. 1127

TABLA 589. ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL (BMWP/COL) DE LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CAMBRÍN. .. 1132
TABLA 590. COMPOSICIÓN ÍCTICA REGISTRADA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CAMBRIM. 1135
TABLA 591. ESPECIES DE INTERÉS Y CATEGORÍA DE AMENAZA DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CAMBRIM. 1143
TABLA 592. COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD PERIFÍTICA REGISTRADA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ. 1146
TABLA 593. ÍNDICE DIATÓMICO GENÉRICO DE LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ. 1151
TABLA 594. COMPOSICIÓN DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS REGISTRADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ. 1153
TABLA 595. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS REGISTRADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ. 1156
TABLA 596. ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL (BMWP/COL) DE LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO ANAMICHÚ. 1161
TABLA 597. COMPOSICIÓN ÍCTICA REGISTRADA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ 1164
TABLA 598. ESPECIES DE INTERÉS Y CATEGORÍA DE AMENAZA DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ. 1173
TABLA 599. COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD PERIFÍTICA REGISTRADA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ALTO AMOYÁ. 1175
TABLA 600. ÍNDICE DIATÓMICO GENÉRICO DE LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ. 1181
TABLA 601. COMPOSICIÓN DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS REGISTRADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ. 1183
TABLA 602. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS REGISTRADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ. 1187
TABLA 603. ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL (BMWP/COL) DE LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO AMOYÁ..... 1192
TABLA 604. COMPOSICIÓN ÍCTICA REGISTRADA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ 1195
TABLA 605. ESPECIES DE INTERÉS Y CATEGORÍA DE AMENAZA DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ. 1205
TABLA 606. COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD PERIFÍTICA REGISTRADA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ALTÁ. 1208
TABLA 607. ÍNDICE DIATÓMICO GENÉRICO DE LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ATA. 1213
TABLA 608. COMPOSICIÓN DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS REGISTRADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO ATÁ. .. 1215
TABLA 609. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS REGISTRADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ATÁ. 1219
TABLA 610. ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL (BMWP/COL) DE LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO ATÁ..... 1223
TABLA 611. COMPOSICIÓN ÍCTICA REGISTRADA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ATÁ. 1225
TABLA 612. ESPECIES DE INTERÉS Y CATEGORÍA DE AMENAZA DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ATÁ. 1235
TABLA 613. COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD PERIFÍTICA REGISTRADA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA. ... 1238
TABLA 614. ÍNDICE DIATÓMICO GENÉRICO DE LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA. 1244
TABLA 615. COMPOSICIÓN DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS REGISTRADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA. 1246
TABLA 616. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS REGISTRADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA..... 1249
TABLA 617. ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL (BMWP/COL) DE LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA. 1254
TABLA 618. COMPOSICIÓN ÍCTICA REGISTRADA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA..... 1256
TABLA 619. ESPECIES DE INTERÉS Y CATEGORÍA DE AMENAZA DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA. 1266
TABLA 620. COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD PERIFÍTICA REGISTRADA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BAJO SALDAÑA. 1270

TABLA 621. ÍNDICE DIATÓMICO GENÉRICO DE LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BAJO SALDAÑA. 1275
TABLA 622. COMPOSICIÓN DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS REGISTRADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BAJO SALDAÑA 1277
TABLA 623. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS REGISTRADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BAJO SALDAÑA. 1281
TABLA 624. ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL (BMWP/COL) DE LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO BAJO SALDAÑA. 1285
TABLA 625. COMPOSICIÓN ÍCTICA REGISTRADA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BAJO SALDAÑA. 1287
TABLA 626. ESPECIES DE INTERÉS Y CATEGORÍA DE AMENAZA DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BAJO SALDAÑA. 1297
TABLA 627. COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD PERIFÍTICA REGISTRADA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANCHIQUE Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA 1300
TABLA 628. ÍNDICE DIATÓMICO GENÉRICO DE LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA DEL RÍO ANCHIQUE Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA 1307
TABLA 629. COMPOSICIÓN DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS REGISTRADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANCHIQUE Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA. 1309
TABLA 630. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS REGISTRADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANCHIQUE Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA. 1313
TABLA 631. ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL (BMWP/COL) DE LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANCHIQUE Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA. 1319
TABLA 632. COMPOSICIÓN ÍCTICA REGISTRADA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANCHIQUE 1322
TABLA 633. ESPECIES DE INTERÉS Y CATEGORÍA DE AMENAZA DE LA SZH DEL RÍO ANCHIQUE 1334
TABLA 634. COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD PERIFÍTICA REGISTRADA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ 1338
TABLA 635. ÍNDICE DIATÓMICO GENÉRICO DE LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ. 1343
TABLA 636. COMPOSICIÓN DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS REGISTRADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ. 1345
TABLA 637. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS REGISTRADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ. 1348
TABLA 638. ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL (BMWP/COL) DE LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO PATÁ. 1352
TABLA 639. COMPOSICIÓN ÍCTICA REGISTRADA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ 1355
TABLA 640. ESPECIES DE INTERÉS Y CATEGORÍA DE AMENAZA DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ. 1365
TABLA 641. CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE ARIDEZ. FUENTE: (IDEAM, 2013) 1385
TABLA 642. UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE ANÁLISIS, SUBZONA HIDROGRÁFICA RÍO PATÁ 1387
TABLA 643: ÍNDICE DE ARIDEZ MEDIO MENSUAL EN AÑO MEDIO PARA LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL RÍO PATÁ 1390
TABLA 644: ÍNDICE DE ARIDEZ MEDIO MENSUAL EN AÑO SECO PARA LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL RÍO PATÁ 1392
TABLA 645: ÍNDICE DE ARIDEZ MENSUAL EN AÑO HÚMEDO PARA LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL RÍO PATÁ 1394
TABLA 646. UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE ANÁLISIS, SUBZONA HIDROGRÁFICA RÍO ANCHIQUE 1395
TABLA 647: ÍNDICE DE ARIDEZ MEDIO MENSUAL EN AÑO MEDIO PARA LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL RÍO ANCHIQUE 1398
TABLA 648: ÍNDICE DE ARIDEZ MEDIO MENSUAL EN AÑO SECO PARA LAS UNIDADES DE ANÁLISIS DE LA SZH DEL RÍO CHENCHE, ANCHIQUE Y DRENAJES DIRECTOS AL MAGDALENA 1400
TABLA 649: ÍNDICE DE ARIDEZ MEDIO MENSUAL EN AÑO HÚMEDO PARA LAS UNIDADES DE ANÁLISIS DE LA SZH DEL RÍO CHENCHE, ANCHIQUE Y DRENAJES DIRECTOS AL MAGDALENA 1402

Tabla 650. Unidades hidrográficas de análisis, subzona hidrográfica río Bajo Saldaña 1403
Tabla 651: Índice de aridez medio mensual en año medio para las unidades hidrográficas del Río Bajo Saldaña 1406
Tabla 652: Índice de aridez medio mensual en año seco para las unidades hidrográficas del Río Bajo Saldaña 1408
Tabla 653: Índice de aridez medio mensual en año húmedo para las unidades hidrográficas del Río Bajo Saldaña 1410
Tabla 654. Unidades hidrográficas de análisis, subzona hidrográfica río Medio Saldaña 1411
Tabla 655: Índice de aridez medio mensual en año medio para las unidades hidrográficas del Río Medio Saldaña 1413
Tabla 656: Índice de aridez medio mensual en año seco para las unidades hidrográficas del Río Medio Saldaña 1414
Tabla 657: Índice de aridez medio mensual en año húmedo para las unidades hidrográficas del Río Medio Saldaña 1415
Tabla 658. Unidades hidrográficas de análisis, subzona hidrográfica río Alto Saldaña 1416
Tabla 659: Índice de aridez medio mensual en año medio para las unidades hidrográficas del Río Alto Saldaña 1419
Tabla 660: Índice de aridez medio mensual en año seco para las unidades hidrográficas del Río Alto Saldaña 1421
Tabla 661: Índice de aridez medio mensual en año húmedo para las unidades hidrográficas del Río Alto Saldaña 1422
Tabla 662. Unidades hidrográficas de análisis, subzona hidrográfica río Amoyá 1423
Tabla 663: Índice de aridez medio mensual en año medio para las unidades hidrográficas del Río Amoyá 1426
Tabla 664: Índice de aridez medio mensual en año seco para las unidades hidrográficas del Río Amoyá 1428
Tabla 665: Índice de aridez mensual en año húmedo para las unidades hidrográficas del Río Amoyá 1430
Tabla 666. Unidades hidrográficas de análisis, subzona hidrográfica río Anamichú 1431
Tabla 667: Índice de aridez medio mensual en año medio para las unidades hidrográficas del Río Anamichú 1434
Tabla 668: Índice de aridez medio mensual en año seco para las unidades hidrográficas del Río Anamichú 1436
Tabla 669: Índice de aridez medio mensual en año húmedo para las unidades hidrográficas del Río Anamichú 1438
Tabla 670. Unidades hidrográficas de análisis, subzona hidrográfica río Cambrín 1439
Tabla 671: Índice de aridez medio mensual en año medio para las unidades hidrográficas del Río Cambrín 1441
Tabla 672: Índice de aridez medio mensual en año seco para las unidades hidrográficas del Río Cambrín 1442
Tabla 673: Índice de aridez medio mensual en año húmedo para las unidades hidrográficas del Río Cambrín 1443
Tabla 674. Unidades hidrográficas de análisis, subzona hidrográfica río Atá 1444
Tabla 675: Índice de aridez medio mensual en año medio para las unidades hidrográficas del Río Atá 1447
Tabla 676: Índice de aridez medio mensual en año seco para las unidades hidrográficas del Río Atá 1449
Tabla 677: Índice de aridez medio mensual en año húmedo para las unidades hidrográficas del Río Atá 1451
Tabla 678. Categorías del índice de retención y regulación hídrica (IRH). (Fuente: IDEAM, 2020a) 1452
Tabla 679. Categorías del Índice Estandarizado de Escorrentía (SRI). (Fuente: Shukla y Wood, 2008) 1463
*Tabla 680. Categorías del índice de rendimiento medio de sedimentos. (*Fuente: IDEAM, 2018)..... 1474
Tabla 681. Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica Patá 1475
Tabla 682. Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica Anchique, Chenche y Directos al Magdalena 1476
Tabla 683. Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica Bajo Saldaña 1477
Tabla 684. Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica Medio Saldaña 1479
Tabla 685. Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica Alto Saldaña 1480
Tabla 686. Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica Amoyá 1481
Tabla 687. Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica Anamichú 1482
Tabla 688. Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica Cambrín 1484

Tabla 689. Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica Atá 1484
Tabla 690. Categorías del índice de uso del agua. (Fuente: IDEAM, 2020b) 1486
Tabla 691. Índice de uso del agua para año medio y seco en la subzona hidrográfica del río Patá 1487
Tabla 692. Índice de uso del agua para año medio y seco en la subzona hidrográfica del río Chenche, Anchique y drenajes directos al Magdalena 1490
Tabla 693. Índice de uso del agua para año medio y seco en la subzona hidrográfica Bajo Saldaña 1493
Tabla 694. Índice de uso del agua para año medio y seco en la subzona hidrográfica Medio Saldaña 1496
Tabla 695. Índice de uso del agua para año medio y seco en la subzona hidrográfica Alto Saldaña 1499
Tabla 696. Índice de uso del agua para año medio y seco en la SZH del río Amoyá 1502
Tabla 697. Índice de uso del agua para año medio y seco en la subzona hidrográfica del río Anamichú 1505
Tabla 698. Índice de uso del agua para año medio y seco en la subzona hidrográfica del río Cambrín 1508
Tabla 699. Índice de uso del agua para año medio y seco en la subzona hidrográfica del río Atá 1511
Tabla 700. Pesos para las variables del ICA 1515
Tabla 701. Descriptores de la calidad del agua a partir del ámbito numérico del ICA. (Fuente: IDEAM, 2013) 1516
Tabla 702. Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona Hidrográfica del Río Patá 1517
Tabla 703. Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona Hidrográfica de los Ríos Anchique, Chenche y Directos al Magdalena 1518
Tabla 704. Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona Hidrográfica del Río Bajo Saldaña 1521
Tabla 705. Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona Hidrográfica del Río Medio Saldaña 1523
Tabla 706. Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona Hidrográfica del Río Alto Saldaña 1525
Tabla 707. Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona Hidrográfica del Río Amoyá 1527
Tabla 708. Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona Hidrográfica del Río Anamichú 1529
Tabla 709. Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona Hidrográfica del Río Cambrín 1531
Tabla 710. Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona Hidrográfica del Río Atá 1532
Tabla 711. Escenarios de Oferta y Carga para el cálculo del IACAL 1535
Tabla 712 Categorización IACAL. (Fuente: IDEAM, 2013) 1536
Tabla 713. Determinación del IACAL en la subzona hidrográfica del Rio Patá (OHT) 1537
Tabla 714. Determinación del IACAL en la SZH del río Chenche, Anchique y drenajes directos al Magdalena (OHT) ... 1541
Tabla 715. Determinación del IACAL en la subzona hidrográfica del Rio Bajo Saldaña (OHT) 1544
Tabla 716. Determinación del IACAL en la subzona hidrográfica del Rio Medio Saldaña (OHT) 1547
Tabla 717. Determinación del IACAL en la subzona hidrográfica del Rio Alto Saldaña (OHT) 1550
Tabla 718. Determinación del IACAL en la subzona hidrográfica del Rio Amoyá (OHT) 1553
Tabla 719. Determinación del IACAL en la subzona hidrográfica del Rio Anamichú (OHT) 1556
Tabla 720. Determinación del IACAL en la subzona hidrográfica del Rio Cambrín (OHT) 1559

Tabla 721. Determinación del IACAL en la subzona hidrográfica del Rio Atá (OHT) 1562
*Tabla 722. Interpretación del BMWP/Col. (*Fuente: IDEAM, 2013) 1565
Tabla 723. Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica del río Patá. 1566
Tabla 724. Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica del río Anchique y otros directos al Magdalena 1567
Tabla 725. Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica del rio Bajo Saldaña. 1567
Tabla 726. Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña. 1568
Tabla 727. Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña. 1569
Tabla 728. Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica del rio Amoyá. 1570
Tabla 729. Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica del rio Anamichú. 1571
Tabla 730. Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica del río Cambrín. ... 1571
Tabla 731. Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica del rio Atá. 1572
Tabla 732. Categorías e interpretación del índice Diatómico Genérico. (Fuente: Rumeau & Coste, 1988) 1573
Tabla 733. Índice diatómico genérico de las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Patá. 1574
Tabla 734. Índice diatómico genérico de las estaciones de la subzona del Río Anchique y otros directos al Magdalena 1575
Tabla 735. Índice diatómico genérico de las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Bajo Saldaña. 1576
Tabla 736. Índice diatómico genérico de las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Medio Saldaña. 1577
Tabla 737. Índice diatómico genérico de las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Alto Saldaña. 1578
Tabla 738. Índice diatómico genérico de las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Amoyá. 1578
Tabla 739. Índice diatómico genérico de las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Anamichú. 1579
Tabla 740. Índice diatómico genérico de las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Cambrin. 1580
Tabla 741. Índice diatómico genérico de las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Ata. 1581
Tabla 742. Matriz de clasificación del índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico. Fuente: (IDEAM, 2020c) 1583
Tabla 743. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Patá 1586
Tabla 744. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Patá 1587
Tabla 745. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Chenche, Anchique y drenajes directos al Magdalena 1589
Tabla 746. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Chenche, Anchique y drenajes directos al Magdalena 1590
Tabla 747. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH Bajo Saldaña 1591
Tabla 748. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH Bajo Saldaña 1592

Tabla 749. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH Medio Saldaña 1593
Tabla 750. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH Medio Saldaña 1594
Tabla 751. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH Alto Saldaña 1595
Tabla 752. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH Alto Saldaña 1596
Tabla 753. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Amoyá 1598
Tabla 754. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Amoyá 1599
Tabla 755. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Anamichú 1601
Tabla 756. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Anamichú 1602
Tabla 757. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Cambrín 1603
Tabla 758. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Cambrín 1604
Tabla 759. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Atá 1605
Tabla 760. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Atá 1606
Tabla 761. Categorías del índice de vulnerabilidad frente a eventos torrenciales. (Fuente: IDEAM, 2013) 1607
Tabla 762. Clasificación del índice de vulnerabilidad torrencial por variabilidad de caudales. Fuente: IDEAM, 2013 . 1607
Tabla 763. Criterios para categorizar el índice morfométrico 1608
Tabla 764. Matriz de clasificación del índice morfométrico (fuente: IDEAM, 2013) 1608
Tabla 765. Clasificación de los índices morfométrico de torrencialidad, variabilidad y vulnerabilidad a eventos torrenciales en la SZH del río Patá 1611
Tabla 766. Clasificación de los índices morfométrico de torrencialidad, variabilidad y vulnerabilidad a eventos torrenciales en la SZH del río Chenche, Anchique, y drenajes directos al Magdalena 1613
Tabla 767. Clasificación de los índices morfométrico de torrencialidad, variabilidad y vulnerabilidad a eventos torrenciales en la SZH Bajo Saldaña 1614
Tabla 768. Clasificación de los índices morfométrico de torrencialidad, variabilidad y vulnerabilidad a eventos torrenciales en la SZH Medio Saldaña 1615
Tabla 769. Clasificación de los índices morfométrico de torrencialidad, variabilidad y vulnerabilidad a eventos torrenciales en la SZH Alto Saldaña 1616
Tabla 770. Clasificación de los índices morfométrico de torrencialidad, variabilidad y vulnerabilidad a eventos torrenciales en la SZH del río Amoyá 1618

Tabla 771. Clasificación de los índices morfométrico de torrencialidad, variabilidad y vulnerabilidad a eventos torrenciales en la SZH del río Anamichú 1620
Tabla 772. Clasificación de los índices morfométrico de torrencialidad, variabilidad y vulnerabilidad a eventos torrenciales en la SZH del río Cambrín 1621
Tabla 773. Clasificación de los índices morfométrico de torrencialidad, variabilidad y vulnerabilidad a eventos torrenciales en la SZH del río Atá 1622

Lista de Figuras

Figura 1. Esquema conceptual de celda del modelo TETIS 117
Figura 2. Estaciones meteorológicas y climatológicas IDEAM en el Tolima. Elaboración Propia. 118
Figura 3. Estaciones meteorológicas y climatológicas IDEAM en el área de estudio del ERA fase II en el Tolima. Elaboración Propia. 118
Figura 4. Proceso de selección fuentes de información climatológica. Elaboración Propia. 120
Figura 5. Red estaciones meteorológicas y climatológicas en la zona de estudio del ERA fase II en el departamento del Tolima a) estaciones reportadas en el catálogo IDEAM; b) estaciones que satisfacen criterios de selección para la ERA-Fase II ubicadas en la zona de estudio. Elaboración Propia. 121
Figura 6. Red estaciones de Cenicafé en el área de estudio del ERA Fase II en el departamento del Tolima. Elaboración Propia. 123
Figura 7. Red climatológica a) estaciones IDEAM seleccionada ERA - Fase II-; b) Información estaciones IDEAM seleccionadas ERA - Fase II y satélite GPM_3IMERGDF_06. Elaboración Propia. 134
Figura 8. Histograma de frecuencias del coeficiente de Pearson para el entrenamiento (izquierda) y validación (derecha) de los modelos XGBOOST de lluvia diaria (periodo 2000-2021) 135
Figura 9. Histograma de frecuencias del coeficiente de Pearson para el entrenamiento (izquierda) y validación (derecha) de los modelos Lineales de temperatura media (periodo 2000-2021) 135
Figura 10. Ubicación de estaciones de medición de caudal. 136
Figura 11. Taller de identificación del identificación y validación de conexiones hidráulicas (Territorial Sur - Chaparral) 143
Figura 12. Taller de identificación del identificación y validación de conexiones hidráulicas (Territorial Suroriente - Purificación) 143
Figura 13. Distribución espacial de las conexiones hidráulicas identificadas y validadas para las subzonas de la ERA Fase 2 145
Figura 14. Espacialización de las Unidades Hidrológicas de Análisis definidas para la Subzona del Río Atá 158
Figura 15. Espacialización de las Unidades Hidrológicas de Análisis definidas para la Subzona del Río Alto Saldaña ... 160
Figura 16. Espacialización de las Unidades Hidrológicas de Análisis definidas para la Subzona del Río Cambrín 162
Figura 17. Espacialización de las Unidades Hidrológicas de Análisis definidas para la Subzona del Río Anamichú..... 164
Figura 18. Espacialización de las Unidades Hidrológicas de Análisis definidas para la Subzona del Río Patá..... 167
Figura 19. Espacialización de las Unidades Hidrológicas de Análisis definidas para la Subzona del Río Medio Saldaña. 169
Figura 20. Espacialización de las Unidades Hidrológicas de Análisis definidas para la Subzona del Río Amoyá 171
Figura 21. Espacialización de las Unidades Hidrológicas de Análisis definidas para la Subzona del Río Bajo Saldaña ... 174
Figura 22. Espacialización de las Unidades Hidrológicas de Análisis definidas para la Subzona de los Río Anchique, Chenche y Directos al Magdalena 176
Figura 23. Modelos digitales de elevación analizados en el departamento del Tolima y ubicación de la red de puntos de elevación ortométrica. (a) SRTM, (b) Aster GDEM V3, (c) Alos Palsar, (d) TanDEM-X. 182

Figura 24. Modelo Geopotencial EGM2008 de 3 segundos de arco para el departamento del Tolima. 183
Figura 25. Diagrama de dispersión entre los puntos observación de altura ortométrica medidos por IGAC y SGC frente a las alturas de los diferentes modelos de elevación analizados. 184
Figura 26. Diagrama de Taylor para evaluar la precisión vertical de los MDEs en el departamento del Tolima. 186
Figura 27. Ubicación de la Subzona Hidrográfica del Río Saldaña. 188
Figura 28. Comparación entre la red de drenaje definida por cada MDE en contraste con la red de drenaje delimitada a través de imágenes satelitales de alta resolución espacial. 189
Figura 29. Comparación espacial entre la delimitación de cuenca definida por cada MDE en contraste con la delimitación de cuenca del río Saldaña realizada por Cortolima (2016). 190
Figura 30. Vista 3D y 2D del modelo digital de elevación Alos Palsar de 3 segundos de arco con corrección geoidal para el departamento del Tolima. 192
Figura 31. Diagrama Metodológico para la Corrección del Flujo Superficial. 197
Figura 32. Mapa de elevación digital para las subzonas hidrográficas de análisis 199
Figura 33. Mapa de direcciones de flujo para las subzonas hidrográficas de análisis 200
Figura 34. Mapa de flujo acumulado para las subzonas hidrográficas de análisis 202
Figura 35. Mapa de pendientes para las subzonas hidrográficas de análisis 203
Figura 36. Mapa de velocidad de flujo en ladera para las subzonas hidrográficas de análisis 204
Figura 37. Mapa de Capacidad de Infiltración (Ks) para las subzonas hidrográficas de análisis 208
Figura 38. Mapa de Conductividad Hidráulica para el Interflujo (Kss) para las subzonas hidrográficas de análisis 209
Figura 39. Mapa de Conductividad Hidráulica Saturada del Acuífero (Ksa) para las subzonas hidrográficas de análisis 213
Figura 40. Mapa de Capacidad de Percolación del Substrato (Kp) para las subzonas hidrográficas de análisis 214
Figura 41. Mapa de Capacidad de Percolación al Acuífero Profundo (Kps) para las subzonas hidrográficas de análisis 215
Figura 42. Mapa de valores modales de Almacenamiento Estático (Hu) para las subzonas hidrográficas de análisis 219
Figura 43. Mapa de Capacidad de Intercepción por tipo de cobertura para las subzonas hidrográficas de análisis 224
Figura 44. Mapa de Factor de Erosionabilidad del Suelo (Factor K) para las subzonas hidrográficas de análisis 227
Figura 45. Mapa de Factor de Cubierta Vegetal del Suelo (Factor C) para las subzonas hidrográficas de análisis 229
Figura 46. Mapa de Factor de Cubierta Vegetal del Suelo (Factor C) para las subzonas hidrográficas de análisis 231
Figura 47. Mapa de Porcentajes de Arena para las subzonas hidrográficas de análisis 233
Figura 48. Mapa de Porcentajes de Limo para las subzonas hidrográficas de análisis 234
Figura 49. Mapa de Porcentajes de Arcilla para las subzonas hidrográficas de análisis 234
Figura 50. Análisis de sensibilidad implementado para la evaluación regional del agua del departamento del Tolima Fase 2. 238
Figura 51. Localización de las estaciones de medición de caudal. a. Ubicadas espacialmente dentro del área de estudio de la evaluación regional del agua del departamento del Tolima Fase 2. b. Implementadas en la calibración y validación del modelo hidrológico TETIS 241
Figura 52. Hidrogramas calculados (azul) y observados (rojo) obtenidos para el periodo de calibración en las estaciones hidrométricas: a.22027010, b. 22037010, c. 22057060, d. 22057040, e. 22057070, f. 21137020. 246
Figura 53. Hidrogramas calculados (azul) y observados (rojo) obtenidos para el periodo de validación en las estaciones hidrométricas: a. 22027010, b. 22057060, c. 22057040, d. 22057070, e. 21137020, f. 21137040 247

Figura 54. Curva de permanencia y diagrama de cajas-bigotes de caudal diario calculado por el modelo TETIS (azul) y observado (rojo) para el periodo de calibración en la estación hidrométrica 22027010 248
Figura 55. Curva de permanencia y diagrama de cajas-bigotes de caudal diario calculado por el modelo TETIS (azul) y observado (rojo) para el periodo de calibración en la estación hidrométrica 22037010 248
Figura 56. Curva de permanencia y diagrama de cajas-bigotes de caudal diario calculado por el modelo TETIS (azul) y observado (rojo) para el periodo de calibración en la estación hidrométrica 22057060 248
Figura 57. Curva de permanencia y diagrama de cajas-bigotes de caudal diario calculado por el modelo TETIS (azul) y observado (rojo) para el periodo de calibración en la estación hidrométrica 22057040 249
Figura 58. Curva de permanencia y diagrama de cajas-bigotes de caudal diario calculado por el modelo TETIS (azul) y observado (rojo) para el periodo de calibración en la estación hidrométrica 22057070 249
Figura 59. Curva de permanencia y diagrama de cajas-bigotes de caudal diario calculado por el modelo TETIS (azul) y observado (rojo) para el periodo de calibración en la estación hidrométrica 21137020 249
Figura 60. Curva de permanencia y diagrama de cajas-bigotes de caudal diario calculado por el modelo TETIS (azul) y observado (rojo) para el periodo de validación en la estación hidrométrica 22027010..... 250
Figura 61. Curva de permanencia y diagrama de cajas-bigotes de caudal diario calculado por el modelo TETIS (azul) y observado (rojo) para el periodo de validación en la estación hidrométrica 22057060..... 250
Figura 62. Curva de permanencia y diagrama de cajas-bigotes de caudal diario calculado por el modelo TETIS (azul) y observado (rojo) para el periodo de validación en la estación hidrométrica 22057040..... 250
Figura 63. Curva de permanencia y diagrama de cajas-bigotes de caudal diario calculado por el modelo TETIS (azul) y observado (rojo) para el periodo de validación en la estación hidrométrica 22057070..... 251
Figura 64.Curva de permanencia y diagrama de cajas-bigotes de caudal diario calculado por el modelo TETIS (azul) y observado (rojo) para el periodo de validación en la estación hidrométrica 21137020..... 251
Figura 65. Curva de permanencia y diagrama de cajas-bigotes de caudal diario calculado por el modelo TETIS (azul) y observado (rojo) para el periodo de validación en la estación hidrométrica 21137040..... 251
Figura 66. Comparación del caudal promedio mensual para el período 1990-2000 en las estaciones hidrométricas: a.22027010, b. 22037010, c. 22057060, d. 22057040, e. 22057070, f. 21137020 253
Figura 67. Comparación del caudal promedio mensual. Período 2001-2008 estaciones hidrométricas: a.22027010, b. 22057060, c. 22057040, d. 22057070. Período 2006-2012 estaciones hidrométricas: e. 21137020, f.21137040 254
Figura 68. Regresiones lineales entre los caudales mensuales observados y calculados por el modelo TETIS para el periodo de calibración 255
Figura 69. Regresiones lineales entre los caudales mensuales observados y calculados por el modelo TETIS para el periodo de validación..... 256
Figura 70. Balance hídrico promedio anual para el periodo 1990-2021, calculado para el área de modelación de la evaluación regional del agua para el departamento del Tolima Fase 2..... 257
Figura 71. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Directos Magdalena Patá..... 260
Figura 72. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Directos Magdalena Patá 261
Figura 73. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Patá 8..... 262

FIGURA 74. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO PATÁ 8 263
FIGURA 75. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA CANOAS 264
FIGURA 76. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA CANOAS 265
FIGURA 77. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO PATÁ 7 266
FIGURA 78. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO PATÁ 7 267
FIGURA 79. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA SALITRE 268
FIGURA 80. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA SALITRE 269
FIGURA 81. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO PATÁ 6 270
FIGURA 82. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO PATÁ 6 271
FIGURA 83. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA VIEJA 272
FIGURA 84. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA VIEJA 273
FIGURA 85. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO PATÁ 5 274
FIGURA 86. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO PATÁ 5 275
FIGURA 87. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA TAMBILLA 276
FIGURA 88. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA TAMBILLA 277
FIGURA 89. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO PATÁ 4 278
FIGURA 90. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO PATÁ 4 279
FIGURA 91. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA CHILIRCO 280
FIGURA 92. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA CHILIRCO 281
FIGURA 93. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO PATÁ 3 282
FIGURA 94. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO PATÁ 3 283
FIGURA 95. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA BUENOS AIRES 284
FIGURA 96. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA BUENOS AIRES 285
FIGURA 97. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO PATÁ 2 286
FIGURA 98. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO PATÁ 2 287
FIGURA 99. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA SAN PABLO 288

FIGURA 100. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA SAN PABLO 289
FIGURA 101. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO PATÁ 1 290
FIGURA 102. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO PATÁ 1 291
FIGURA 103. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD DIRECTOS MAGDALENA ANCHIQUE CHENCHE... 292
FIGURA 104. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD DIRECTOS MAGDALENA ANCHIQUE CHENCHE 293
FIGURA 105. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO CHENCHE 6 294
FIGURA 106. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO CHENCHE 6 295
FIGURA 107. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA CABUYAL 296
FIGURA 108. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA CABUYAL 297
FIGURA 109. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO CHENCHE 5 298
FIGURA 110. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO CHENCHE 5 299
FIGURA 111. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA CARMEN 300
FIGURA 112. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA CARMEN 301
FIGURA 113. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO CHENCHE 4 302
FIGURA 114. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO CHENCHE 4 303
FIGURA 115. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA SOCORRO1 304
FIGURA 116. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA SOCORRO 305
FIGURA 117. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO CHENCHE 3 306
FIGURA 118. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO CHENCHE 3 307
FIGURA 119. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA ZARAGOZA 308
FIGURA 120. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA ZARAGOZA 309
FIGURA 121. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO CHENCHE 24 310
FIGURA 122. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO CHENCHE 2 311
FIGURA 123. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA ZANJA HONDA 312
FIGURA 124. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA ZANJA HONDA 313
FIGURA 125. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO CHENCHE 1 314

Figura 126. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Chenche 1 315
Figura 127. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Hilarco 316
Figura 128. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Hilarco 317
Figura 129. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Guaguarco 3 318
Figura 130. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Guaguarco 3 319
Figura 131. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Baloca Grande 320
Figura 132. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Baloca Grande 321
Figura 133. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Guaguarco 2 322
Figura 134. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Guaguarco 2 323
Figura 135. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Totarco 324
Figura 136. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Totarco 325
Figura 137. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Guaguarco 1 326
Figura 138. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Guaguarco 1 327
Figura 139. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Anchique 3 328
Figura 140. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Anchique 3 329
Figura 141. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Natárroco 330
Figura 142. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Natárroco 331
Figura 143. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Anchique 2 332
Figura 144. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Anchique 2 333
Figura 145. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Chocho 334
Figura 146. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Chocho 335
Figura 147. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en Rio Anchique 1 336
Figura 148. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Anchique 1 337
Figura 149. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Yaco 338
Figura 150. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Yaco 339
Figura 151. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 21 340

FIGURA 152. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 21 341
FIGURA 153. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA LEMAYA 342
FIGURA 154. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA LEMAYA 343
FIGURA 155. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 20 344
FIGURA 156. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 20 345
FIGURA 157. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA CHICORA 346
FIGURA 158. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA CHICORA 347
FIGURA 159. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 19 348
FIGURA 160. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 19 349
FIGURA 161. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA PEDREGOSA 350
FIGURA 162. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA PEDREGOSA 351
FIGURA 163. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 18 352
FIGURA 164. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 18 353
FIGURA 165. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 17 354
FIGURA 166. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 17 355
FIGURA 167. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 16 356
FIGURA 168. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 16 357
FIGURA 169. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 15 358
FIGURA 170. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 15 359
FIGURA 171. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 14 360
FIGURA 172 OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 14 361
FIGURA 173. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA AICO 362
FIGURA 174. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA AICO 363
FIGURA 175. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 13 364
FIGURA 176. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 13 365
FIGURA 177. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA MECHE 366

FIGURA 178. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA MECHE 367
FIGURA 179. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 12 368
FIGURA 180. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 12 369
FIGURA 181. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 11 370
FIGURA 182. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 11 371
FIGURA 183. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA OLINI 372
FIGURA 184. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA OLINI 373
FIGURA 185. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 10 374
FIGURA 186. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 10 375
FIGURA 187. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 9 376
FIGURA 188. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 9 377
FIGURA 189. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA PAIPA 378
FIGURA 190. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA PAIPA 379
FIGURA 191. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 8 380
FIGURA 192. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 8 381
FIGURA 193. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA GUANABANO 382
FIGURA 194. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA GUANABANO 383
FIGURA 195. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 7 384
FIGURA 196. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 7 385
FIGURA 197. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA POLE 386
FIGURA 198. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA POLE 387
FIGURA 199. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 6 388
FIGURA 200. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 6 389
FIGURA 201. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO MENDARCO 390
FIGURA 202. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO MENDARCO 391
FIGURA 203. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 5 392

FIGURA 204. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 5 393
FIGURA 205. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA LINDOSA 394
FIGURA 206. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA LINDOSA 395
FIGURA 207. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 4 396
FIGURA 208. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 4 397
FIGURA 209. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SIQUILA 398
FIGURA 210. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SIQUILA 399
FIGURA 211. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 3 400
FIGURA 212. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 3 401
FIGURA 213. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO HEREJE 402
FIGURA 214. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO HEREJE 403
FIGURA 215. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 2 404
FIGURA 216. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 2 405
FIGURA 217. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO CANDELARIO 406
FIGURA 218. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO CANDELARIO 407
FIGURA 219. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 1 408
FIGURA 220. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 1 409
FIGURA 221. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA GUANI 410
FIGURA 222. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA GUANI 411
FIGURA 223. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 13 412
FIGURA 224. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 13 413
FIGURA 225. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA NEME 414
FIGURA 226. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA NEME 415
FIGURA 227. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 12 416
FIGURA 228. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 12 417
FIGURA 229. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA TULUNI 418

FIGURA 230. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA TULUNI 419
FIGURA 231. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 11 420
FIGURA 232. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 11 421
FIGURA 233. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA IRCO 422
FIGURA 234. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA IRCO 423
FIGURA 235. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 10 424
FIGURA 236. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 10 425
FIGURA 237. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO AMBEIMA 426
FIGURA 238. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO AMBEIMA 427
FIGURA 239. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 9 428
FIGURA 240. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 9 429
FIGURA 241. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA GRANDE 430
FIGURA 242. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA GRANDE 431
FIGURA 243. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 8 432
FIGURA 244. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 8 433
FIGURA 245. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA SAN JORGE 434
FIGURA 246. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA SAN JORGE 435
FIGURA 247. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 7 436
FIGURA 248. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 7 437
FIGURA 249. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO NEGRO AMOYÁ 438
FIGURA 250. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO NEGRO AMOYÁ 439
FIGURA 251. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 6 440
FIGURA 252. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 6 441
FIGURA 253. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO DAVIS 442
FIGURA 254. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO DAVIS 443
FIGURA 255. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 5 444

FIGURA 256. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 5 445
FIGURA 257. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA SAN JOSÉ 446
FIGURA 258. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA SAN JOSÉ 447
FIGURA 259. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 4 448
FIGURA 260. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 4 449
FIGURA 261. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA RIVERA 450
FIGURA 262. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA RIVERA 451
FIGURA 263. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 3 452
FIGURA 264. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 3 453
FIGURA 265. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA NIEVES 454
FIGURA 266. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA NIEVES 455
FIGURA 267. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 2 456
FIGURA 268. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 2 457
FIGURA 269. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA MORALES 458
FIGURA 270. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA MORALES 459
FIGURA 271. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 1 460
FIGURA 272. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO AMOYÁ 1 461
FIGURA 273. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHÚ 11 462
FIGURA 274. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHÚ 11 463
FIGURA 275. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO BLANCO 464
FIGURA 276. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO BLANCO 465
FIGURA 277. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHÚ 10 466
FIGURA 278. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHÚ 10 467
FIGURA 279. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA TOLIMA 468
FIGURA 280. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA TOLIMA 469
FIGURA 281. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO QUEBRADA 470

FIGURA 282. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO QUEBRADA 471
FIGURA 283. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHÚ 9 472
FIGURA 284. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHÚ 9 473
FIGURA 285. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA SAN MATEO 474
FIGURA 286. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA SAN MATEO 475
FIGURA 287. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHÚ 8 476
FIGURA 288. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHÚ 8 477
FIGURA 289. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA ILUSIÓN 478
FIGURA 290. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA ILUSIÓN 479
FIGURA 291. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHÚ 7 480
FIGURA 292. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHÚ 7 481
FIGURA 293. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO VERDE 482
FIGURA 294. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO VERDE 483
FIGURA 295. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHÚ 6 484
FIGURA 296. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHÚ 6 485
FIGURA 297. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO NEGRO ANAMICHÚ 486
FIGURA 298. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO NEGRO ANAMICHÚ 487
FIGURA 299. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHÚ 5 488
FIGURA 300. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHÚ 5 489
FIGURA 301. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA YARUMAL 490
FIGURA 302. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA YARUMAL 491
FIGURA 303. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHÚ 4 492
FIGURA 304. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHÚ 4 493
FIGURA 305. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA CATALINA 494
FIGURA 306. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA CATALINA 495
FIGURA 307. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHÚ 3 496

FIGURA 308. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHÚ 3 497
FIGURA 309. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SAN JOSE 498
FIGURA 310. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SAN JOSÉ 499
FIGURA 311. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHÚ 2 500
FIGURA 312. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHÚ 2 501
FIGURA 313. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA AHOGADO 502
FIGURA 314. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA AHOGADO 503
FIGURA 315. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHÚ 1 504
FIGURA 316. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHÚ 1 505
FIGURA 317. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO CAMBRÍN 2 506
FIGURA 318. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO CAMBRÍN 2 507
FIGURA 319. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO NEGRO CAMBRÍN 508
FIGURA 320. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO NEGRO CAMBRÍN 509
FIGURA 321. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO CAMBRÍN 1 510
FIGURA 322. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO CAMBRÍN 1 511
FIGURA 323. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA VIRGEN 512
FIGURA 324. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA VIRGEN 513
FIGURA 325. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA BOSQUE 514
FIGURA 326. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA BOSQUE 515
FIGURA 327. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ATÁ 8 516
FIGURA 328. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ATÁ 8 517
FIGURA 329. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA BARRANCA 518
FIGURA 330. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA BARRANCA 519
FIGURA 331. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ATÁ 7 520
FIGURA 332. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ATÁ 7 521
FIGURA 333. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA PAUJIL 522

FIGURA 334. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA PAUJIL 523
FIGURA 335. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ATÁ 6 524
FIGURA 336. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ATÁ 6 525
FIGURA 337. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA MONTALVO 526
FIGURA 338. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA MONTALVO 527
FIGURA 339. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ATÁ 5 528
FIGURA 340. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ATÁ 5 529
FIGURA 341. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO CLARO 530
FIGURA 342. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO CLARO 531
FIGURA 343. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ATÁ 4 532
FIGURA 344. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ATÁ 4 533
FIGURA 345. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA QUEBRADON 534
FIGURA 346. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD QUEBRADA QUEBRADON 535
FIGURA 347. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ATÁ 3 536
FIGURA 348. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ATÁ 3 537
FIGURA 349. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SAN MIGUEL 538
FIGURA 350. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO SAN MIGUEL 539
FIGURA 351. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ATÁ 2 540
FIGURA 352. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ATÁ 2 541
FIGURA 353. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO TAMARA 542
FIGURA 354. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO TAMARA 543
FIGURA 355. RENDIMIENTO HÍDRICO DE AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ATÁ 1 544
FIGURA 356. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL Y ESCORRENTÍA MENSUAL PARA AÑO MEDIO, HÚMEDO Y SECO EN LA UNIDAD RIO ATÁ 1 545
FIGURA 357. REGIONES DE MONITOREO DEL NIÑO. FUENTE: (POST ET AL., 2015) 548
FIGURA 358. COMPORTAMIENTO DEL ONI 3.4 PERIODO 1950-2021 A PARTIR DEL REPORTE DE NOAA (2021). 549
FIGURA 359. ESTACIONES QUE MONITOREAN PRECIPITACIÓN Y ÁREAS DE THIESSEN 550
FIGURA 360. ESTACIONES QUE REPORTAN TEMPERATURA Y POLÍGONOS DE THIESSEN 551

FIGURA 361. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO PATA 8. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 555
FIGURA 362. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA CANOAS. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 556
FIGURA 363. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO PATA 7. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 557
FIGURA 364. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA SALITRE. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 558
FIGURA 365. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO PATA 6. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 559
FIGURA 366. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA VIEJA. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 560
FIGURA 367. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO PATA 5. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 561
FIGURA 368. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA TAMBILLA. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 562
FIGURA 369. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO PATA 4. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 563
FIGURA 370. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA CHILIRCO. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 564
FIGURA 371. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO PATA 3. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 565
FIGURA 372. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA BUENOS AIRES. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 566
FIGURA 373. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO PATA 2. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 567

FIGURA 374. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA SAN PABLO. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS 568
FIGURA 375. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO PATA 1. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 569
FIGURA 376. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO CHENCHE 6. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 570
FIGURA 377. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA CABUYAL. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 571
FIGURA 378. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO CHENCHE 5. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 572
FIGURA 379. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA CARMEN. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 573
FIGURA 380. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO CHENCHE 4. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 574
FIGURA 381. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA SOCORRO. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 575
FIGURA 382. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO CHENCHE 3. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 576
FIGURA 383. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA ZARAGOZA. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 577
FIGURA 384. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO CHENCHE 2. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 578
FIGURA 385. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA ZANJA HONDA. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 579
FIGURA 386. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO CHENCHE 1. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 580

FIGURA 387. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO HILARCO. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 581
FIGURA 388. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA GUAGUARCO 3. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 582
FIGURA 389. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA BALOCA GRANDE. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 583
FIGURA 390. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA GUAGUARCO 2. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 584
FIGURA 391. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA TOTARCO. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 585
FIGURA 392. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA GUAGUARCO 1. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 586
FIGURA 393. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO ANCHIQUE 3. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 587
FIGURA 394. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA NATARROCO. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 588
FIGURA 395. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO ANCHIQUE 2. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 589
FIGURA 396. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA CHOCHO. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 590
FIGURA 397. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO ANCHIQUE 1. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 591
FIGURA 398. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA YACO. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 592
FIGURA 399. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 21. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 593

FIGURA 400. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA LEMAYA. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 594
FIGURA 401. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 20. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 595
FIGURA 402. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA CHICORA. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 596
FIGURA 403. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 19. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 597
FIGURA 404. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA PEDREGOSA. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 598
FIGURA 405. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 18. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 599
FIGURA 406. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 17. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 600
FIGURA 407. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 16. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 601
FIGURA 408. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 15. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 602
FIGURA 409. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 14. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 603
FIGURA 410. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA AICO. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 604
FIGURA 411. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 13. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 605
FIGURA 412. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA MECHE. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 606

FIGURA 413. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 12. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 607
FIGURA 414. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 11. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 608
FIGURA 415. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA OLINI. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 609
FIGURA 416. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 10. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 610
FIGURA 417. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 9. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 611
FIGURA 418. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA PAIPA. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 612
FIGURA 419. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 8. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 613
FIGURA 420. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA GUANABANO. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 614
FIGURA 421. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 7. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 615
FIGURA 422. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA POLE. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 616
FIGURA 423. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 6. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 617
FIGURA 424. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO MENDARCO. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 618
FIGURA 425. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 5. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 619

FIGURA 426. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA LINDOSA. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 620
FIGURA 427. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 4. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 621
FIGURA 428. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO SIQUILA. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 622
FIGURA 429. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 3. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 623
FIGURA 430. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO HEREJE. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 624
FIGURA 431. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 2. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 625
FIGURA 432. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO CANDELARIO. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 626
FIGURA 433. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO SALDAÑA 1. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 627
FIGURA 434. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA GUANI. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 628
FIGURA 435. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO AMOYA 13. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 629
FIGURA 436. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA NEME. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 630
FIGURA 437. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO AMOYA 12. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 631
FIGURA 438. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA TULINI. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 632

FIGURA 439. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO AMOYA 11. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 633
FIGURA 440. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA IRCO. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 634
FIGURA 441. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO AMOYA 10. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 635
FIGURA 442. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO AMBEIMA. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 636
FIGURA 443. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO AMOYA 9. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 637
FIGURA 444. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA GRANDE. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 638
FIGURA 445. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO AMOYA 8. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 639
FIGURA 446. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA SAN JORGE. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 640
FIGURA 447. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO AMOYA 7. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 641
FIGURA 448. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO NEGRO AMOYA. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 642
FIGURA 449. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO AMOYA 6. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 643
FIGURA 450. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO DAVIS. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 644
FIGURA 451. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO AMOYA 5. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 645

FIGURA 452. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA SAN JOSE. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 646
FIGURA 453. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO AMOYA 4. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 647
FIGURA 454. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA RIVERA. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 648
FIGURA 455. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO AMOYA 3. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 649
FIGURA 456. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA NIEVES. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 650
FIGURA 457. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO AMOYA 2. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 651
FIGURA 458. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA MORALES. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 652
FIGURA 459. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO AMOYA 1. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 653
FIGURA 460. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHU 11. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 654
FIGURA 461. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO BLANCO. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 655
FIGURA 462. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHU 10. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 656
FIGURA 463. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA TOLIMA. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 657
FIGURA 464. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO QUEBRADA. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 658

FIGURA 465. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHU 9. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 659
FIGURA 466. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA SAN MATEO. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 660
FIGURA 467. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHU 8. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 661
FIGURA 468. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA ILUSION. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 662
FIGURA 469. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHU 7. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 663
FIGURA 470. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO VERDE. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 664
FIGURA 471. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHU 6. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 665
FIGURA 472. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO NEGRO ANAMICHU. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 666
FIGURA 473. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHU 5. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 667
FIGURA 474. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA YARUMAL. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 668
FIGURA 475. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHU 4. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 669
FIGURA 476. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA CATALINA. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 670
FIGURA 477. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHU 3. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 671

FIGURA 478. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO SAN JOSE. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 672
FIGURA 479. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHU 2. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 673
FIGURA 480. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA AHOGADO. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 674
FIGURA 481. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO ANAMICHU 1. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 675
FIGURA 482. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO CAMBRIN 2. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 676
FIGURA 483. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO NEGRO CAMBRIN. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 677
FIGURA 484. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO CAMBRIN 1. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 678
FIGURA 485. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA VIRGEN. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 679
FIGURA 486. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA BOSQUE. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 680
FIGURA 487. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO ATA 8. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 681
FIGURA 488. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA BARRANCA. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 682
FIGURA 489. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO ATA 7. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 683
FIGURA 490. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA PAUJIL. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 684

FIGURA 491. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO ATA 6. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 685
FIGURA 492. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA MONTALVO. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 686
FIGURA 493. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO ATA 5. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 687
FIGURA 494. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO CLARO. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 688
FIGURA 495. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO ATA 4. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 689
FIGURA 496. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD QUEBRADA QUEBRADON. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 690
FIGURA 497. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO ATA 3. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 691
FIGURA 498. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO SAN MIGUEL. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 692
FIGURA 499. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO ATA 2. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 693
FIGURA 500. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO TAMARA. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 694
FIGURA 501. DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DIARIOS SIMULADOS PARA LA SERIE HISTÓRICA, AÑO SECO Y ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA UNIDAD RIO ATA 1. IZQUIERDA: CURVAS DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOS. DERECHA: DIAGRAMAS DE CAJAS Y BIGOTES DE CAUDALES DIARIOS. 695
FIGURA 502. CONCEPTOS BÁSICOS PARA DEFINIR LA DEMANDA HÍDRICA A NIVEL REGIONAL. FUENTE: (IDEAM, 2013) 709
FIGURA 503. PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN DE DEMANDA DE AGUA EN LAS REGIONES. FUENTE: (IDEAM, 2013). 711
FIGURA 504. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO PARA LA ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA, SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA POR TIPO DE USO Y UNIDAD HIDROGRÁFICA 713
FIGURA 505. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO PARA EL CÁLCULO DE LA DEMANDA HÍDRICA DEL CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO ... 714
FIGURA 506. MODELAMIENTO ESPACIAL PARA LA DEMANDA HÍDRICA. FUENTE: IDEAM (2013) 720

FIGURA 507. ESTADO DE LOS PLANES DE ORDENACIÓN Y MANEJO (POMCAS) DE LAS SUBZONAS HIDROGRÁFICAS OBJETO DE ESTUDIO 722
FIGURA 508. LOCALIZACIÓN DEL CULTIVO DE CAFÉ EN LA CUENCA DEL RÍO MENDARCO DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA ALTO SALDAÑA. FUENTE: POMCA RÍO ALTO SALDAÑA – RÍO MENDARCO (2009) 725
FIGURA 509. LOCALIZACIÓN DEL CULTIVO DE CAFÉ EN LA CUENCA DEL RÍO ANAMICHÚ. FUENTE: POMCA RÍO ANAMICHÚ (2009). 732
FIGURA 510. DISTRIBUCIÓN DE LAS CONCESIONES HÍDRICAS SUBTERRÁNEAS POR MUNICIPIO 750
FIGURA 511. LOCALIZACIÓN DEL ACUÍFERO SUR DEL TOLIMA. FUENTE: PROAGUA (2018) 751
FIGURA 512. ESTADO DE LA INFORMACIÓN DE CAUDAL REPORTADA 759
FIGURA 513. ESTADO INFORMACIÓN REPORTADA USO DEL AGUA 760
FIGURA 514. ESTADO INFORMACIÓN FUENTE HÍDRICA DE ABASTECIMIENTO 761
FIGURA 515. ESTADO INFORMACIÓN GEORREFERENCIACIÓN DEL PUNTO DE CAPTACIÓN 761
FIGURA 516. DEMANDA HÍDRICA CONCESIONADA PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ALTO SALDAÑA 764
FIGURA 517. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA DEMANDA HÍDRICA CONCESIONADA POR TIPO DE USO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CAMBRÍN 765
FIGURA 518. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA DEMANDA HÍDRICA POR TIPO DE USO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ 766
FIGURA 519. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA DEMANDA HÍDRICA POR TIPO DE USO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ATÁ 767
FIGURA 520. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA DEMANDA HÍDRICA POR TIPO DE USO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA 768
FIGURA 521. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA DEMANDA HÍDRICA CONCESIONADA POR TIPO DE USO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ 769
FIGURA 522. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA DEMANDA HÍDRICA CONCESIONADA POR TIPO DE USO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BAJO SALDAÑA 770
FIGURA 523. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA DEMANDA HÍDRICA CONCESIONADA POR TIPO DE USO, DE ACUERDO CON CORTOLIMA, PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ 771
FIGURA 524. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA DEMANDA HÍDRICA CONCESIONADA POR TIPO DE USO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANCHIQUE 772
FIGURA 525. DISTRIBUCIÓN DE LOS PROYECTOS LICENCIADOS POR LA ANLA EN EL ÁREA DE ESTUDIO 775
FIGURA 526. DISTRIBUCIÓN DE LOS PERMISOS DE CAPTACIÓN OTORGADOS POR LA ANLA EN EL ÁREA DE ESTUDIO 777
FIGURA 527. CAMBIOS REGISTRADOS EN EL CAUDAL CONCESIONADO 779
FIGURA 528. CAMBIOS REGISTRADOS EN EL USO DE AGUA ASIGNADO 779
FIGURA 529. CAMBIOS REGISTRADOS EN LA FUENTE HÍDRICA DE ABASTECIMIENTO 780
FIGURA 530. CAMBIOS REGISTRADOS EN LA GEORREFERENCIACIÓN DEL PUNTO DE CAPTACIÓN 780
FIGURA 531. UNIDADES HIDROLÓGICAS DE ANÁLISIS (UHA) DEFINIDAS PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ATÁ 782
FIGURA 532. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA TOTAL EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ATÁ 784
FIGURA 533. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA PARA USO AGRÍCOLA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ATÁ 786
FIGURA 534. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ATÁ 788
FIGURA 535. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA PARA USO INDUSTRIAL EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ATÁ 789
FIGURA 536. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA PARA USO PECUARIO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ATÁ 791

FIGURA 537. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA PARA USO PISCÍCOLA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ATÁ 792
FIGURA 538. UNIDADES HIDROLÓGICAS DE ANÁLISIS (UHA) DEFINIDAS PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ALTO SALDAÑA.... 794
FIGURA 539. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA TOTAL EN LA SZH DEL RÍO ALTO SALDAÑA 795
FIGURA 540. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA PARA USO AGRÍCOLA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ALTO SALDAÑA .. 797
FIGURA 541. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ALTO SALDAÑA 799
FIGURA 542. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA PARA USO INDUSTRIAL EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ALTO SALDAÑA 801
FIGURA 543. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA PARA USO PECUARIO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ALTO SALDAÑA .. 802
FIGURA 544. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA PARA USO PISCÍCOLA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ALTO SALDAÑA .. 803
FIGURA 545. UNIDADES HIDROLÓGICAS DE ANÁLISIS (UHA) DEFINIDAS PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ 806
FIGURA 546. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA TOTAL EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ 807
FIGURA 547. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA PARA USO AGRÍCOLA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ..... 808
FIGURA 548. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ 810
FIGURA 549. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA PARA USO PECUARIO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ..... 811
FIGURA 550. UNIDADES HIDROLÓGICAS DE ANÁLISIS (UHA) DEFINIDAS PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ 813
FIGURA 551. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA TOTAL EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ 814
FIGURA 552. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA PARA USO AGRÍCOLA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ..... 816
FIGURA 553. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ..... 817
FIGURA 554. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA PARA USO PECUARIO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ..... 819
FIGURA 555. UNIDADES HIDROLÓGICAS DE ANÁLISIS (UHA) DEFINIDAS PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA . 821
FIGURA 556. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA TOTAL EN LA SZH MEDIO SALDAÑA..... 822
FIGURA 557. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA PARA USO AGRÍCOLA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA 824
FIGURA 558. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA..... 826
FIGURA 559. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA PARA GENERACIÓN DE ENERGÍA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA 827
FIGURA 560. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA PARA USO INDUSTRIAL EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA 829
FIGURA 561. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA PARA MINERÍA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA..... 830
FIGURA 562. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA PARA USO PECUARIO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA 832
FIGURA 563. UNIDADES HIDROLÓGICAS DE ANÁLISIS (UHA) DEFINIDAS PARA LA SZH DEL RÍO AMOYÁ 834
FIGURA 564. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA TOTAL EN LA SZH DEL RÍO AMOYÁ 836
FIGURA 565. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA PARA USO AGRÍCOLA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ 838
FIGURA 566. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ 841
FIGURA 567. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA PARA GENERACIÓN DE ENERGÍA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ 842
FIGURA 568. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA PARA USO INDUSTRIAL EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ 844

Figura 569. Distribución de la demanda hídrica para uso Pecuario en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá 846
Figura 570. Distribución de la demanda hídrica para uso Piscícola en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá 847
Figura 571. Distribución de la demanda hídrica para uso Recreativo en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá 849
Figura 572. Unidades Hidrológicas de Análisis (UHA) definidas para la Subzona Hidrográfica 851
Figura 573. Distribución de la demanda hídrica total en la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña 852
Figura 574. Distribución de la demanda hídrica para uso Agrícola en la SZH Bajo Saldaña..... 854
Figura 575. Distribución de la demanda hídrica para Consumo Humano y Doméstico en la SZH Bajo Saldaña..... 856
Figura 576. Distribución de la demanda hídrica para uso Industrial en la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña 857
Figura 577. Distribución de la demanda hídrica para Minería en la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña 859
Figura 578. Distribución de la demanda hídrica para uso Piscícola en la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña .. 860
Figura 579. Unidades Hidrológicas de Análisis (UHA) definidas para la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena..... 863
Figura 580. Distribución de la demanda hídrica total en la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena 864
Figura 581. Distribución de la demanda hídrica para uso Agrícola en la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena 866
Figura 582. Distribución de la demanda hídrica para Consumo Humano y Doméstico en la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena 868
Figura 583. Distribución de la demanda hídrica para uso Industrial en la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena..... 870
Figura 584. Distribución de la demanda hídrica para uso Pecuario en la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena 871
Figura 585. Distribución de la demanda hídrica para uso Piscícola en la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena 873
Figura 586. Evaluación de modelos de proyección de la demanda hídrica calculada del sector agrícola. Ejemplo: comportamiento de los modelos evaluados en el cultivo de plátano del municipio de Ataco..... 881
Figura 587. Ejemplo de la proyección de la demanda hídrica del cultivo de plátano del municipio de Ataco a través del modelo de mejor ajuste (aritmético). 881
Figura 588. Selección de modelos para proyección de la población. Ejemplo: proyección de la población de la cabecera municipal de Saldaña 886
Figura 589. Puntos de cierre para la determinación de cargar contaminantes por tramos en las unidades hidrográficas de análisis de la ERA fase 2 909
Figura 590. Áreas producción de café en las Subzonas hidrográficas, ERA FASE II. 915
Figura 591. Áreas mineras sin permisos ambientales en las unidades hidrográficas de análisis 920
Figura 592. Puntos para la determinación de cargas contaminantes y del IACAL para el río Alto Saldaña..... 922
Figura 593. Carga total aportada por sectores en el año 2020 para la cuenca del río Alto Saldaña 923
Figura 594. Puntos para la determinación de cargas contaminantes y del IACAL para el río Medio Saldaña 928
Figura 595. Carga total aportada por sectores en el año 2020 para la cuenca del río Medio Saldaña..... 929
Figura 596. Puntos para la determinación de cargas contaminantes y del IACAL para el río Bajo Saldaña..... 932
Figura 597. Carga total aportada por sectores en el año 2020 para la cuenca del Bajo Saldaña..... 933

FIGURA 598. PUNTOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CARGAS CONTAMINANTES Y DEL IACAL PARA EL RÍO AMOYÁ 937
FIGURA 599. CARGA TOTAL APORTADA POR SECTORES EN EL AÑO 2020 PARA LA CUENCA DEL RÍO AMOYÁ 938
FIGURA 600. PUNTOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CARGAS CONTAMINANTES Y DEL IACAL PARA EL RÍO ANAMICHÚ 943
FIGURA 601. CARGA TOTAL APORTADA POR SECTORES EN EL AÑO 2020 PARA LA CUENCA DEL RÍO ANAMICHÚ 944
FIGURA 602. PUNTOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CARGAS CONTAMINANTES Y DEL IACAL PARA EL RÍO CAMBRÍN 949
FIGURA 603. CARGA TOTAL APORTADA POR SECTORES EN EL AÑO 2020 PARA LA CUENCA DEL RÍO CAMBRÍN. 950
FIGURA 604. PUNTOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CARGAS CONTAMINANTES Y DEL IACAL PARA EL RÍO ATÁ 952
FIGURA 605. CARGA TOTAL APORTADA POR SECTORES EN EL AÑO 2020 PARA LA CUENCA DEL RÍO ATÁ 953
FIGURA 606. PUNTOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CARGAS CONTAMINANTES Y DEL IACAL PARA EL RÍO ANCHIQUE, CHENCHE Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA 959
FIGURA 607. CARGA TOTAL APORTADA POR SECTORES EN EL AÑO 2020 PARA LA CUENCA DEL RÍO CHENCHE 961
FIGURA 608. CARGA TOTAL APORTADA POR SECTORES EN EL AÑO 2020 PARA LA QUEBRADA NATURCO 963
FIGURA 609. CARGA TOTAL APORTADA POR SECTORES EN EL AÑO 2020 PARA LA QUEBRADA GUAGUARCO 964
FIGURA 610. CARGA TOTAL APORTADA POR SECTORES EN EL AÑO 2020 PARA LA QUEBRADA YACO 965
FIGURA 611. PUNTOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CARGAS CONTAMINANTES Y DEL IACAL PARA EL RÍO PATÁ 968
FIGURA 612. CARGA TOTAL APORTADA POR SECTORES EN EL AÑO 2020 PARA LA CUENCA DEL RÍO PATÁ 969
FIGURA 613. MODELO CONCEPTUAL PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LAS REGIONES. FUENTE: IDEAM. LINEAMIENTOS CONCEPTUALES Y METODOLÓGICOS PARA LAS ERA 971
FIGURA 614. PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL. FUENTE: IDEAM (2013). LINEAMIENTOS CONCEPTUALES Y METODOLÓGICOS PARA LAS ERA 973
FIGURA 615. UBICACIÓN DE LAS SUBZONAS HIDROGRÁFICAS OBJETO DE ESTUDIO 975
FIGURA 616. UBICACIÓN PUNTOS DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA EN LA ERA FASE II 980
FIGURA 617. UBICACIÓN PUNTOS DE MONITOREO SOBRE LA CUENCA DEL RÍO ALTO SALDAÑA 982
FIGURA 618. ESQUEMA DE UBICACIÓN PUNTOS DE MONITOREO SOBRE LA CUENCA DEL RÍO ALTO SALDAÑA 982
FIGURA 619. UBICACIÓN PUNTOS DE MONITOREO SOBRE LA CUENCA DEL RÍO AMOYÁ 984
FIGURA 620 ESQUEMA DE UBICACIÓN PUNTOS DE MONITOREO SOBRE LA CUENCA DEL RÍO AMOYÁ 984
FIGURA 621. UBICACIÓN PUNTOS DE MONITOREO SOBRE LA CUENCA DEL RÍO ANAMICHÚ 986
FIGURA 622. DIAGRAMA DE UBICACIÓN PUNTOS DE MONITOREO SOBRE LA CUENCA DEL RÍO ANAMICHÚ 986
FIGURA 623. UBICACIÓN PUNTOS DE MONITOREO SOBRE LA CUENCA DE LOS RÍOS ANCHIQUE, CHENCHE Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA 989
FIGURA 624. ESQUEMA DE UBICACIÓN PUNTOS DE MONITOREO SOBRE LA CUENCA DE LOS RÍOS ANCHIQUE, CHENCHE Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA. 989
FIGURA 625. UBICACIÓN PUNTOS DE MONITOREO SOBRE LA CUENCA DEL RÍO ATÁ 991
FIGURA 626. DIAGRAMA DE UBICACIÓN PUNTOS DE MONITOREO SOBRE LA CUENCA DEL RÍO ATÁ 991
FIGURA 627. UBICACIÓN PUNTOS DE MONITOREO SOBRE LA CUENCA DEL RÍO BAJO SALDAÑA. 993
FIGURA 628. DIAGRAMA DE UBICACIÓN PUNTOS DE MONITOREO SOBRE LA CUENCA DEL RÍO BAJO SALDAÑA. 994
FIGURA 629. UBICACIÓN PUNTOS DE MONITOREO SOBRE LA CUENCA DEL RÍO CAMBRIN. 995
FIGURA 630. DIAGRAMA DE UBICACIÓN PUNTOS DE MONITOREO SOBRE LA CUENCA DEL RÍO CAMBRIN. 995
FIGURA 631. UBICACIÓN PUNTOS DE MONITOREO SOBRE LA CUENCA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA 997
FIGURA 632. DIAGRAMA DE UBICACIÓN PUNTOS DE MONITOREO SOBRE LA CUENCA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA 997

FIGURA 633. UBICACIÓN PUNTOS DE MONITOREO SOBRE LA CUENCA DEL RÍO PATÁ 999
FIGURA 634. DIAGRAMA DE UBICACIÓN PUNTOS DE MONITOREO SOBRE LA CUENCA DEL RÍO PATÁ 999
FIGURA 635. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL (ICA) PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ALTO SALDAÑA. 1014
FIGURA 636. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL (ICA) PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ. 1016
FIGURA 637. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL (ICA) PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ. 1018
FIGURA 638. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL (ICA) PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DE LOS RÍOS ANCHIQUE, CHENCHE Y DIRECTOS AL MAGDALENA. 1020
FIGURA 639. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL (ICA) PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ATÁ 1023
FIGURA 640. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL (ICA) PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BAJO SALDAÑA. 1025
FIGURA 641. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL (ICA) PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CAMBRÍN 1027
FIGURA 642. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL (ICA) PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA 1029
FIGURA 643. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL (ICA) PARA LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ 1030
FIGURA 644. *IACAL OHT AÑO SECO Y META EN CARGA (E1SECO) PARA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO PATÁ* 1033
FIGURA 645. *IACAL OHT AÑO SECO Y CARGA APORTADA (E2SECO) PARA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO PATÁ* 1033
FIGURA 646. *IACAL OHT AÑO MEDIO Y META EN CARGA (E1MEDIO) PARA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO PATÁ* 1034
FIGURA 647. *IACAL OHT AÑO MEDIO Y CARGA APORTADA (E2MEDIO) PARA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO PATÁ* 1034
FIGURA 648. *IACAL OHT AÑO SECO Y META EN CARGA (E1SECO) EN* LA SZH DEL RÍO CHENCHE, ANCHIQUE Y *DRENAJES DIRECTOS AL MAGDALENA* 1037
FIGURA 649. *IACAL OHT AÑO SECO Y CARGA APORTADA (E2SECO) EN* LA SZH DEL RÍO CHENCHE, ANCHIQUE Y *DRENAJES DIRECTOS AL MAGDALENA* 1037
FIGURA 650. *IACAL OHT AÑO MEDIO Y META EN CARGA (E1MEDIO) EN* LA SZH DEL RÍO CHENCHE, ANCHIQUE Y *DRENAJES DIRECTOS AL MAGDALENA* 1038
FIGURA 651. *IACAL OHT AÑO MEDIO Y CARGA APORTADA (E2MEDIO) EN* LA SZH DEL RÍO CHENCHE, ANCHIQUE Y *DRENAJES DIRECTOS AL MAGDALENA* 1038
FIGURA 652. *IACAL OHT AÑO SECO Y META EN CARGA (E1SECO) PARA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO BAJO SALDAÑA* 1040
FIGURA 653. *IACAL OHT AÑO SECO Y CARGA APORTADA (E2SECO) PARA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO BAJO SALDAÑA* 1040
FIGURA 654. *IACAL OHT AÑO MEDIO Y META EN CARGA (E1MEDIO) PARA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO BAJO SALDAÑA* 1041
FIGURA 655. *IACAL OHT AÑO MEDIO Y CARGA APORTADA (E2MEDIO) PARA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO BAJO SALDAÑA* ... 1041
FIGURA 656. *IACAL OHT AÑO SECO Y META EN CARGA (E1SECO) PARA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO MEDIO SALDAÑA* 1043
FIGURA 657. *IACAL OHT AÑO SECO Y CARGA APORTADA (E2SECO) PARA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO MEDIO SALDAÑA* 1043
FIGURA 658. *IACAL OHT AÑO MEDIO Y META EN CARGA (E1MEDIO) PARA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO MEDIO SALDAÑA* ... 1044
FIGURA 659. *IACAL OHT AÑO MEDIO Y CARGA APORTADA (E2MEDIO) PARA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO MEDIO SALDAÑA* 1044
FIGURA 660. *IACAL OHT AÑO SECO Y META EN CARGA (E1SECO) PARA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO ALTO SALDAÑA* 1046
FIGURA 661. *IACAL OHT AÑO SECO Y CARGA APORTADA (E2SECO) PARA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO ALTO SALDAÑA* 1046
FIGURA 662. *IACAL OHT AÑO MEDIO Y META EN CARGA (E1MEDIO) PARA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO ALTO SALDAÑA* 1047
FIGURA 663. *IACAL OHT AÑO MEDIO Y CARGA APORTADA (E2MEDIO) PARA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO ALTO SALDAÑA* ... 1047
FIGURA 664. IACAL OHT AÑO SECO Y META EN CARGA (E1SECO) PARA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO AMOYÁ 1049
FIGURA 665. *IACAL OHT AÑO SECO Y CARGA APORTADA (E2SECO) PARA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO AMOYÁ* 1049
FIGURA 666. *IACAL OHT AÑO MEDIO Y META EN CARGA (E1MEDIO) PARA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO AMOYÁ* 1050
FIGURA 667. *IACAL OHT AÑO MEDIO Y CARGA APORTADA (E2MEDIO) PARA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO AMOYÁ* 1050

Figura 668. IACAL OHT Año Seco y meta en carga (E1SECO) para subzona hidrográfica del Rio Anamichú 1052
Figura 669. IACAL OHT Año Seco y carga aportada (E2SECO) para subzona hidrográfica del Rio Anamichú 1052
Figura 670. IACAL OHT Año Medio y meta en carga (E1MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Anamichú 1053
Figura 671. IACAL OHT Año Medio y carga aportada (E2MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Anamichú 1053
Figura 672. IACAL OHT Año Seco y meta en carga (E1SECO) para subzona hidrográfica del Rio Cambrín 1055
Figura 673. IACAL OHT Año Seco y carga aportada (E2SECO) para subzona hidrográfica del Rio Cambrín 1055
Figura 674. IACAL OHT Año Medio y meta en carga (E1MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Cambrín 1056
Figura 675. IACAL OHT Año Medio y carga aportada (E2MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Cambrín 1056
Figura 676. IACAL OHT Año Seco y meta en carga (E1SECO) para subzona hidrográfica del Rio Atá 1058
Figura 677. IACAL OHT Año Seco y carga aportada (E2SECO) para subzona hidrográfica del Rio Atá 1059
Figura 678. IACAL OHT Año Medio y meta en carga (E1MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Atá 1059
Figura 679. IACAL OHT Año Medio y carga aportada (E2MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Atá 1060
Figura 680. Ubicación de las estaciones de muestreo para el monitoreo hidrobiológico en las subzonas hidrográficas de los ríos alto Saldaña, Cambrín, Anamichú, Amoyá, Atá, Medio Saldaña, Bajo Saldaña, Anchique y Patá. 1071
Figura 681. Proceso de colecta y fijación del perifiton. 1074
Figura 682. Método de colecta de macroinvertebrados acuáticos 1078
Figura 683. Método de electropesca para fauna Íctica. 1081
Figura 684. Curva de acumulación de la comunidad perifítica en la subzona hidrográfica del Río Alto Saldaña..... 1083
Figura 685. Densidad relativa de los géneros más abundantes colectados en la subzona hidrográfica del Río Alto Saldaña. 1085
Figura 686. Densidad relativa por estaciones de la subzona hidrográfica Río Alto Saldaña. 1085
Figura 687. Diversidad Alfa en las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Alto Saldaña. 0=Riqueza especifica, 1= Exponente de Shannon y 2= Inverso de Simpson..... 1086
Figura 688. Diagrama de ordenación NMDS para las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Alto Saldaña 1087
Figura 689. Análisis de Correspondencia Canónica para las variables fisicoquímicas y la abundancia de los taxones de la comunidad perifítica registradas en la subzona hidrográfica del Río Alto Saldaña..... 1088
Figura 690. Curva de acumulación de Macroinvertebrados acuáticos colectados en la Subzona hidrológica del río Alto Saldaña. 1090
Figura 691. Abundancia relativa de los géneros más abundantes colectados en la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña. 1092
Figura 692. Abundancia relativa por estaciones de la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña. 1093
Figura 693. Diversidad Alfa en las estaciones de la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña. 1096
Figura 694. Diagrama de ordenación NMDS para las estaciones de la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña. ... 1097
Figura 695. Análisis de Correspondencia Canónica para las variables fisicoquímicas y la abundancia de los taxones de macroinvertebrados acuáticos registrados en la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña..... 1098
Figura 696. Distribución de los gremios tróficos de macroinvertebrados acuáticos de la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña. 1100
Figura 697. Curva de acumulación de especies ícticas en las estaciones de la subzona hidrográfica río Alto Saldaña. 1101
Figura 698. Abundancia relativa por estaciones de la SZH Alto Saldaña. 1103
Figura 699. Abundancia relativa por especies de la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña. 1103

FIGURA 700. DIVERSIDAD ALFA EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ALTO SALDAÑA. 1104
FIGURA 701. DIAGRAMA DE ORDENACIÓN NMDS PARA LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ALTO SALDAÑA. ... 1105
FIGURA 702. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA PARA LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS Y LA ABUNDANCIA DE PECES REGISTRADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO ALTO SALDAÑA. TEMPERATURA (T), ANCHO (A), PROFUNDIDAD (P), CAUDAL (C), PH, OXÍGENO DISUELTO (O), CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE). 1106
FIGURA 703. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE TALLA DE LAS ESPECIES DOMINANTES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ALTO SALDAÑA. 1107
FIGURA 704. RELACIÓN LONGITUD – PESO DE LAS ESPECIES DOMINANTES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ALTO SALDAÑA. ... 1108
FIGURA 705. FRECUENCIA RELATIVA DE LOS EMS PARA HEMBRAS Y MACHOS DE LAS ESPECIES ANALIZADAS. I=INMADURO, II=MADURANDO, III= MADURO, IV EN REPOSO DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ALTO SALDAÑA. 1109
FIGURA 706. ESPECTRO TRÓFICO DE ASTROBLEPUS GRIXALVII, TRICRHOMYCTERUS BANNEAUI Y CREAGRUTUS MAGDALENAE DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL ALTO SALDAÑA. 1110
FIGURA 707. CURVA DE ACUMULACIÓN DE LA COMUNIDAD PERIFÍTICA EN LA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CAMBRIN. 1113
FIGURA 708. DENSIDAD RELATIVA DE LOS GÉNEROS MÁS ABUNDANTES COLECTADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CAMBRIN. 1114
FIGURA 709. DENSIDAD RELATIVA POR ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA RÍO CAMBRIN. 1115
FIGURA 710. DIVERSIDAD ALFA EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CAMBRIN. 0=RIQUEZA ESPECIFICA, 1= EXPONENTE DE SHANNON Y 2= INVERSO DE SIMPSON..... 1116
FIGURA 711. DIAGRAMA DE ORDENACIÓN NMDS PARA LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CAMBRIN..... 1117
FIGURA 712. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA PARA LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS Y LA ABUNDANCIA DE LOS TAXONES DE LA COMUNIDAD PERIFÍTICA REGISTRADAS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CAMBRIN. 1118
FIGURA 713. CURVA DE ACUMULACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COLECTADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CAMBRÍN. 1120
FIGURA 714. ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS GÉNEROS MÁS ABUNDANTES COLECTADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CAMBRÍN. 1123
FIGURA 715. ABUNDANCIA RELATIVA POR ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CAMBRÍN. 1124
FIGURA 716. ABUNDANCIA RELATIVA POR MUESTREOS DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CAMBRÍN. 1126
FIGURA 717. DIVERSIDAD ALFA EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CAMBRÍN. 1129
FIGURA 718. DIAGRAMA DE ORDENACIÓN NMDS PARA LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CAMBRÍN. 1130
FIGURA 719. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA PARA LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS Y LA ABUNDANCIA DE LOS TAXONES DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS REGISTRADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CAMBRÍN..... 1131
FIGURA 720. DISTRIBUCIÓN DE LOS GREMIOS TRÓFICOS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CAMBRÍN. 1133
FIGURA 721. CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES ÍCTICAS EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA RÍO CAMBRIN. 1134
FIGURA 722. ABUNDANCIA RELATIVA A) POR ESTACIONES B) POR ESPECIES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CAMBRIN..... 1135
FIGURA 723. DIVERSIDAD ALFA EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CAMBRIN. 1136
FIGURA 724. DIAGRAMA DE ORDENACIÓN NMDS PARA LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CAMBRIN. 1137
FIGURA 725. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA PARA LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS Y LA ABUNDANCIA DE PECES REGISTRADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO BAJO SALDAÑA. TEMPERATURA (T), ANCHO (A), PROFUNDIDAD (P), CAUDAL (C), PH, OXÍGENO DISUELTO (O), CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE). 1138

FIGURA 726. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE TALLA DE LAS ESPECIES DOMINANTES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CAMBRÍN. 1140
FIGURA 727. RELACIÓN LONGITUD – PESO DE LAS ESPECIES DOMINANTES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CAMBRIN. 1141
FIGURA 728. FRECUENCIA RELATIVA DE LOS EMS PARA HEMBRAS Y MACHOS DE LAS ESPECIES ANALIZADAS. I=INMADURO, II=MADURANDO, III= MADURO, IV EN REPOSO DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CAMBRIN. 1142
FIGURA 729. ESPECTRO TRÓFICO DE ASTROBLEPUS GRIXALVII Y ASTROBLEPUS SP. DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CAMBRIN. 1143
FIGURA 730. CURVA DE ACUMULACIÓN DE LA COMUNIDAD PERIFÍTICA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ. 1145
FIGURA 731. DENSIDAD RELATIVA DE LOS GÉNEROS MÁS ABUNDANTES COLECTADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ. 1147
FIGURA 732. DENSIDAD RELATIVA POR ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA RÍO ANAMICHÚ. 1148
FIGURA 733. DIVERSIDAD ALFA EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ. 0=RIQUEZA ESPECIFICA, 1= EXPONENTE DE SHANNON Y 2= INVERSO DE SIMPSON 1149
FIGURA 734. DIAGRAMA DE ORDENACIÓN NMDS PARA LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ 1150
FIGURA 735. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA PARA LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS Y LA ABUNDANCIA DE LOS TAXONES DE LA COMUNIDAD PERIFÍTICA REGISTRADAS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ. 1151
FIGURA 736. CURVA DE ACUMULACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COLECTADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ. 1152
FIGURA 737. ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS GÉNEROS MÁS ABUNDANTES COLECTADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ. 1155
FIGURA 738. ABUNDANCIA RELATIVA POR ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ. 1156
FIGURA 739. DIVERSIDAD ALFA EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ. 1158
FIGURA 740. DIAGRAMA DE ORDENACIÓN NMDS PARA LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ. 1159
FIGURA 741. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA PARA LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS Y LA ABUNDANCIA DE LOS TAXONES DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS REGISTRADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO ANAMICHÚ. 1160
FIGURA 742. DISTRIBUCIÓN DE LOS GREMIOS TRÓFICOS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ. 1162
FIGURA 743. CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES ÍCTICAS EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA RÍO ANAMICHÚ. 1163
FIGURA 744. ABUNDANCIA RELATIVA POR ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ. 1165
FIGURA 745. ABUNDANCIA RELATIVA POR ESPECIES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ. 1165
FIGURA 746. DIVERSIDAD ALFA EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ 1166
FIGURA 747. DIAGRAMA DE ORDENACIÓN NMDS PARA LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ. 1167
FIGURA 748. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA PARA LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS Y LA ABUNDANCIA DE PECES REGISTRADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO ANAMICHÚ. TEMPERATURA (T), ANCHO (A), PROFUNDIDAD (P), CAUDAL (C), PH, OXÍGENO DISUELTO (O), CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE). 1168
FIGURA 749. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE TALLA DE LAS ESPECIES DOMINANTES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ. 1169
FIGURA 750. RELACIÓN LONGITUD – PESO DE LAS ESPECIES DOMINANTES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ. 1170
FIGURA 751. FRECUENCIA RELATIVA DE LOS EMS PARA HEMBRAS Y MACHOS DE LAS ESPECIES ANALIZADAS. I=INMADURO, II=MADURANDO, III= MADURO, IV EN REPOSO DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ. 1171

FIGURA 752. ESPECTRO TRÓFICO DE HEMIBRYCON SP.2, ASTROBLEPUS GRIXALVII, TRICHOMYCTERUS BANNEAUI DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANAMICHÚ..... 1172
FIGURA 753. CURVA DE ACUMULACIÓN DE LA COMUNIDAD PERIFÍTICA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ALTO AMOYÁ..... 1175
FIGURA 754. DENSIDAD RELATIVA DE LOS GÉNEROS MÁS ABUNDANTES COLECTADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ. 1176
FIGURA 755. DENSIDAD RELATIVA POR ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA RÍO AMOYÁ..... 1178
FIGURA 756. DIVERSIDAD ALFA EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ. 0=RIQUEZA ESPECIFICA, 1= EXPONENTE DE SHANNON Y 2= INVERSO DE SIMPSON..... 1179
FIGURA 757. DIAGRAMA DE ORDENACIÓN NMDS PARA LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ. 1180
FIGURA 758. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA PARA LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS Y LA ABUNDANCIA DE LOS TAXONES DE LA COMUNIDAD PERIFÍTICA REGISTRADAS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ. 1181
FIGURA 759. CURVA DE ACUMULACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COLECTADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ. 1183
FIGURA 760. ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS GÉNEROS MÁS ABUNDANTES COLECTADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ. 1185
FIGURA 761. ABUNDANCIA RELATIVA POR ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ. 1186
FIGURA 762. DIVERSIDAD ALFA EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ. 1189
FIGURA 763. DIAGRAMA DE ORDENACIÓN NMDS PARA LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ..... 1190
FIGURA 764. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA PARA LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS Y LA ABUNDANCIA DE LOS TAXONES DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS REGISTRADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO AMOYÁ. 1191
FIGURA 765. DISTRIBUCIÓN DE LOS GREMIOS TRÓFICOS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ. 1193
FIGURA 766. CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES ÍCTICAS EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA RIO AMOYÁ..... 1194
FIGURA 767. ABUNDANCIA RELATIVA POR ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ. 1196
FIGURA 768. ABUNDANCIA RELATIVA POR ESPECIES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ..... 1196
FIGURA 769. DIVERSIDAD ALFA EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ. 1198
FIGURA 770. DIAGRAMA DE ORDENACIÓN NMDS PARA LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ..... 1199
FIGURA 771. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA PARA LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS Y LA ABUNDANCIA DE PECES REGISTRADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO AMOYÁ. TEMPERATURA (T), ANCHO (A), PROFUNDIDAD (P), CAUDAL (C), PH, OXÍGENO DISUELTO (O), CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE)..... 1200
FIGURA 772. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE TALLA DE LAS ESPECIES DOMINANTES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ. 1201
FIGURA 773. RELACIÓN LONGITUD – PESO DE LAS ESPECIES DOMINANTES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ. 1202
FIGURA 774. FRECUENCIA RELATIVA DE LOS EMS PARA HEMBRAS Y MACHOS DE LAS ESPECIES ANALIZADAS. I=INMADURO, II=MADURANDO, III= MADURO, IV EN REPOSO DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ. 1203
FIGURA 775. ESPECTRO TRÓFICO DE CREAGRUTUS MAGDALENAE Y HEMIBRYCON SP.2 Y ASTROBLEPUS GRIXALVII DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO AMOYÁ..... 1204
FIGURA 776. CURVA DE ACUMULACIÓN DE LA COMUNIDAD PERIFÍTICA EN LA SZH DEL RÍO ATÁ..... 1207
FIGURA 777. DENSIDAD RELATIVA DE LOS GÉNEROS MÁS ABUNDANTES COLECTADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ATÁ. ... 1209
FIGURA 778. DENSIDAD RELATIVA POR ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA RÍO ATÁ..... 1209

Figura 779. Diversidad Alfa en las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Atá. 0=Riqueza especifica, 1= Exponente de Shannon y 2= Inverso de Simpson 1211
Figura 780. Diagrama de ordenación NMDS para las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Atá 1212
Figura 781. Análisis de Correspondencia Canónica para las variables fisicoquímicas y la abundancia de los taxones de la comunidad perifítica registradas en la subzona hidrográfica del Río Atá..... 1213
Figura 782. Curva de acumulación de Macroinvertebrados acuáticos colectados en la subzona hidrográfica del rio Atá. 1215
Figura 783. Abundancia relativa de los géneros más abundantes colectados en la subzona hidrográfica del río Atá. 1217
Figura 784. Abundancia relativa por estaciones de la subzona hidrográfica del río Atá. 1218
Figura 785. Diversidad Alfa en las estaciones de la subzona hidrográfica del río Atá. 1220
Figura 786. Diagrama NMDS para las estaciones de la subzona hidrográfica del río Atá..... 1221
Figura 787. Análisis de Correspondencia Canónica para las variables fisicoquímicas y la abundancia de los taxones de macroinvertebrados acuáticos registrados en la subzona hidrográfica del río Atá. 1222
Figura 788. Distribución de los gremios tróficos de macroinvertebrados acuáticos de la subzona hidrográfica del río Atá. 1224
Figura 789 Curva de acumulación de especies ícticas en las estaciones de la subzona hidrográfica río Atá..... 1225
Figura 790. Abundancia relativa por estaciones de la subzona hidrográfica del río Atá. 1227
Figura 791. Abundancia relativa por especies de la subzona hidrográfica del río Atá..... 1227
Figura 792. Diversidad Alfa en las estaciones de la subzona hidrográfica del río Atá 1229
Figura 793. Diagrama de ordenación NMDS para las estaciones de la subzona hidrográfica del río Atá..... 1229
Figura 794. Análisis de Correspondencia Canónica para las variables fisicoquímicas y la abundancia de peces registrados en la subzona hidrográfica del rio Atá. Temperatura (T), Ancho (A), Profundidad (P), Caudal (C), pH, Oxígeno disuelto (O), Conductividad eléctrica (CE). 1230
Figura 795. Distribución de frecuencias de talla de las especies dominantes de la subzona hidrográfica del río Atá... 1231
Figura 796. Relación longitud – peso de las especies dominantes de la subzona hidrográfica del río Atá. 1232
Figura 797. Frecuencia relativa de los EMS para hembras y machos de las especies analizadas. I=inmaduro, II=madurando, III= maduro, IV en reposo de la subzona hidrográfica del río Atá. 1233
Figura 798. Espectro trófico de Hemibrycon sp., Astroblepus micrescens, Trichomycterus banneaui y Onchrhynchus mykiss de la subzona hidrográfica del río Atá 1234
Figura 799. Curva de acumulación de la comunidad perifítica en la subzona hidrográfica del Río Medio Saldaña. 1238
Figura 800. Densidad relativa de los géneros más abundantes colectados en la subzona hidrográfica del Río Medio Saldaña. 1240
Figura 801. Densidad relativa por estaciones de la subzona hidrográfica Río Medio Saldaña. 1240
Figura 802. Diversidad Alfa en las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Medio Saldaña. 0=Riqueza especifica, 1= Exponente de Shannon y 2= Inverso de Simpson..... 1241
Figura 803. Diagrama de ordenación NMDS para las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Medio Saldaña . 1242
Figura 804.Análisis de Correspondencia Canónica para las variables fisicoquímicas y la abundancia de los taxones de la comunidad perifítica registradas en la subzona hidrográfica del Río Medio Saldaña. 1243
Figura 805. Curva de acumulación de Macroinvertebrados acuáticos colectados en la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña..... 1245

FIGURA 806. ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS GÉNEROS MÁS ABUNDANTES COLECTADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA. 1248
FIGURA 807. ABUNDANCIA RELATIVA POR ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA..... 1248
FIGURA 808. DIVERSIDAD ALFA EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA..... 1251
FIGURA 809. DIAGRAMA NMDS PARA LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA. 1252
FIGURA 810. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA PARA LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS Y LA ABUNDANCIA DE LOS TAXONES DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS REGISTRADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA. 1253
FIGURA 811. DISTRIBUCIÓN DE LOS GREMIOS TRÓFICOS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA..... 1254
FIGURA 812. CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES ÍCTICAS EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA RIO MEDIO SALDAÑA. 1255
FIGURA 813. ABUNDANCIA RELATIVA POR ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA..... 1257
FIGURA 814. ABUNDANCIA RELATIVA POR ESPECIES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA. 1259
FIGURA 815. DIVERSIDAD ALFA EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA..... 1259
FIGURA 816. DIAGRAMA DE ORDENACIÓN NMDS PARA LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA.. 1260
FIGURA 817. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA PARA LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS Y LA ABUNDANCIA DE PECES REGISTRADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO MEDIO SALDAÑA. TEMPERATURA (T), ANCHO (A), PROFUNDIDAD (P), CAUDAL (C), PH, OXÍGENO DISUELTO (O), CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE). 1261
FIGURA 818. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE TALLA DE LAS ESPECIES DOMINANTES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA. 1262
FIGURA 819. RELACIÓN LONGITUD – PESO DE LAS ESPECIES DOMINANTES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA.. 1263
FIGURA 820. FRECUENCIA RELATIVA DE LOS EMS PARA HEMBRAS Y MACHOS DE LAS ESPECIES ANÁLIZADAS. I=INMADURO, II=MADURANDO, III= MADURO, IV EN REPOSO DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA. 1264
FIGURA 821. ESPECTRO TRÓFICO DE ASTROBLEPUS MAGDALENENSIS, TRICHOMYCTERUS BANNEAUI Y ASTROBLEPUS HOMODON DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA. 1265
FIGURA 822. CURVA DE ACUMULACIÓN DE LA COMUNIDAD PERIFÍTICA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BAJO SALDAÑA..... 1269
FIGURA 823. DENSIDAD RELATIVA DE LOS GÉNEROS MÁS ABUNDANTES COLECTADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BAJO SALDAÑA. 1271
FIGURA 824. DENSIDAD RELATIVA POR ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA RÍO BAJO SALDAÑA..... 1272
FIGURA 825. DIVERSIDAD ALFA EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BAJO SALDAÑA. 0=RIQUEZA ESPECIFICA, 1= EXPONENTE DE SHANNON Y 2= INVERSO DE SIMPSON..... 1273
FIGURA 826. DIAGRAMA DE ORDENACIÓN NMDS PARA LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BAJO SALDAÑA 1274
FIGURA 827. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA PARA LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS Y LA ABUNDANCIA DE LOS TAXONES DE LA COMUNIDAD PERIFÍTICA REGISTRADAS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BAJO SALDAÑA..... 1275
FIGURA 828. CURVA DE ACUMULACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COLECTADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BAJO SALDAÑA. 1277
FIGURA 829. ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS GÉNEROS MÁS ABUNDANTES COLECTADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BAJO SALDAÑA. 1279
FIGURA 830. ABUNDANCIA RELATIVA POR ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BAJO SALDAÑA. 1280
FIGURA 831. DIVERSIDAD ALFA EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BAJO SALDAÑA. 1282

FIGURA 832. DIAGRAMA DE ORDENACIÓN NMDS PARA LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BAJO SALDAÑA..... 1283
FIGURA 833. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA PARA LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS Y LA ABUNDANCIA DE LOS TAXONES DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS REGISTRADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO BAJO SALDAÑA. 1284
FIGURA 834. DISTRIBUCIÓN DE LOS GREMIOS TRÓFICOS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BAJO SALDAÑA. 1286
FIGURA 835. CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES ÍCTICAS EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA RÍO BAJO SALDAÑA. 1287
FIGURA 836. ABUNDANCIA RELATIVA POR ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BAJO SALDAÑA. 1289
FIGURA 837. ABUNDANCIA RELATIVA POR ESPECIES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BAJO SALDAÑA..... 1290
FIGURA 838. DIVERSIDAD ALFA EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BAJO SALDAÑA. 1291
FIGURA 839. DIAGRAMA DE ORDENACIÓN NMDS PARA LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BAJO SALDAÑA..... 1292
FIGURA 840. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA PARA LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS Y LA ABUNDANCIA DE PECES REGISTRADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO BAJO SALDAÑA. TEMPERATURA (T), ANCHO (A), PROFUNDIDAD (P), CAUDAL (C), PH, OXÍGENO DISUELTO (O), CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE). 1293
FIGURA 841. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE TALLA DE LAS ESPECIES DOMINANTES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BAJO SALDAÑA. 1294
FIGURA 842. RELACIÓN LONGITUD – PESO DE LAS ESPECIES DOMINANTES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BAJO SALDAÑA. ... 1295
FIGURA 843. FRECUENCIA RELATIVA DE LOS EMS PARA HEMBRAS Y MACHOS DE LAS ESPECIES ANALIZADAS. I=INMADURO, II=MADURANDO, III= MADURO, IV EN REPOSO DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BAJO SALDAÑA. 1296
FIGURA 844. ESPECTRO TRÓFICO DE ARGOPLEURA MAGDALENENSIS Y GEOPHAGUS STEINDACHNERI DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BAJO SALDAÑA. 1296
FIGURA 845. CURVA DE ACUMULACIÓN DE LA COMUNIDAD PERIFÍTICA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANCHIQUE Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA 1300
FIGURA 846. DENSIDAD RELATIVA DE LOS GÉNEROS MÁS ABUNDANTES COLECTADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANCHIQUE Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA. 1302
FIGURA 847. DENSIDAD RELATIVA POR ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA RÍO ANCHIQUE Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA. 1303
FIGURA 848. DIVERSIDAD ALFA EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANCHIQUE Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA. 0=RIQUEZA ESPECIFICA, 1= EXPONENTE DE SHANNON Y 2= INVERSO DE SIMPSON 1304
FIGURA 849. DIAGRAMA DE ORDENACIÓN NMDS PARA LAS ESTACIONES DEL RÍO ANCHIQUE Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA 1305
FIGURA 850. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA PARA LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS Y LA ABUNDANCIA DE LOS TAXONES DE LA COMUNIDAD PERIFÍTICA REGISTRADAS EN LA SUBZONA DEL RÍO ANCHIQUE Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA 1306
FIGURA 851. CURVA DE ACUMULACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COLECTADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANCHIQUE Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA. 1308
FIGURA 852. ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS GÉNEROS MÁS ABUNDANTES COLECTADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL ANCHIQUE Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA. 1312
FIGURA 853. ABUNDANCIA RELATIVA POR ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANCHIQUE Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA. 1312
FIGURA 854. DIVERSIDAD ALFA EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANCHIQUE Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA 1316

FIGURA 855. DIAGRAMA DE NMDS PARA LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANCHIQUE Y OTRO DIRECTOS AL MAGDALENA. 1317
FIGURA 856. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA PARA LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS Y LA ABUNDANCIA DE LOS TAXONES DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS REGISTRADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO ANCHIQUE Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA. 1318
FIGURA 857. DISTRIBUCIÓN DE LOS GREMIOS TRÓFICOS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANCHIQUE Y OTROS DIRECTOS AL MAGDALENA. 1320
FIGURA 858. CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES ÍCTICAS EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA RÍO ANCHIQUE. 1321
FIGURA 859. ABUNDANCIA RELATIVA POR ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANCHIQUE. 1324
FIGURA 860. ABUNDANCIA RELATIVA POR ESPECIES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANCHIQUE 1325
FIGURA 861. DIVERSIDAD ALFA EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANCHIQUE. 1326
FIGURA 862. DIAGRAMA DE ORDENACIÓN NMDS PARA LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANCHIQUE 1327
FIGURA 863. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA PARA LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS Y LA ABUNDANCIA DE PECES REGISTRADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO ANCHIQUE. TEMPERATURA (T), ANCHO (A), PROFUNDIDAD (P), CAUDAL (C), PH, OXÍGENO DISUELTO (O), CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE). 1328
FIGURA 864. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE TALLA DE LAS ESPECIES DOMINANTES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANCHIQUE. 1329
FIGURA 865. RELACIÓN LONGITUD – PESO DE LAS ESPECIES DOMINANTES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANCHIQUE. 1331
FIGURA 866. FRECUENCIA RELATIVA DE LOS EMS PARA HEMBRAS Y MACHOS DE LAS ESPECIES ANALIZADAS. I=INMADURO, II=MADURANDO, III= MADURO, IV EN REPOSO DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANCHIQUE. 1332
FIGURA 867. ESPECTRO TRÓFICO DE ROEBOIDES DAYI, CHAETOSTOMA MILESI Y ASTYANAX SP. DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ANCHIQUE. 1333
FIGURA 868. CURVA DE ACUMULACIÓN DE LA COMUNIDAD PERIFÍTICA EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ALTO SALDAÑA 1337
FIGURA 869. DENSIDAD RELATIVA DE LOS GÉNEROS MÁS ABUNDANTES COLECTADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ. . 1339
FIGURA 870. DENSIDAD RELATIVA POR ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA RÍO PATÁ. 1339
FIGURA 871. DIVERSIDAD ALFA EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ. 0=RIQUEZA ESPECIFICA, 1= EXPONENTE DE SHANNON Y 2= INVERSO DE SIMPSON 1341
FIGURA 872. DIAGRAMA DE ORDENACIÓN NMDS PARA LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ 1342
FIGURA 873. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA PARA LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS Y LA ABUNDANCIA DE LOS TAXONES DE LA COMUNIDAD PERIFÍTICA REGISTRADAS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ 1343
FIGURA 874. CURVA DE ACUMULACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COLECTADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ. 1344
FIGURA 875. ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS GÉNEROS MÁS ABUNDANTES COLECTADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ. 1346
FIGURA 876. ABUNDANCIA RELATIVA POR ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ. 1347
FIGURA 877. DIVERSIDAD ALFA EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ. 1350
FIGURA 878. DIAGRAMA DE ORDENACIÓN NMDS PARA LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ. 1351
FIGURA 879. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA PARA LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS Y LA ABUNDANCIA DE LOS TAXONES DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS REGISTRADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO PATÁ. 1352

FIGURA 880. DISTRIBUCIÓN DE LOS GREMIOS TRÓFICOS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ. 1353
FIGURA 881. CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES ÍCTICAS EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA RÍO PATÁ. 1354
FIGURA 882. ABUNDANCIA RELATIVA POR ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ. 1356
FIGURA 883. ABUNDANCIA RELATIVA POR ESPECIES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ. 1357
FIGURA 884. DIVERSIDAD ALFA EN LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ. 1358
FIGURA 885. DIAGRAMA DE ORDENACIÓN NMDS PARA LAS ESTACIONES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ. 1359
FIGURA 886. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA PARA LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS Y LA ABUNDANCIA DE PECES REGISTRADOS EN LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RIO PATÁ. TEMPERATURA (T), ANCHO (A), PROFUNDIDAD (P), CAUDAL (C), PH, OXÍGENO DISUELTO (O), CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE). 1360
FIGURA 887. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE TALLA DE LAS ESPECIES DOMINANTES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ. 1361
FIGURA 888. RELACIÓN LONGITUD – PESO DE LAS ESPECIES DOMINANTES DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ. 1362
FIGURA 889. FRECUENCIA RELATIVA DE LOS EMS PARA HEMBRAS Y MACHOS DE LAS ESPECIES ANALIZADAS. I=INMADURO, II=MADURANDO, III= MADURO, IV EN REPOSO DE LA SZH DEL RÍO PATÁ. 1363
FIGURA 890. ESPECTRO TRÓFICO DE CETOPSORHAMDIA MOLINAE TRICHOMYCTERUS BANNEAUI Y CREAGRUTUS MAGDALENAE DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ. 1364
FIGURA 891. UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE ANÁLISIS, SUBZONA HIDROGRÁFICA RÍO PATÁ. ELABORACIÓN PROPIA. 1388
FIGURA 892. ÍNDICE DE ARIDEZ CONDICIÓN HIDROLÓGICA MEDIA DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ. ELABORACIÓN PROPIA. 1389
FIGURA 893. ÍNDICE DE ARIDEZ CONDICIÓN HIDROLÓGICA SECA DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ. ELABORACIÓN PROPIA. 1391
FIGURA 894. ÍNDICE DE ARIDEZ CONDICIÓN HIDROLÓGICA HÚMEDA DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO PATÁ. ELABORACIÓN PROPIA. 1393
FIGURA 895. UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE ANÁLISIS, SUBZONA HIDROGRÁFICA DE RÍO CHENCHE, ANCHIQUE Y DRENAJES DIRECTOS AL MAGDALENA. ELABORACIÓN PROPIA. 1396
FIGURA 896. ÍNDICE DE ARIDEZ CONDICIÓN HIDROLÓGICA MEDIA DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CHENCHE, ANCHIQUE Y DRENAJES DIRECTOS AL MAGDALENA. ELABORACIÓN PROPIA. 1397
FIGURA 897. ÍNDICE DE ARIDEZ CONDICIÓN HIDROLÓGICA SECA DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CHENCHE, ANCHIQUE Y DRENAJES DIRECTOS AL MAGDALENA. ELABORACIÓN PROPIA. 1399
FIGURA 898. ÍNDICE DE ARIDEZ CONDICIÓN HIDROLÓGICA HÚMEDA DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CHENCHE, ANCHIQUE Y DRENAJES DIRECTOS AL MAGDALENA. ELABORACIÓN PROPIA. 1401
FIGURA 899. UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE ANÁLISIS, SUBZONA HIDROGRÁFICA RÍO BAJO SALDAÑA. ELABORACIÓN PROPIA. 1404
FIGURA 900. ÍNDICE DE ARIDEZ CONDICIÓN HIDROLÓGICA MEDIA DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BAJO SALDAÑA. ELABORACIÓN PROPIA. 1405
FIGURA 901. ÍNDICE DE ARIDEZ CONDICIÓN HIDROLÓGICA SECA DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BAJO SALDAÑA. ELABORACIÓN PROPIA. 1407
FIGURA 902. ÍNDICE DE ARIDEZ CONDICIÓN HIDROLÓGICA HÚMEDA DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BAJO SALDAÑA. ELABORACIÓN PROPIA. 1409
FIGURA 903. UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE ANÁLISIS, SUBZONA HIDROGRÁFICA RÍO MEDIO SALDAÑA. ELABORACIÓN PROPIA. 1411
FIGURA 904. ÍNDICE DE ARIDEZ CONDICIÓN HIDROLÓGICA MEDIA DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MEDIO SALDAÑA. ELABORACIÓN PROPIA. 1412

Figura 905. Índice de aridez condición hidrológica seca de la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña. Elaboración propia. 1413
Figura 906. Índice de aridez condición hidrológica húmeda de la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña. Elaboración propia. 1414
Figura 907. Unidades hidrográficas de análisis, subzona hidrográfica río Alto Saldaña. Elaboración propia. 1417
Figura 908. Índice de aridez condición hidrológica media de la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña. Elaboración propia. 1418
Figura 909. Índice de aridez condición hidrológica seca de la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña. Elaboración propia. 1420
Figura 910. Índice de aridez condición hidrológica húmeda de la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña. Elaboración propia. 1422
Figura 911. Unidades hidrográficas de análisis, subzona hidrográfica río Amoyá. Elaboración propia. 1424
Figura 912. Índice de aridez condición hidrológica media de la subzona hidrográfica del río Amoyá. Elaboración propia. 1425
Figura 913. Índice de aridez condición hidrológica seca de la subzona hidrográfica del río Amoyá. Elaboración propia. 1427
Figura 914. Índice de aridez condición hidrológica húmeda de la subzona hidrográfica del río Amoyá. Elaboración propia. 1429
Figura 915. Unidades hidrográficas de análisis, subzona hidrográfica río Anamichú. Elaboración propia. 1432
Figura 916. Índice de aridez condición hidrológica media de la subzona hidrográfica del río Anamichú. Elaboración propia. 1433
Figura 917. Índice de aridez condición hidrológica seca de la subzona hidrográfica del río Anamichú. Elaboración propia. 1435
Figura 918. Índice de aridez condición hidrológica húmeda de la subzona hidrográfica del río Anamichú. Elaboración propia. 1437
Figura 919. Unidades hidrográficas de análisis, subzona hidrográfica río Cambrín. Elaboración propia. 1439
Figura 920. Índice de aridez condición hidrológica media de la subzona hidrográfica del río Cambrín. Elaboración propia. 1440
Figura 921. Índice de aridez condición hidrológica seca de la subzona hidrográfica del río Cambrín. Elaboración propia. 1441
Figura 922. Índice de aridez condición hidrológica húmeda de la subzona hidrográfica del río Cambrín. Elaboración propia. 1442
Figura 923. Unidades hidrográficas de análisis, subzona hidrográfica río Atá. Elaboración propia. 1445
Figura 924. Índice de aridez condición hidrológica media de la subzona hidrográfica del río Atá. Elaboración propia. 1446
Figura 925. Índice de aridez condición hidrológica seca de la subzona hidrográfica del río Atá. Elaboración propia. 1448
Figura 926. Índice de aridez condición hidrológica húmeda de la subzona hidrográfica del río Atá. Elaboración propia. 1450
Figura 927. Índice de retención y regulación hídrica en la subzona hidrográfica del río Patá, en el periodo (1990 a 2021) 1454

Figura 928. Índice de retención y regulación hídrica en la subzona hidrográfica del río Chenche, Anchique y Directos al Magdalena, en el periodo (1990 a 2021) 1455
Figura 929. Índice de retención y regulación hídrica en la subzona hidrográfica Bajo Saldaña, en el periodo (1990 a 2021) 1456
Figura 930. Índice de retención y regulación hídrica en la subzona hidrográfica Medio Saldaña, en el periodo (1990 a 2021) 1457
Figura 931. Índice de retención y regulación hídrica en la subzona hidrográfica Alto Saldaña, en el periodo (1990 a 2021) 1458
Figura 932. Índice de retención y regulación hídrica en la subzona hidrográfica del río Amoyá, en el periodo (1990 a 2021) 1459
Figura 933. Índice de retención y regulación hídrica en la subzona hidrográfica del río Anamichú, en el periodo (1990 a 2021) 1460
Figura 934. Índice de retención y regulación hídrica en la subzona hidrográfica del río Cambrín, en el periodo (1990 a 2021) 1461
Figura 935. Índice de retención y regulación hídrica en la subzona hidrográfica del río Atá, en el periodo (1990 a 2021) 1462
Figura 936. Distribución temporal del índice de escorrentía estandarizado para el periodo 1990 a 2021 en la unidad hidrográfica río Patá (punto de cierre) 1464
Figura 937. Distribución temporal del índice de escorrentía estandarizado para el periodo 1990 a 2021 en la unidad hidrográfica río Chenche (punto de cierre) 1465
Figura 938. Distribución temporal del índice de escorrentía estandarizado para el periodo 1990 a 2021 en la unidad hidrográfica río Anchique (punto de cierre) 1466
Figura 939. Distribución temporal del índice de escorrentía estandarizado para el periodo 1990 a 2021 en la unidad hidrográfica Bajo Saldaña (punto de cierre) 1467
Figura 940. Distribución temporal del índice de escorrentía estandarizado para el periodo 1990 a 2021 en la unidad hidrográfica Medio Saldaña (punto de cierre) 1468
Figura 941. Distribución temporal del índice de escorrentía estandarizado para el periodo 1990 a 2021 en la unidad hidrográfica Alto Saldaña (punto de cierre) 1469
Figura 942. Distribución temporal del índice de escorrentía estandarizado para el periodo 1990 a 2021 en la unidad hidrográfica río Amoyá (punto de cierre) 1470
Figura 943. Distribución temporal del índice de escorrentía estandarizado para el periodo 1990 a 2021 en la unidad hidrográfica río Anamichú (punto de cierre) 1471
Figura 944. Distribución temporal del índice de escorrentía estandarizado para el periodo 1990 a 2021 en la unidad hidrográfica río Cambrín (punto de cierre) 1472
Figura 945. Distribución temporal del índice de escorrentía estandarizado para el periodo 1990 a 2021 en la unidad hidrográfica río Atá (punto de cierre) 1473
Figura 946. Distribución Espacial del Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica del río Patá para el periodo (1990 a 2021) 1475
Figura 947. Distribución Espacial del Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica del río Chenche, Anchique, y drienajes directos al Magdalena para el periodo (1990 a 2021) 1477

Figura 948. Distribución Espacial del Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica Bajo Saldaña para el periodo (1990 a 2021) 1478
Figura 949. Distribución Espacial del Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica Medio Saldaña para el periodo (1990 a 2021) 1479
Figura 950. Distribución Espacial del Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica Alto Saldaña para el periodo (1990 a 2021) 1480
Figura 951. Distribución Espacial del Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica del río Amoyá para el periodo (1990 a 2021) 1482
Figura 952. Distribución Espacial del Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica del río Anamichú para el periodo (1990 a 2021) 1483
Figura 953. Distribución Espacial del Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica del río Cambrín para el periodo (1990 a 2021) 1484
Figura 954. Distribución Espacial del Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica del río Atá para el periodo (1990 a 2021) 1485
Figura 955. Distribución espacial de categorías del índice de uso del agua para año medio en la subzona hidrográfica del río Patá 1488
Figura 956. Distribución espacial de categorías del de uso del agua para año seco en la subzona hidrográfica del río Patá 1489
Figura 957. Distribución espacial de categorías del índice de uso del agua para año medio en la subzona hidrográfica del río Chenche, Anchique y drenajes directos al Magdalena 1491
Figura 958. Distribución espacial de categorías del de uso del agua para año seco en la subzona hidrográfica del río Chenche, Anchique y drenajes directos al Magdalena 1492
Figura 959. Distribución espacial de categorías del índice de uso del agua para año medio en la subzona hidrográfica Bajo Saldaña 1494
Figura 960. Distribución espacial de categorías del de uso del agua para año seco en la subzona hidrográfica Bajo Saldaña 1495
Figura 961. Distribución espacial de categorías del índice de uso del agua para año medio en la subzona hidrográfica Medio Saldaña 1497
Figura 962. Distribución espacial de categorías del de uso del agua para año seco en la subzona hidrográfica Medio Saldaña 1498
Figura 963. Distribución espacial de categorías del índice de uso del agua para año medio en la subzona hidrográfica Alto Saldaña 1500
Figura 964. Distribución espacial de categorías del de uso del agua para año seco en la subzona hidrográfica Alto Saldaña 1501
Figura 965. Distribución espacial de categorías del índice de uso del agua para año medio en la subzona hidrográfica del río Amoyá 1503
Figura 966. Distribución espacial de categorías del de uso del agua para año seco en la subzona hidrográfica del río Amoyá 1504
Figura 967. Distribución espacial de categorías del índice de uso del agua para año medio en la subzona hidrográfica del río Anamichú 1506

Figura 968. Distribución espacial de categorías del de uso del agua para año seco en la subzona hidrográfica del río Anamichú 1507
Figura 969. Distribución espacial de categorías del índice de uso del agua para año medio en la subzona hidrográfica del río Cambrín..... 1509
Figura 970. Distribución espacial de categorías del de uso del agua para año seco en la subzona hidrográfica del río Cambrín 1510
Figura 971. Distribución espacial de categorías del índice de uso del agua para año medio en la subzona hidrográfica del río Atá 1512
Figura 972. Distribución espacial de categorías del de uso del agua para año seco en la subzona hidrográfica del río Atá 1513
Figura 973. Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) para la Subzona Hidrográfica del Río Patá 1517
Figura 974. Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) para la Subzona Hidrográfica de los Ríos Anchique, Chenche y Directos al Magdalena. 1520
Figura 975. Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) para la Subzona Hidrográfica del Río Bajo Saldaña. 1522
Figura 976. Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) para la Subzona Hidrográfica del Río Medio Saldaña 1524
Figura 977. Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) para la Subzona Hidrográfica del Río Alto Saldaña. 1526
Figura 978. Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) para la Subzona Hidrográfica del Río Amoyá. 1528
Figura 979. Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) para la Subzona Hidrográfica del Río Anamichú. 1530
Figura 980. Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) para la Subzona Hidrográfica del Río Cambrín 1531
Figura 981. Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) para la Subzona Hidrográfica del Río Atá..... 1533
Figura 982. *IACAL OHT Año Seco y meta en carga (E1SECO) para subzona hidrográfica del Rio Patá*..... 1538
Figura 983. *IACAL OHT Año Seco y carga aportada (E2SECO) para subzona hidrográfica del Rio Patá* 1538
Figura 984. *IACAL OHT Año Medio y meta en carga (E1MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Patá* 1539
Figura 985. *IACAL OHT Año Medio y carga aportada (E2MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Patá* 1539
Figura 986. *IACAL OHT Año Seco y meta en carga (E1SECO) en* la SZH del río Chenche, Anchique y *drenajes directos al Magdalena* 1542
Figura 987. *IACAL OHT Año Seco y carga aportada (E2SECO) en* la SZH del río Chenche, Anchique y *drenajes directos al Magdalena* 1542
Figura 988. *IACAL OHT Año Medio y meta en carga (E1MEDIO) en* la SZH del río Chenche, Anchique y *drenajes directos al Magdalena* 1543
Figura 989. *IACAL OHT Año Medio y carga aportada (E2MEDIO) en* la SZH del río Chenche, Anchique y *drenajes directos al Magdalena* 1543
Figura 990. *IACAL OHT Año Seco y meta en carga (E1SECO) para subzona hidrográfica del Rio Bajo Saldaña*..... 1545
Figura 991. *IACAL OHT Año Seco y carga aportada (E2SECO) para subzona hidrográfica del Rio Bajo Saldaña*..... 1545
Figura 992. *IACAL OHT Año Medio y meta en carga (E1MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Bajo Saldaña*..... 1546
Figura 993. *IACAL OHT Año Medio y carga aportada (E2MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Bajo Saldaña* ... 1546
Figura 994. *IACAL OHT Año Seco y meta en carga (E1SECO) para subzona hidrográfica del Rio Medio Saldaña*..... 1548
Figura 995. *IACAL OHT Año Seco y carga aportada (E2SECO) para subzona hidrográfica del Rio Medio Saldaña* 1548
Figura 996. *IACAL OHT Año Medio y meta en carga (E1MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Medio Saldaña* ... 1549
Figura 997. *IACAL OHT Año Medio y carga aportada (E2MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Medio Saldaña* 1549

Figura 998. *IACAL OHT Año Seco y meta en carga (E1SECO) para subzona hidrográfica del Rio Alto Saldaña* 1551
Figura 999. *IACAL OHT Año Seco y carga aportada (E2SECO) para subzona hidrográfica del Rio Alto Saldaña*..... 1551
Figura 1000. *IACAL OHT Año Medio y meta en carga (E1MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Alto Saldaña* ... 1552
Figura 1001. *IACAL OHT Año Medio y carga aportada (E2MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Alto Saldaña* . 1552
Figura 1002. IACAL OHT Año Seco y meta en carga (E1SECO) para subzona hidrográfica del Rio Amoyá 1554
Figura 1003. *IACAL OHT Año Seco y carga aportada (E2SECO) para subzona hidrográfica del Rio Amoyá*..... 1554
Figura 1004. *IACAL OHT Año Medio y meta en carga (E1MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Amoyá*..... 1555
Figura 1005. *IACAL OHT Año Medio y carga aportada (E2MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Amoyá* 1555
Figura 1006. *IACAL OHT Año Seco y meta en carga (E1SECO) para subzona hidrográfica del Rio Anamichú* 1557
Figura 1007. *IACAL OHT Año Seco y carga aportada (E2SECO) para subzona hidrográfica del Rio Anamichú*..... 1557
Figura 1008. *IACAL OHT Año Medio y meta en carga (E1MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Anamichú*..... 1558
Figura 1009. *IACAL OHT Año Medio y carga aportada (E2MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Anamichú* 1558
Figura 1010. *IACAL OHT Año Seco y meta en carga (E1SECO) para subzona hidrográfica del Rio Cambrín*..... 1560
Figura 1011. *IACAL OHT Año Seco y carga aportada (E2SECO) para subzona hidrográfica del Rio Cambrín* 1560
Figura 1012. *IACAL OHT Año Medio y meta en carga (E1MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Cambrín* 1560
Figura 1013. *IACAL OHT Año Medio y carga aportada (E2MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Cambrín*..... 1561
Figura 1014. *IACAL OHT Año Seco y meta en carga (E1SECO) para subzona hidrográfica del Rio Atá* 1563
Figura 1015. *IACAL OHT Año Seco y carga aportada (E2SECO) para subzona hidrográfica del Rio Atá*..... 1563
Figura 1016. *IACAL OHT Año Medio y meta en carga (E1MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Atá* 1564
Figura 1017. *IACAL OHT Año Medio y carga aportada (E2MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Atá*..... 1564
Figura 1018. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Patá..... 1586
Figura 1019. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Patá 1587
Figura 1020. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Chenche, Anchique y drenajes directos al Magdalena 1588
Figura 1021. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Chenche, Anchique y drenajes directos al Magdalena..... 1589
Figura 1022. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH Bajo Saldaña 1591
Figura 1023. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH Bajo Saldaña..... 1592
Figura 1024. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH Medio Saldaña..... 1593
Figura 1025. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH Medio Saldaña 1594
Figura 1026. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH Alto Saldaña 1595
Figura 1027. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH Alto Saldaña..... 1596
Figura 1028. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Amoyá..... 1597
Figura 1029. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Amoyá 1598
Figura 1030. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Anamichú..... 1600
Figura 1031. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Anamichú 1601
Figura 1032. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Cambrín 1603
Figura 1033. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Cambrín 1604
Figura 1034. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Atá 1605
Figura 1035. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Atá..... 1606

Figura 1036. Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales en la subzona hidrográfica del río Patá 1611
Figura 1037. Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales en la subzona hidrográfica del río Chenche, Anchique, y drenajes directos al Magdalena 1612
Figura 1038. Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales en la SZH Bajo Saldaña 1614
Figura 1039. Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales en la subzona hidrográfica Medio Saldaña 1615
Figura 1040. Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales en la subzona hidrográfica Alto Saldaña 1616
Figura 1041. Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales en la subzona hidrográfica del río Amoyá 1617
Figura 1042. Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales en la subzona hidrográfica del río Anamichú 1619
Figura 1043. Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales en la subzona hidrográfica del río Cambrín 1621
Figura 1044. Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales en la subzona hidrográfica del río Atá 1622

Capítulo: Oferta Hídrica

1. Introducción

La Política Nacional para la Gestión Integral de los Recursos Hídricos (PNGIRH) establece como objetivos principales el entendimiento de la dinámica y estado de los recursos hídricos a través del estudio de la oferta y demanda hídrica, la calidad del agua, y los riesgos asociados a su disponibilidad, así como el fortalecimiento institucional y gobernabilidad del recurso hídrico. En esta perspectiva, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) de Colombia establece que este conocimiento de los recursos hídricos se debe desarrollar principalmente desde el nivel regional mediante las Evaluaciones Regionales del Agua (ERA). Estos estudios facilitan el seguimiento del recurso y mejoran la comprensión de las dinámicas del ciclo hidrológico y su balance hídrico a diferentes niveles dentro de las unidades hidrográficas de análisis. La evaluación de la oferta hídrica superficial constituye un elemento fundamental para entender la disponibilidad de los recursos hídricos, partiendo de su estado actual en concordancia con los lineamientos conceptuales dispuestos dentro del marco metodológico de evaluación a diferentes escalas espaciotemporales. A escala regional, el nivel de detalle de la información y la resolución tanto espacial como temporal cobra más relevancia por lo que evaluar el estado y dinámica del agua requiere métodos y herramientas más complejas y con mayor grado de especificidad como lo son los modelos hidrológicos.

En el marco de desarrollo de la ERA para el departamento del Tolima se plantea el desarrollo de la modelación hidrológica sobre las 9 subzonas hidrográficas definidas en su segunda fase de ejecución, estableciéndose como principal objetivo determinar y analizar su oferta hídrica superficial a través de la caracterización del comportamiento hidrológico mediante la simulación y reconstrucción de los caudales, determinando el estado actual en términos de cantidad del recurso permitiendo definir posibles escenarios de riesgo y vulnerabilidad con base en los resultados de las simulaciones; el establecimiento de indicadores de estado y presión por el uso del agua; y el análisis de la frecuencia e intensidad de eventos hidrológicos extremos en condiciones históricas y de escenarios de cambio climático. Este documento presenta los procedimientos de selección, calibración y validación del modelo hidrológico desarrollado para la simulación de la oferta hídrica a escala diaria en las 9 subzonas hidrográficas de estudio en la fase 2 de la ERA. Para la selección del modelo hidrológico se consideraron los resultados obtenidos en la fase 2 de la ERA para el departamento, determinando así la implementación del modelo hidrológico distribuido TETIS. Igualmente, se relaciona la información base consolidada para el proceso de modelación.

2. Selección del Modelo Hidrológico

La selección de un modelo hidrológico orientado a la estimación de la oferta hídrica implica considerar criterios relacionados con el grado de representación física de los procesos hidrológicos, tipo de variables de entrada y salida en la simulación, escalas espaciales y temporales de trabajo, grado de complejidad y exigencia de información del modelo para su implementación y el tipo de algoritmos y métricas que use para la calibración y optimización de parámetros (Beven, 2012). Según la Guía de Practicas Hidrológicas de la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2011) es necesario que un procedimiento de selección de modelos hidrológicos tenga en cuenta factores basados en el objetivo general de la modelación, el tipo de sistema y elemento hidrológico a modelar, las características climáticas y fisiográficas de la unidad hidrográfica, la disponibilidad de los datos, la simplicidad del modelo, la transposición de parámetros y la capacidad de actualización del modelo.

En la Evaluación Regional del Agua para el Departamento del Tolima en su primera fase, se desarrolló e implementó un proceso de selección multicriterio del modelo hidrológico basado en Procesos de Jerarquía Analítica (AHP) y Procesos de Red Analítica (ANP) desarrollado por Saaty (2013), con múltiples aplicaciones en el campo de los recursos hídricos (Zelenović Vasiljević et al., 2012; Chowdary et al., 2013; Chen et al., 2011; Stefanidis & Stathis, 2013; Do et al., 2013; Sener & Davraz, 2013; Peña et al., 2019). Para ello, se preseleccionaron 24 modelos hidrológicos con base en el grado de representación espacial (agregados, pseudo – distribuidos o distribuidos), la escala de simulación (evento o continua), tipo de ecuaciones utilizadas (deterministas o estocásticas), y diversidad y complejidad de las ecuaciones (conceptuales o físicamente basados) (**Tabla 1**). Igualmente, se definieron 23 criterios de selección enfocados en los objetivos de la modelación, la estructuración del modelo, los mecanismos de producción de escorrentía, la disponibilidad de implementación entre otras características fundamentales descritas en la **Tabla 2**.

La evaluación cuantitativa de los criterios de selección de los modelos candidatos se definió una escala de calificación numérica homogénea y representativa entre 1 a 9, siendo 1, características de escaso o nulo impacto durante el proceso de selección y 9, características de mayor impacto y relevancia (**Tabla 3**). La calificación global representada en la sumatoria de las calificaciones parciales por criterio para cada modelo arrojó un mayor puntaje para el modelo hidrológico TETIS distribuido con 153 puntos (**Tabla 4**), presentando mayor flexibilidad para representar elementos artificiales dentro del sistema hidrológico y el ciclo de sedimentos, mejor representación de los mecanismos de producción de escorrentía y accesibilidad al uso dado el tipo de licencia (libre).

Tabla 1. *Modelos hidrológicos candidatos contemplados para la simulación.*

Modelos Hidrológicos	Tipo	Escala Espacial	Escala Temporal	Institución	Representación Conceptual del Modelo	Documentación de Referencia
HBV - Light	PD	Unidad de Respuesta Hidrológica	Continua	Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI)	Enlace	Enlace
Topkapi Distribuido	D	Celda	Evento - Continua	Department of Earth and Geo-Environmental Sciences University of Bologna	Enlace	Enlace
Topkapi Agrupado	A	Cuenca	Evento - Continua	Department of Earth and Geo-Environmental Sciences University of Bologna	Enlace	Enlace
HEC-HMS	PD	Subcuenca	Evento - Continua	USACE	Enlace	Enlace
SWAT	PD	Unidad de Respuesta Hidrológica	Continua	USDA, Agricultural Research Service; Texas A&M University	Enlace	Enlace
ABC (Thomas)	A	Cuenca	Continua	Harvard University	Enlace	Enlace
TETIS Distribuido	D	Celda	Evento - Continua	Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente, Universidad Politécnica de Valencia - España	Enlace	Enlace
TETIS agregado	A	Cuenca	Evento - Continua	Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente, Universidad Politécnica de Valencia - España	Enlace	Enlace
SWMM	D/PD	Subcuenca	Evento - Continua	United States Environmental Protection Agency	Enlace	Enlace
SWIM	PD	Unidad de Respuesta Hidrológica	Continua	Potsdam Institute for Climate Impact Research	Enlace	Enlace
MIKE-SHE (MIKE 11)	D/PD	Celda	Continua	DHI Group	Enlace	Enlace
DHSVM	D	Celda	Continua	Pacific Northwest National Laboratory, Richland, Washington, University of Washington, Seattle, Washington	Enlace	Enlace
HSPF (USGS)	PD	Unidad de Respuesta Hidrológica	Continua	Environmental Research Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency	Enlace	Enlace

Modelos Hidrológicos	Tipo	Escala Espacial	Escala Temporal	Institución	Representación Conceptual del Modelo	Documentación de Referencia
TopoFlow	D	Celda	Evento - Continua	CSDMS, INSTAAR, University of Colorado	Enlace	Enlace
WEAP	PD	Cuenca	Continua	Stockholm Environment Institute	Enlace	Enlace
Hydro-BID	D/PD	Celda	Continua	Banco Interamericano de Desarrollo (BID)	Enlace	Enlace
Hydrotel	D/PD	Unidad de Respuesta Hidrológica	Continua	Environment and Climate Change Canada	Enlace	Enlace
TOPMODEL	D/PD	Unidad de Respuesta Hidrológica	Continua	Lancaster University, Department of Environmental Science, Institute of Environmental and Natural Sciences	Enlace	Enlace
VIC	PD	Celda	Continua	University of Washington Computational Hydrology Group.	Enlace	Enlace
GBHM	D	Celda	Evento - Continua	Department of Civil Engineering, University of Tokyo	Enlace	Enlace
HYSTAR Model	D	Celda	Continua	University of Florida	Enlace	Enlace
ARIMA	A	Cuenca	Evento - Continua	-	Enlace	Enlace
ARIMAX	A	Cuenca	Evento - Continua	-	Enlace	Enlace
Redes Neuronales Artificiales (ANNs)	A	Cuenca	Evento - Continua	-	Enlace	Enlace

Tipo: Distribuidos (D), Pseudo – Distribuidos (PD) y Agregados (A).

Tabla 2. *Criterios definidos para la selección del modelo hidrológico.*

Criterio de Selección	Descripción
C1 - Método para estimar la fusión de nieve - glaciar	Método disponible para la integración del proceso de fusión de nieve – glaciar del modelo.
C2 - Método de Estimación de Infiltración	Tipo de ecuaciones incorporadas para la estimación de la infiltración.
C3 - Método de Estimación del Flujo Superficial	Método de propagación y/o almacenamiento para la estimación del flujo superficial empleado por el modelo.
C4 - Método de Estimación del Flujo Subsuperficial	Método de propagación y/o almacenamiento para la estimación del flujo subsuperficial empleado por el modelo.
C5 - Método de Estimación del Flujo Subterráneo	Método de propagación y/o almacenamiento para la estimación del flujo subterráneo empleado por el modelo.
C6 - Mecanismos de Producción de Escorrentía Representados	Respuesta hidrológica en ladera representada por el modelo de acuerdo con la clasificación de mecanismos de producción de escorrentía expuestos en Beven 2012.
C7 - Método de propagación en ladera - cuenca	Método de propagación o transformación del flujo a escala de ladera o cuenca empleada por el modelo.
C8 - Método de propagación del caudal en cauces	Método de propagación del flujo en la red de cauces del sistema hidrológico empleado por el modelo.
C9 - Grado de Agregación Espacial	Grado de agregación espacial para la conceptualización de los procesos hidrológicos.
C10 - Disponibilidad para la Modelación de Producción de Sedimentos	Metodología empleada para la estimación de la producción de sedimentos.
C11 - Tipo de modelación (Evento, Continua)	Capacidad del modelo a simular la dinámica hidrológica a escala de evento o escala continua.
C12 - Escala Temporal de Trabajo	Escala de simulación temporal del modelo (Mensual, Diaria, Horaria, Subhoraria).

Criterio de Selección	Descripción
C13 - Disponibilidad de plugin en SIG	Disponibilidad del modelo a plugin para el acoplamiento a los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Ej. ArcGIS, QGIS, GrassGis, Kosmos, gvSIG, etc.
C14 - Escala de simulación	Grado de representación espacial adoptado por el modelo para la simulación. Ej. Tamaños de celda (DEM), Unidades de modelación (HRU), Cuenca (modelos agregados), Subcuencas (modelos pseudo distribuidos).
C15 - Disponibilidad de interfaz para preprocesamiento	Disponibilidad de interfaz empleada por el modelo para el preprocesamiento de la información disponible como datos de entrada.
C16 - Número de variables de entrada del modelo	Número de variables incorporadas al modelo necesarias para la simulación.
C17 - Número de parámetros del modelo	Cantidad de parámetros empleados por el modelo para la simulación.
C18 - Algoritmo de Optimización	Tipo de algoritmos de optimización empleado por el modelo para la calibración de parámetros.
C19 - Índices de Desempeño	Índices de desempeño empleados como criterio de evaluación de eficiencia del modelo.
C20 - Frecuencia de utilización del modelo a nivel Global	Referencias científicas y/o técnicas disponibles que documenten la aplicabilidad del modelo en un escenario global.
C21 - Frecuencia de utilización del modelo en Colombia	Referencias científicas y/o técnicas disponibles que documenten la aplicabilidad del modelo en Colombia.
C22 - Representación de elementos artificiales del sistema hidrológico	Disponibilidad del modelo para representar elementos artificiales al sistema tales como captaciones, trasvases, vertimientos, reservorios, sistemas de riego, sistemas de drenaje y alcantarillado urbano, etc.
C23 - Tipo de Licencia de Uso del Software	Disponibilidad del modelo (libre / comercial) y acceso al código de programación.

Tabla 3. *Calificación de los criterios de selección para la modelación hidrológica.*

Criterio	Clasificación	Calificación
C1	No incluye	1
	Grado - Día	3
	Balance de energía	6
	Balance de masa y energía	9
C2	No incluye	1
	Ecuación físicamente basada	3
	Ecuación empíricamente basada	6
	Ecuación Empírica y físicamente basada	9
C3	Balance hídrico	1
	Reservorio lineal, Ecuación lineal o Hidrograma sintético	3
	Reservorio no lineal o Ecuación no lineal	6
	Propagación hidráulica	9
C4	No incluye	1
	Almacenamiento lineal	2
	Almacenamiento no lineal	5
	Representación por capas	7
	Propagación hidráulica	8
	Almacenamiento y propagación hidráulica	9
C5	No incluye	1
	Almacenamiento lineal	2
	Almacenamiento no lineal	5
	Representación por capas	7
	Propagación hidráulica	8
	Almacenamiento y propagación hidráulica	9
C6	{A}, {B}	1
	{C}, {D}, {E}, {A, C}	3
	{A, B}, {A, B, C}	5
	{A, B, C, D}	8
	{A, B, C, D, E}	9
C7	No incluye	1
	Balance hídrico	2
	Reservorio lineal o Hidrograma sintético	3
	Reservorio no lineal	6
	Propagación hidráulica	9
C8	No incluye	1
	Reservorio lineal o Hidrograma sintético	3
	Reservorio no lineal	6
	Propagación hidráulica	9
C9	Agregado	1
	Pseudo - Distribuido	5
	Distribuido	9
C10	No incluye	1
	USLE	3
	RUSLE	6
	MUSLE	9
C11	Estocástico - Evento	1
	Determinístico - Evento	1
	Estocástico - Continuo	5
	Determinístico - Continuo	9
C12	Mensual	1
	Diaria	3
	Horaria	6
	Subhoraria	9
C13	No incluye	3
	Si incluye	9
C14	Cuenca	1
	Subcuenca	3
	Unidad de Respuesta Hidrológica (HRU)	6
	Celda	9
C15	No incluye	3
	Si incluye	9
C16	≤ 3	1
	4 - 10	3
	11 - 15	6
	> 15	9
C17	≤ 5	1
	6 - 10	3
	11 - 15	5
	16 - 21	7

Criterio	Clasificación	Calificación
	> 21	9
	Manual (Heurísticos)	1
	Programación lineal y no lineal	3
C18	Basados y no basados en gradientes	5
	Metaheurísticos (Basados en la población / trayectoria)	9
	R2, RMSE, MAE, BIAS	2
C19	NASH, Error Volumen, AIC, HMLE	6
	Índice de Kling y Gupta	9
	≤ 355	1
C20	356 - 3,135	3
	3,135 - 12,225	6
	> 12,225	9
C21	≤ 139	1
	140 - 467	3
	468 - 1,400	6
	> 1,400	9
	No incluye	1
	Distribución agua potable	2
	Drenaje urbano	3
C22	Reservorios	6
	Riego	7
	Trasvases	8
	Reservorios, Trasvases y Riego	9
	Comercial	1
C23	Acceso libre	3
	Acceso libre y de código abierto	6
	Software libre y de código abierto	9

C6 – Mecanismos de producción de escorrentía representados: {A} Infiltration Excess Overland Flow (Horton, 1933), {B} Partial Area Infiltration Excess Overland Flow (Betson, 1964), {C} Saturation Excess Overland Flow (Cappus, 1960; Dunne, 1970), {D} Subsurface Stormflow (Hursh, 1936; Hewlett, 1961), {E} Perched Subsurface Stormflow (Weyman, 1970).

Tabla 4. *Calificación de los modelos hidrológicos con base a los sus criterios de selección*

Modelo Candidato	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	Total
HBV - Light	3	6	3	2	2	3	6	1	5	1	9	3	3	6	3	3	9	9	9	6	9	1	3	105
Topkapi Distribuido	6	3	6	5	5	3	6	9	9	1	9	6	3	9	9	3	3	5	9	3	3	6	1	122
Topkapi Agrupado	1	6	3	5	5	3	9	1	1	1	9	6	3	1	3	3	3	5	9	1	3	1	1	83
HEC-HMS	6	6	9	1	5	5	9	1	5	9	9	6	9	3	9	9	9	5	2	9	6	6	3	141
SWAT	9	6	6	8	2	5	3	3	5	9	9	3	9	6	9	3	9	9	6	9	9	6	6	149
ABC	1	6	1	1	2	3	2	1	1	1	9	1	3	1	3	1	1	1	2	1	1	1	3	47
TETIS Distribuido	**3**	**9**	**6**	**5**	**5**	**5**	**9**	**9**	**9**	**3**	**9**	**9**	**3**	**9**	**9**	**6**	**9**	**9**	**6**	**3**	**6**	**9**	**3**	**153**
TETIS agregado	1	6	3	2	2	1	2	1	1	1	9	9	3	1	3	1	3	1	6	1	3	1	3	64
SWMM	3	6	6	1	5	5	2	9	9	1	9	6	3	3	9	3	9	9	6	9	6	3	6	128
SWIM	3	6	6	8	2	3	3	3	5	9	9	3	9	6	9	6	9	5	6	9	3	1	6	129
MIKE-SHE (MIKE 11)	3	9	9	9	9	5	9	9	9	1	9	9	3	9	9	6	9	6	6	6	6	1	1	152
DHSVM	9	6	3	2	1	3	9	3	9	6	9	9	3	9	9	3	9	9	6	3	3	1	6	130
HSPF (USGS)	9	6	6	2	2	3	9	9	5	9	9	3	3	6	9	6	9	5	2	6	6	1	6	131
TopoFlow	6	9	9	7	1	1	9	9	9	1	9	6	3	9	9	3	3	1	6	1	1	3	6	121
WEAP	3	1	6	5	5	3	2	1	5	1	9	3	3	1	9	9	3	1	6	6	9	7	3	101
Hydro-BID	3	6	3	1	2	3	6	3	9	9	9	3	9	9	9	3	1	5	6	1	1	1	6	108
Hydrotel	6	3	9	8	2	3	9	9	9	1	9	3	3	6	9	3	7	5	6	3	1	1	6	121
TOPMODEL	3	6	3	5	1	1	6	9	9	1	9	9	9	6	9	3	3	9	6	6	3	1	6	123
VIC	6	6	6	1	5	3	3	9	5	1	9	6	3	9	3	6	9	3	6	9	9	6	6	129
GBHM	3	3	9	2	8	3	9	9	9	1	9	6	3	9	3	6	5	9	6	3	1	1	3	120
HYSTAR Model	1	6	9	1	8	3	6	6	9	3	9	6	3	9	9	9	5	9	6	1	1	1	3	123
ARIMA	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	9	3	3	1	9	1	1	9	9	6	9	1	9	82
ARIMAX	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	9	3	3	1	9	3	1	9	9	3	6	1	9	78
Redes Neuronales Artificiales (ANNs)	1	1	6	1	1	1	1	1	1	1	9	9	3	1	9	3	9	9	9	9	9	1	9	104

2.1. Modelo Hidrológico Seleccionado

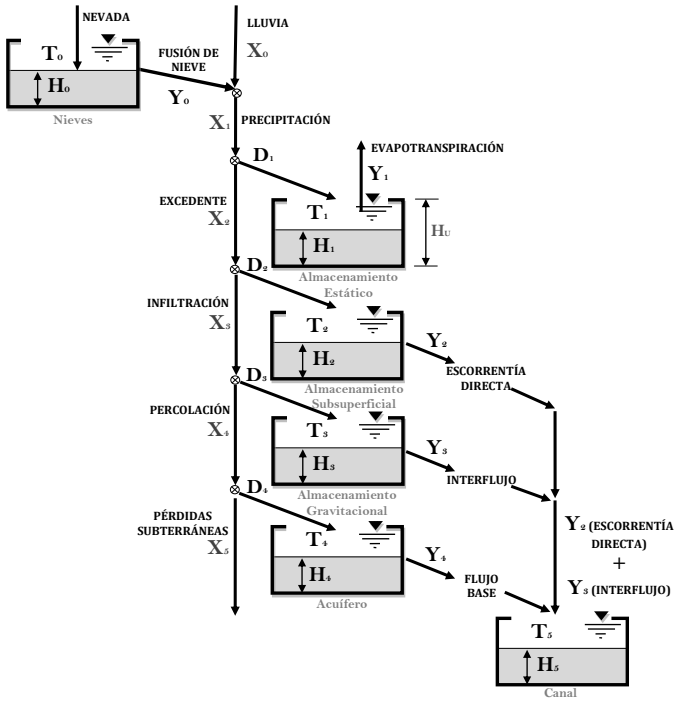
El modelo hidrológico distribuido TETIS ha sido implementado en diferentes regiones del mundo con resultados satisfactorios particularmente en Colombia, empleado para modelar la hidrología de cuencas húmedas de montaña y zonas secas. Dentro de sus principales virtudes se destaca su capacidad para simular mecanismos de producción de escorrentía por exceso de saturación y exceso de infiltración, interacción espacial horizontal y vertical del flujo desde un enfoque de modelación distribuida, lo que permite a este modelo aproximarse de forma razonable a los patrones reales de flujo, e involucrar explícitamente el efecto de la variabilidad y heterogeneidad espacial de variables y parámetros de modelación. Por ser un modelo dinámico, permite realizar simulaciones en la escala diaria, horaria o minutal en forma continua.

2.1.1. Modelo Hidrológico Distribuido TETIS

La generación de la escorrentía se basa en la realización de un balance hídrico en la cuenca, asumiendo que el agua se distribuye en cinco niveles o tanques de almacenamiento conceptual y conectados entre sí. El flujo entre los tanques es función del agua almacenada en ellos, por lo que las variables de estado son los volúmenes almacenados en cada uno de los tanques. La función que relaciona el flujo con estas variables de estado es función del esquema conceptual adoptado, del tipo de tanque y de las características morfológicas de la celda e hidrológicas del suelo en la misma (**Figura 1**).

Para su aplicación, se utiliza la siguiente información base: Topografía, Cobertura y uso de la tierra, Suelos (estudios generales de suelos de los departamentos de Tolima y Huila, incluyendo tipos de suelo y características físicas de éstos en relación con la textura, profundidad y propiedades hidráulicas), Geología (información espacial de litología, estructura y provincias hidrogeológicas, y estudios hidrogeológicos), Series hidrometeorológica (Información de las estaciones hidrometeorológicas y campañas históricas de aforo realizados en las áreas hidrográficas objeto de estudio).

Figura 1. *Esquema conceptual de celda del modelo TETIS*



Fuente: Francés, Vélez, & Vélez (2007).

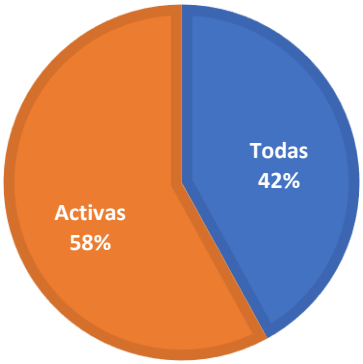
3. Información Base para la Modelación Hidrológica

La información necesaria para desarrollar el proceso de modelación hidrológica en el marco de la Evaluación Regional del Agua involucra las siguientes categorías:

- **Información Hidrometeorológica Histórica**: es necesaria para definir los periodos de calibración y validación de los modelos hidrológicos, y ser usada como datos de entrada a los modelos.
- **Información Cartográfica Temática**: se requiere para desarrollar el proceso de estimación de parámetros de los modelos hidrológicos previo a su calibración y validación.
- **Información de Conexiones Hidráulicas**: se utiliza para restituir los caudales de las estaciones hidrométricas al régimen natural y proceder con su calibración y validación, esta información hace referencia a la identificación de captaciones, vertimientos o retornos y trasvases de caudal en cada subzona hidrográfica objeto de modelación.

3.1. Información Meteorológica Histórica

El Catálogo Nacional de Estaciones del IDEAM reporta la presencia de 337 estaciones climatológicas y meteorológicas en el departamento del Tolima, de las cuales 197 son administradas por el IDEAM y 140 por parte de otras instituciones. No obstante, se encuentran activas 115 estaciones del IDEAM y 39 corresponden a otras instituciones (***Figura 2***).



Tipo Estación	Todas	Activas
Agrometeorológica	2	2
Climática Ordinaria	28	15
Climática Principal	21	18
Meteorológica Especial	13	2
Pluviográfica	17	12
Pluviométrica	113	65
Sinóptica Principal	1	0
Sinóptica Secundaria	2	1
Total	197	115

Figura 2*. Estaciones meteorológicas y climatológicas IDEAM en el Tolima. Elaboración Propia.*



Tipo Estación	Todas	Activas
Agrometeorológica	1	
Climática Ordinaria	12	7
Climática Principal	12	10
Meteorológica Especial	11	2
Pluviográfica	11	8
Pluviométrica	52	22
Sinóptica Principal	0	0
Sinóptica Secundaria	2	1
Total	101	50

Figura 3. *Estaciones meteorológicas y climatológicas IDEAM en el área de estudio del ERA fase II en el Tolima. Elaboración Propia.*

Para el área de estudio del ERA fase II, el Catálogo Nacional de Estaciones del IDEAM, reporta la presencia de 175 estaciones climatológicas y meteorológicas en el departamento del Tolima, de las cuales 101 son administradas por el IDEAM y 74 por parte de otras instituciones. No obstante, se encuentran activas 51 estaciones del IDEAM y 16 corresponden a otras instituciones (***Figura 3***)

En este contexto, fue necesario definir criterios para la selección de la información meteorológica y climatológica que resulte útil para el desarrollo del proyecto. En este sentido, se consultaron instituciones reconocidas a nivel global para definir la longitud del periodo de registro de series temporales de datos climatológicos y meteorológicos para ser utilizados en análisis hidrológicos, de manera que para este proyecto, se definió un periodo mínimo de observaciones de 20 años (***Tabla 5***), (MinAmbiente & UNAL, 2018; USGS, 2015; USGS, 2015; Salas et al., 2014; Westphal et al., 2003; Richard M. Vogel,l Member, ASCE, 1996; World Meteorological Organization, 2008, 2011). Así mismo, la Organización Meteorológica Mundial recomienda que para los análisis es deseable contar con series con más del 80 % de datos de años completos, siendo la resolución apropiada para el análisis en recursos hídricos la escala diaria.

Tabla 5. *Tamaño recomendado de series meteorológicas y climatológicas.*

Institución	Periodo de registro recomendado
IDEAM	15 años
USGS	20 años
ASCE	20 años
IPCC	100 años
Organización meteorológica mundial	30 años

Con base en lo anteriormente expuesto, en esta fase del proyecto se definieron los siguientes criterios de selección para la información meteorológica y climatológica que será utilizada, de manera que dichos criterios aplican para la información en superficie y la obtenida mediante teledetección:

1) Series con observaciones recientes y periodos de observación mayores iguales a 20 años.
2) Series temporales con más del 80 % de datos completos.
3) Series con datos consecutivos sin faltantes menores a tres años.
4) Estaciones activas por un periodo mayor de 20 años
5) Información con datos de acceso abierto

Finalmente, la ***Figura 4***, presenta el proceso de adquisición de la información climatológica y meteorológica, mediante la aplicación de criterios de selección, según la procedencia de la observación.

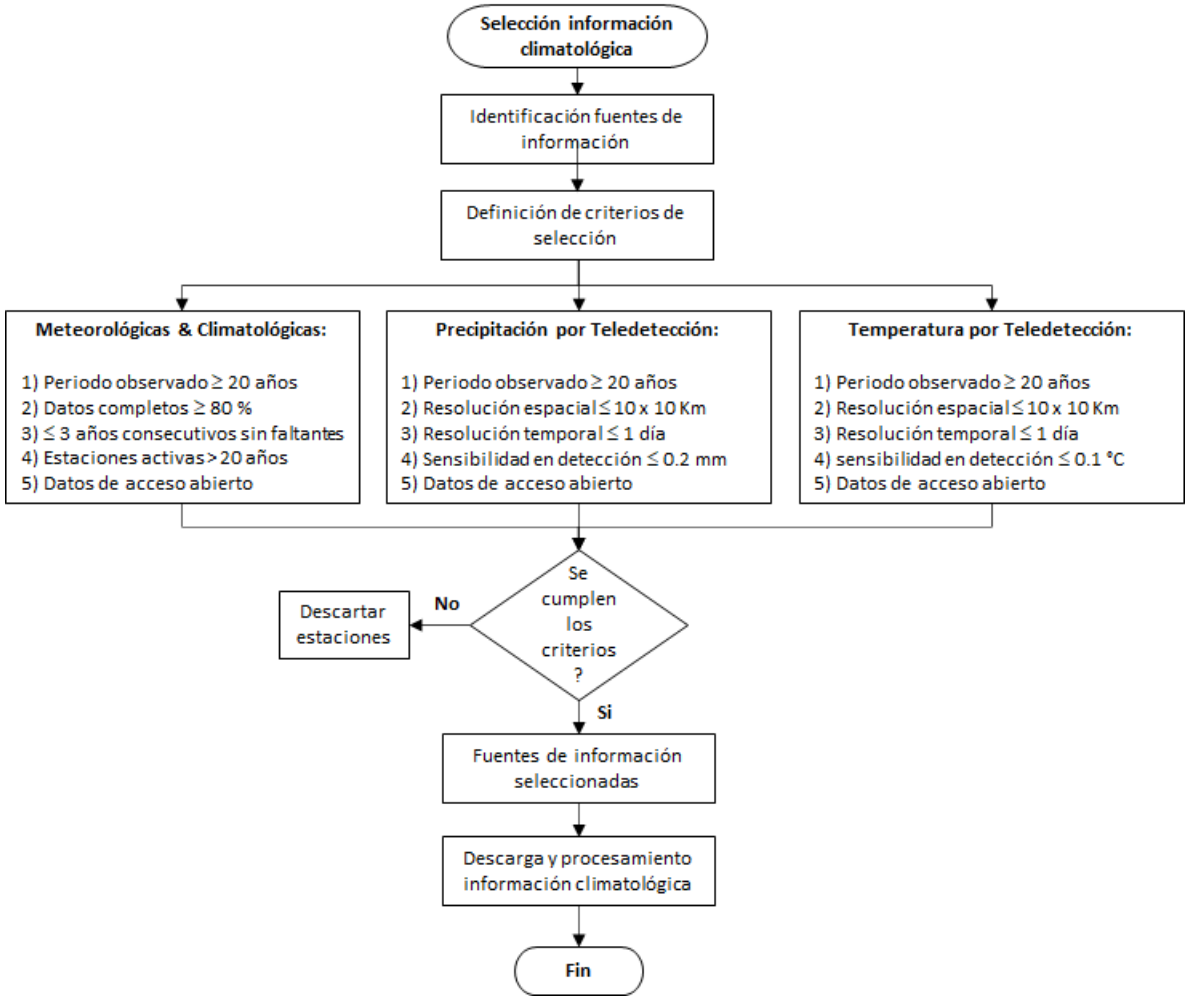


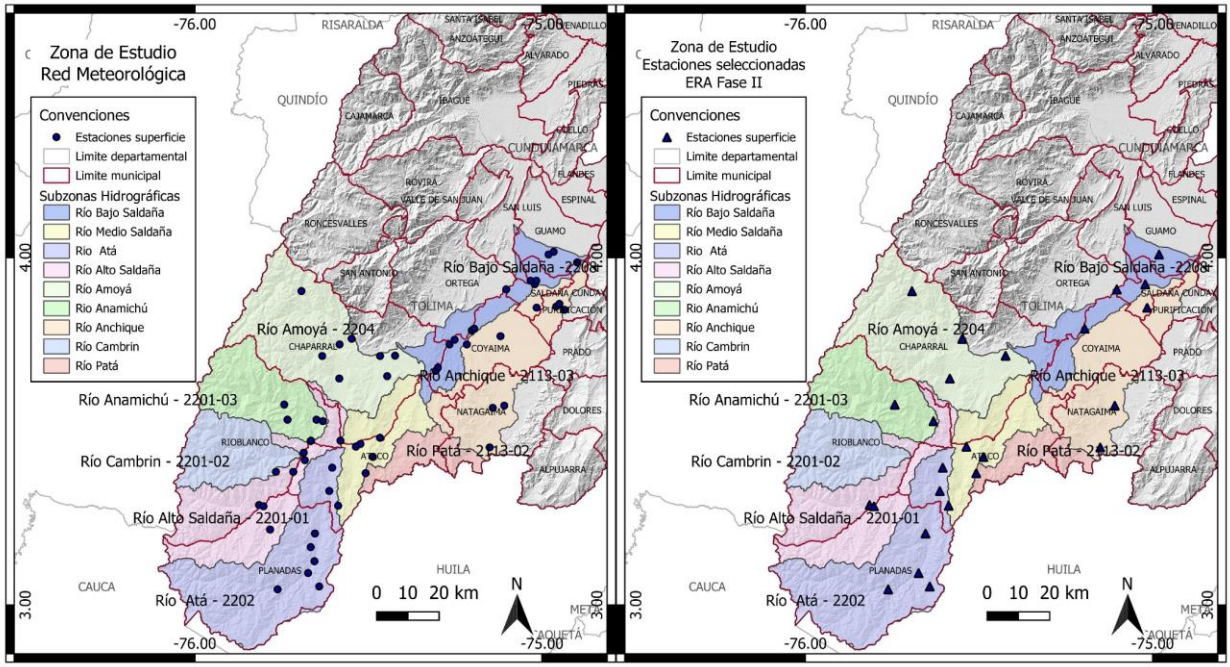
Figura 4. *Proceso de selección fuentes de información climatológica. Elaboración Propia.*

La información de precipitaciones, temperatura, y evapotranspiración, se encuentra disponible, en donde cada serie temporal corresponde a un vector.

3.1.1. Red de Estaciones Meteorológicas del IDEAM

El IDEAM cuenta con 197 estaciones climatológicas y meteorológicas en el departamento del Tolima, de las cuales 25 cumplen los criterios de selección definidos para este proyecto, estas se presentan en la ***Figura 5*** y ***Tabla 6***.

Las subzonas hidrográficas del río Tetuán y Ortega y del río Cucuana se analizan en la caracterización hidroclimatológica para efectos de la modelación hidrológica, en tal sentido en la ***Figura 5*** no se relacionan estas subzonas.



a) *b)*

Figura 5. *Red estaciones meteorológicas y climatológicas en la zona de estudio del ERA fase II en el departamento del Tolima a) estaciones reportadas en el catálogo IDEAM; b) estaciones que satisfacen criterios de selección para la ERA-Fase II ubicadas en la zona de estudio. Elaboración Propia.*

Tabla 6. *Estaciones IDEAM que satisfacen criterios de selección en ERA fase II en el departamento del Tolima*

Código	Estación	Ubicación	Corriente	Periodo	Latitud (N)	Longitud (W)	Elevación (m.s.n.m.)
21130180	Altamira Dc Hacienda	Natagaima	Quebrada Mucuya	1979 - 2021	3.45	75.15	500
21135020	Jabalcón	Saldaña	Orotoy	1963 - 2021	3.86	75.02	332
21135030	Anchique	Natagaima	Guaviare	1963 - 2021	3.57	75.11	415
21185030	Guamo	Guamo	-	1953 - 2021	4.01	74.98	332
22010010	Herrera	Rioblanco	Chicamocha	1973 - 2021	3.29	75.82	1620
22010070	Gaitan	Rioblanco	Guaviare	1980 - 2021	3.58	75.74	1568
2201500047	Herrera	Planadas	-	2018 - 2021	3.28	75.80	1615
22015020	Relator	Rioblanco	Quebrada Sardinata	1986 - 2021	3.53	75.63	1160
22020020	Pena Rica	Planadas	Quinamayo	1973 - 2021	3.05	75.76	1793
22020030	Gaitania	Planadas	Quebrada Yerbabuena	1973 - 2021	3.09	75.67	1476
22020040	Casa De Zinc	Ataco	Chicamocha	1973 - 2021	3.29	75.59	1737
22020050	Santiago Perez	Ataco	Fraile	1975 - 2021	3.40	75.60	732

Código	Estación	Ubicación	Corriente	Periodo	Latitud (N)	Longitud (W)	Elevación (m.s.n.m.)
22020060	Rioclaro	Planadas	Quinamayo	1986 - 2021	3.05	75.64	2326
22020070	Condor El	Ataco	Cabrera	1979 - 2021	3.33	75.61	755
2202500051	Planadas	Planadas	-	2017 - 2021	3.21	75.65	1300
22045020	Limón El	Chaparral	Timbio	1986 - 2021	3.65	75.58	130
22050030	Colache Hacienda	Coyaima	Ariari	1959 - 2021	3.80	75.20	384
22050060	San Jose D Hermosa	Chaparral	Guayabero	1973 - 2021	3.90	75.69	215
22050070	San Pedro	Ataco	Guaviare	1973 - 2021	3.43	75.49	1679
22050080	Pan De Azúcar	Ataco	Fraile	1975 - 2021	3.38	75.51	1800
22050090	Molino Murra	Saldaña	Ortega	1980 - 2021	3.92	75.02	324
22055020	Mesa De Pole	Ataco	Quebrada Mucuya	1968 - 2021	3.46	75.54	699
22060080	Pando El	Chaparral	Saldana	1973 - 2021	3.77	75.55	976
22060100	Piedras De Cobre	Saldaña	Guayabero	1979 - 2021	3.91	75.10	3594
22060110	Guaini	Chaparral	Cno Camoa	1986 - 2021	3.72	75.42	746

3.1.2. Red de Estaciones Meteorológicas de Otras Entidades

A continuación, se presentan las entidades que se consultaron para la obtención de información climatológica y en las cuales se evaluaron los criterios de selección.

3.1.2.1. Estaciones CENICAFÉ

Para el caso de las estaciones del Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFÉ) para este proyecto en el departamento del Tolima corresponden a las 6 estaciones presentadas en la ***Tabla 7***. En la ***Figura 6*** se presentan las estaciones que se encuentran en la zona de estudio del ERA fase II.

Tabla 7. *Estaciones Cenicafé para él ERA Tolima -Fase II*

Código	Estación	Ubicación	Corriente	Periodo	Latitud (N)	Longitud (W)	Elevación (m.s.n.m.)
22060120	Poco A Poco	Chaparral	Guabas	1991 - 2020	3.78	75.88	1340
22010050	Encanto El	Rioblanco	Ay Watcaru	1973 - 2020	3.55	75.7	1530
22020080	Andes Los	Planadas	Paila	1991 - 2020	3.18	75.65	1500
22050110	Montefrio	Natagaima	Cali	1982 - 2020	3.48	75.27	1500
21130090	Montefrio	Natagaima	Cali	1991 - 2020	3.48	75.27	1500
22045030	Irco Dosaguas	Chaparral	Anchicaya	1997 - 2020	3.67	75.62	1210

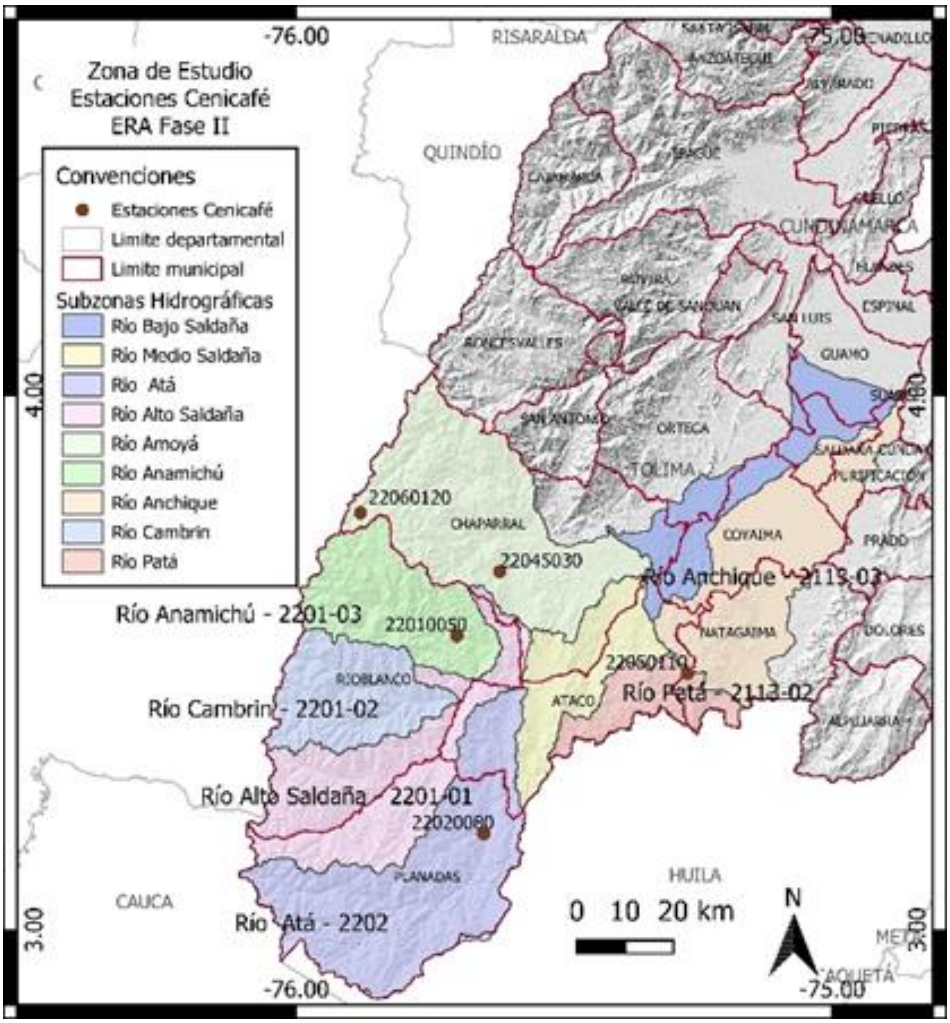


Figura 6. *Red estaciones de Cenicafé en el área de estudio del ERA Fase II en el departamento del Tolima. Elaboración Propia.*

En este caso, se indagó sobre la disponibilidad de la información de las estaciones de CENICAFÉ y se evidenció que los datos no están disponibles en la escala temporal (diaria) definida en él ERA Fase II.

3.1.2.2. Estaciones CORTOLIMA

La Corporación Autónoma Regional del Tolima (CORTOLIMA) tiene instaladas 7 estaciones meteorológicas en el departamento del Tolima. Sin embargo, al evaluar los criterios de selección establecidos en el estudio del ERA Fase II, se evidenció que ninguna cumple con dichos criterios (***Tabla 8***).

Tabla 8. *Estaciones CORTOLIMA*

ID	Nombre de la Estación	Tipo	Municipio, Ubicación	ZSH	Registro de Datos	N	E
M1	Cuenca Q. Guamal - Combeima	Meteorológica	Ibagué Cuenca Combeima	Coello	Jun-29-2019	4.5497	-75.3285
M2	Cuenca Q. El Botadero	Meteorológica	Villarrica - Cuenca Prado	Prado	Jul-9-2019	3.9548	-74.5931
M3	Sede territorial Norte CORTOLIMA	Meteorológica	Lérida - Zona Urbana	Lagunilla	Dic-08-2018	4.8676	-74.9123
M4	Centro de Atención Veterinaria CAV	Meteorológica	Ibagué - Sector Pastales	Coello	Dic-08-2018	4.5006	-75.2907
M5	Sede central CORTOLIMA	Meteorológica	Ibagué - Zona Urbana	Totare	Dic-08-2018	4.4331	-75.2111
M6	Sede territorial Sur oriente CORTOLIMA	Meteorológica	Purificación – Zona Urbana	Saldaña	Ene–27-2021	3.856	-74.9352
P1	Río Cócora	Pluviómetro	Ibagué - sector Laureles	Coello	Dic-08-2018	4.3643	-75.3685

3.1.2.3. Estaciones Electraguas

El Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas (anteriormente Instituto Colombiano De Energía Eléctrica (ELECTRAGUAS)), tiene 8 estaciones en el departamento del Tolima, no obstante, desde la década de los años 60 se encuentran suspendidas.

3.1.2.4. Estaciones INCORA

El Instituto Colombiano de la Reforma Agraria (INCORA), contaba con 6 estaciones en el departamento del Tolima, sin embargo, todas se encuentran suspendidas desde 1972.

3.1.2.5. Estaciones FEDEARROZ

La Federación Nacional de Arroceros tiene 8 estaciones ubicadas en la zona de estudio, estas se encuentran instaladas desde el 2012, por tal motivo no cumplen con los criterios de selección establecidos para el estudio ERA Fase II.

3.1.3. Información Satelital y de Radar

El departamento del Tolima no cuenta con instrumentos de radar meteorológico, sin embargo, la cobertura del Sistema de Alerta Temprana del Valle de Aburrá SIATA, cubre parte del norte del Tolima. Por lo tanto, se indagó sobre la disponibilidad obtener información y se encontró que el SIATA no guarda registros de lluvia en dicha zona.

Así mismo, la aeronáutica civil tiene el radar Tablazo, el cual cubre la zona de estudio, sin embargo, los registros han sido tomados a partir del 2015 (Vega Navarro & Jimenez Jaimes, 2018), por lo tanto, no cumple con los criterios de selección de la información establecidos para el estudio del ERA fase II.

Por otra parte, se realizó la búsqueda de información de precipitación y temperatura obtenida mediante teledetección satelital por parte de las siguientes instituciones: National Oceanic and Atmospheric Administration NOAA, Agencia Aeroespacial de los Estados Unidos -NASA-, El Departamento de Defensa de los Estados Unidos, las agencias aeroespaciales de: Europa -ESA-, Japón -JAXA-, India -ISRO-, Francia CNES, Brasil AEB, con el propósito de recopilar información de precipitación y temperatura en la zona de influencia del ERA fase II. En este sentido, se identificaron 33 satélites que reportan precipitación y cuatro, disponen de información de temperatura (***Tabla 9***). Así mismo, se analizó la información reportada por cada misión de satélite, de manera que los criterios definidos para introducir información satelital en la ERA fase II fueron los siguientes:

1. Periodo de registro mayor de 20 años
2. Resolución espacial menor igual a 10 x 10 Km
3. Resolución temporal diaria en información de precipitación y temperatura
4. Sensibilidad en la detección de la lluvia menor de 0.2 mm
5. Sensibilidad en la detección de la temperatura menor de 0.1 ˚C
6. Acceso abierto a la información.

Tabla 9. *Misiones de satélite que realizan mediciones de precipitación*

Fuente de la información	Administración Información	Tipo Información	Resolución espacial disponible	Resolución temporal disponible	Periodo de observación	Sensibilidad detección lluvia	Acceso a la información
GPM (Global Precipitation Measurement)	NASA JAXA	Nivel 2:GPM DPR and GMI Combined Precipitation L2B GPM PR and TMI on TRMM Combined Precipitation L2B Nivel 3:GPM IMERG Precipitation L3	Nivel 2: 5 km x 5 km Nivel 3: 11.3km x 11.3km	Nivel 2: 90 min Nivel 3: 30 min Diaria Mensual	Nivel 2: 2014 - Presente 1997 - 2015 Nivel 3: 2000 - 2020	Nivel 2: 0.2 mm/h Nivel 3: 0.2 mm/h	Disponible
TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission)	NASA JAXA	*Precipitation Radar (PR) *TRMM Microwave Imager (TMI) *Visible and Infrared Scanner (VIRS) *Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES) *Lightening Imaging Sensor (LIS)	Nivel 2: 5 km x 5 km Nivel 3: 27.75km x 27.75km	Nivel 2: *90 min *90 min Nivel 3: *180 min *Diaria	1997 - 2015	Nivel 2: 0.7 mm/h Nivel 3: 0.7 mm/h	Disponible
GOES (Geostationary Operational Environmental Satellites)	NASA NOAA	*Advanced Baseline Imager (ABI) *Extreme Ultraviolet and X-ray Irradiance Sensors (EXIS) *Solar Ultraviolet Imager (SUVI) *Magnetometer (MAG) *Space Environment In-Situ Suite (SEISS)	2 km x 2 km	Full disk 15 min	1994-presente	1 mm/h	Disponible parcialmente
Nimbus 1	NASA	*Advanced Vidicon Camera System (AVCS) *Automatic Picture Transmission (APT) *High-Resolution Infrared Radiometer (HRIR)	8 km x 8 km	5 min	1964-1974	N/A	No disponible
Nimbus 2	NASA	*Advanced Vidicon Camera System (AVCS) *Automatic Picture Transmission (APT) *High and Medium Resolution Infrared Radiometers (HRIR/MRIR)	8 km x 8 km	5 min	1966-1969	N/A	No disponible
Nimbus 3	NASA	*Satellite infrared spectrometer (SIRS) *Infrared interferometer spectrometer (IRIS) *High- and medium-resolution infrared radiometers (HRIR/MRIR) *Monitor of ultraviolet solar energy (MUSE) *Image dissector camera system (IDCS) *Radioisotope thermoelectric generator (RTG), SNAP-19 *Interrogation, recording and location system (IRLS)	8 km x 8 km	5 min	1969-1972	N/A	No disponible
Nimbus 4	NASA	*Image Dissector Camera System (IDCS) *Temperature-Humidity Infrared Radiometer (THIR) *Infrared Interferometer Spectrometer (IRIS) *Satellite Infrared Spectrometer (SIRS) *Monitor of Ultraviolet Solar Energy (MUSE) *Backscatter Ultraviolet (BUV) *Filter Wedge Spectrometer (FWS) *Selective Chopper Radiometer (SCR) *Interrogation, Recording, and Location System (IRLS)	8 km x 8 km	5 min	1970-1980	N/A	No disponible

Fuente de la información	Administración Información	Tipo Información	Resolución espacial disponible	Resolución temporal disponible	Periodo de observación	Sensibilidad detección lluvia	Acceso a la información
Nimbus 5	NASA	*Infrared Temperature Profile Radiometer (ITPR= *Selective Chopper Radiometer (SCR) *Nimbus E Microwave Spectrometer (NEMS) *Electrically Scanning Microwave Radiometer (ESMR) *Surface Composition Mapping Radiometer (SCMR) *Temperature/Humidity Infrared Radiometer (THIR)	8 km x 8 km	Diaria	1972-1977	N/A	No disponible
Nimbus 6	NASA	*Earth Radiation Budget (ERB) *Electrically Scanning Microwave Radiometer (ESMR) *High-Resolution Infrared Radiation Sounder (HIRS) *Limb Radiance Inversion Radiometer (LRIR) *Pressure Modulated Radiometer (PMR) *Scanning Microwave Spectrometer (SCAMS) *Temperature-Humidity Infrared Radiometer (THIR) *Tropical Wind Energy Conversion and Reference Level Experiment (TWERLE)	8 km x 8 km	Diaria	1975-1983	N/A	No disponible
Nimbus 7	NASA	*Coastal-Zone Color Scanner (CZCS) *Earth Radiation Budget (ERB) *Limb Infrared Monitoring of the Stratosphere (LIMS) *Stratospheric Aerosol Measurement II (SAM II) *Stratospheric and Mesopheric Sounder (SAMS) *Solar Backscatter UV and Total Ozone Mapping Spectrometer (SBUV/TOMS) *Scanning Multichannel Microwave Radiometer (SMMR) *Temperature-Humidity Infrared Radiometer (THIR)	8 km x 8 km	Diaria	1978-1994	N/A	No disponible
Seasat	NASA	*Radar Altimeter (ALT) *Laser Retro-Reflector (LRR) *Synthetic Aperture Radar (SAR) *SeaSat-A Scatterometer System (SASS) *Scanning Multichannel Microwave Radiometer (SMMR) *Visible and Infra Red Radiometer (VIRR)	13km x 15km	N/D	1978-1978	N/A	No disponible
DMSP F08	Department of Defense-Department of the Air Force (United States)	*Operational Linescan Systerm (OLS) *SEM / Special Sensor Gamma/X-ray Detector (SEM/SSB/X-2) *Special Sensor Microwave - Imager (SSM/I) *Special Sensor Microwave - Temperature (SSM/T) *SEM / Special Sensor Precipitating Electron and Ion Spectrometer - 4 (SEM/SSJ4) *SEM / Special Sensor Ionospheric Plasma Drift/Scintillation Monitor - 2 (SEM/SSI/ES-2)	25km x 25km	Diaria	1987-2006	5 mm/h	No disponible
DMSP F09	Department of Defense-Department of the Air Force (United States)	*Operational Linescan Systerm (OLS) *Special Sensor Microwave - Temperature (SSM/T) *SEM / Special Sensor Precipitating Electron and Ion Spectrometer - 4 (SEM/SSJ4) *SEM / Special Sensor Ionospheric Plasma Drift/Scintillation Monitor - 2 (SEM/SSI/ES-2)	25km x 25km	Diaria	1988-1994	5 mm/h	No disponible

Fuente de la información	Administración Información	Tipo Información	Resolución espacial disponible	Resolución temporal disponible	Periodo de observación	Sensibilidad detección lluvia	Acceso a la información
DMSP F10	Department of Defense-Department of the Air Force (United States)	*Operational Linescan Systerm (OLS) *SEM / Special Sensor Gamma/X-ray Detector (SEM/SSB/X-2) *Special Sensor Microwave - Imager (SSM/I) *Special Sensor Microwave - Temperature (SSM/T) *SEM / Special Sensor Precipitating Electron and Ion Spectrometer - 4 (SEM/SSJ4) *SEM / Special Sensor Ionospheric Plasma Drift/Scintillation Monitor - 2 (SEM/SSI/ES-2)	25km x 25km	Diaria	1990-1997	5 mm/h	No disponible
DMSP F11	Department of Defense-Department of the Air Force (United States)	*Operational Linescan Systerm (OLS) *SEM / Special Sensor Gamma/X-ray Detector (SEM/SSB/X-2) *Special Sensor Microwave - Imager (SSM/I) *Special Sensor Microwave - Temperature (SSM/T) *SEM / Special Sensor Precipitating Electron and Ion Spectrometer - 4 (SEM/SSJ4) *SEM / Special Sensor Ionospheric Plasma Drift/Scintillation Monitor - 2 (SEM/SSI/ES-2)	25km x 25km	Diaria	1991-2000	5 mm/h	No disponible
DMSP F12	Department of Defense-Department of the Air Force (United States)	*Operational Linescan Systerm (OLS) *SEM / Special Sensor Gamma/X-ray Detector (SEM/SSB/X-2) *Special Sensor Microwave - Imager (SSM/I) *Special Sensor Microwave - Temperature (SSM/T) *Special Sensor Microwave - Humidity (SSM/T 2) *SEM / Special Sensor Precipitating Electron and Ion Spectrometer - 4 (SEM/SSJ4) *SEM / Special Sensor Ionospheric Plasma Drift/Scintillation Monitor - 2 (SEM/SSI/ES-2) *SESS / Special Sensor Magnetometer (SEM/SSM)	25km x 25km	Diaria	1994-2008	5 mm/h	No disponible
DMSP F13	Department of Defense-Department of the Air Force (United States)	*Operational Linescan Systerm (OLS) *SEM / Special Sensor Gamma/X-ray Detector (SEM/SSB/X-2) *Special Sensor Microwave - Imager (SSM/I) *Special Sensor Microwave - Temperature (SSM/T) *Special Sensor Microwave - Humidity (SSM/T 2) *SEM / Special Sensor Precipitating Electron and Ion Spectrometer - 4 (SEM/SSJ4) *SEM / Special Sensor Ionospheric Plasma Drift/Scintillation Monitor - 2 (SEM/SSI/ES-2) *SESS / Special Sensor Magnetometer (SEM/SSM)	25km x 25km	Diaria	1995-2015	5 mm/h	No disponible
DMSP F14	Department of Defense-Department of the Air Force (United States)	*Operational Linescan Systerm (OLS) *SEM / Special Sensor Gamma/X-ray Detector (SEM/SSB/X-2) *Special Sensor Microwave - Imager (SSM/I) *Special Sensor Microwave - Temperature (SSM/T) *Special Sensor Microwave - Humidity (SSM/T 2) *SEM / Special Sensor Precipitating Electron and Ion Spectrometer - 4 (SEM/SSJ4) *SEM / Special Sensor Ionospheric Plasma Drift/Scintillation Monitor - 2 (SEM/SSI/ES-2) *SESS / Special Sensor Magnetometer (SEM/SSM)	25km x 25km	Diaria	1997-2017	5 mm/h	No disponible

Fuente de la información	Administración Información	Tipo Información	Resolución espacial disponible	Resolución temporal disponible	Periodo de observación	Sensibilidad detección lluvia	Acceso a la información
DMSP F15	Department of Defense-Department of the Air Force (United States)	*Operational Linescan Systerm (OLS) *SEM / Special Sensor Gamma/X-ray Detector (SEM/SSB/X-2) *Special Sensor Microwave - Imager (SSM/I) *Special Sensor Microwave - Temperature (SSM/T) *Special Sensor Microwave - Humidity (SSM/T 2) *SEM / Special Sensor Precipitating Electron and Ion Spectrometer - 4 (SEM/SSJ4) *SEM / Special Sensor Ionospheric Plasma Drift/Scintillation Monitor - 2 (SEM/SSI/ES-2) *SESS / Special Sensor Magnetometer - Boom (SEM/SSM - Boom)	25km x 25km	Diaria	1999-2021	5 mm/h	No disponible
Coriolis	NASA Department of Defense	*WindSat *Solar Mass Ejection Imager (SMEI)	25km x 25km	*101 min	2003-2021	N/A	Disponible
Aqua (EOS PM-1)	NASA	*Advanced Microwave Scanning Radiometer (AMSR-E) *Clouds and the Earths Radiant Energy System (CERES) *Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) *Advanced Microwave Sounding Unit (AMSU) *Atmospheric Infrared Sounder (AIRS) *Humidity Sounder from Brazil (HSB)	10km x 10km	*50min	2012-2021	5 mm/h	Disponible
GCOM-W (Global Change Observation Mission)	JAXA	*Advanced Microwave Scanning Radiometer - 2 (AMSR2)	15km x 15km	Diaria	2012-2021	1 mm/h	Disponible
Megha-Tropiques	ISRO CNES	*Microwave Analysis & Detection of Rain & Atmospheric Structures (MADRAS) *Radio Occultation Sounder of the Atmosphere (ROSA) *Sondeur Atmospherique du Profil d'Humidite Intertropicale par Radiometrie (SAPHIR) *Scanner for Radiation Budget (ScaRaB)	10km x 16km	Diaria	2011-2013	5 mm/h	Disponible
NOAA 18	NOAA	*Advanced Microwave Sounding Unit - A (AMSU-A) *Advanced Very High Resolution Radiometer / 3 (AVHRR/3) *High-resolution Infra Red Sounder / 4 (HIRS/4) *Microwave Humidity Sounding (MHS) *Search & Rescue Satellite-Aided Tracking System (S&RSAT) *Solar Backscatter Ultraviolet / 2 (SBUV/2) *Data Collection System / 2 (also called "Argos-2") (DCS/2) *SEM / Medium energy proton detector (SEM/MEPED) *SEM / Total Energy Detector (SEM/TED)	10km x 10km	*102 min	2005-2021	N/A	No disponible
NOAA 19	NOAA	*Advanced Data Collection System (also called "Argos-3") (A-DCS) *Advanced Microwave Sounding Unit - A (AMSU-A) *Advanced Very High Resolution Radiometer / 3 (AVHRR/3) *High-resolution Infra Red Sounder / 4 (HIRS/4) *Microwave Humidity Sounding (MHS) *Search & Rescue Satellite-Aided Tracking System (S&RSAT) *Solar Backscatter Ultraviolet / 2 (SBUV/2) *SEM / Medium energy proton detector (SEM/MEPED) *SEM / Total Energy Detector (SEM/TED)	10km x 10km	*102 min	2009-2021	N/A	No disponible

Fuente de la información	Administración Información	Tipo Información	Resolución espacial disponible	Resolución temporal disponible	Periodo de observación	Sensibilidad detección lluvia	Acceso a la información
NOAA 20	NOAA	*Advanced Technology Microwave Sounder (ATMS) *Cross-track Infrared Sounder (CrlS) *Ozone Mapping and Profiler Suite (OMPS-nadir) *Visible/Infrared Imager Radiometer Suite (VIIRS) *Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES)	10km x 10km	*101 min	2017-2021	N/A	No disponible
MetOp (Meteorological Operational Satellite Program of Europe)	EUMETSAT	*Advanced Data Collection System (also called "Argos-3") (A-DCS) *Advanced Microwave Sounding Unit - A (AMSU-A) *Advanced Scatterometer (ASCAT) *Advanced Very High Resolution Radiometer / 3 (AVHRR/3) *Global Ozone Monitoring Experiment - 2 (GOME-2) *GNSS Receiver for Atmospheric Sounding (GRAS) *High-resolution Infra Red Sounder / 4 (HIRS/4) *Infrared Atmospheric Sounding Interferometer (IASI) *Microwave Humidity Sounding (MHS) *Search & Rescue Satellite-Aided Tracking System (S&RSAT) *SEM / Medium energy proton detector (SEM/MEPED) *SEM / Total Energy Detector (SEM/TED)	25km x 25km	*101 min	2012-2021	N/A	No disponible
Suomi NPP	NASA NOAA Department of Defense	*Advanced Technology Microwave Sounder (ATMS) *Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES) *Cross-track Infrared Sounder (CrlS) *Ozone Mapping and Profiler Suite (OMPS-limb) *Ozone Mapping and Profiler Suite (OMPS-nadir) *Visible/Infrared Imager Radiometer Suite (VIIRS)	750m x 750m	*101 min	2011-2021	N/A	No disponible
DMSP F19	Department of Defense-Department of the Air Force (United States)	*Operational Linescan Systerm (OLS) *SEM / Special Sensor Gamma/X-ray Detector (SEM/SSB/X-2) *Special Sensor Microwave - Imager (SSM/I) *Special Sensor Microwave - Temperature (SSM/T) *Special Sensor Microwave - Humidity (SSM/T 2) *SEM / Special Sensor Precipitating Electron and Ion Spectrometer - 4 (SEM/SSJ4) *SEM / Special Sensor Ionospheric Plasma Drift/Scintillation Monitor - 2 (SEM/SSI/ES-2) *SESS / Special Sensor Magnetometer - Boom (SEM/SSM - Boom)	25km x 12.5km	Diaria	2014-2016	5 mm/h	No disponible
DMSP F16	Department of Defense-Department of the Air Force (United States)	*Operational Linescan Systerm (OLS) *SEM / Special Sensor Gamma/X-ray Detector (SEM/SSB/X-2) *Special Sensor Microwave - Imager (SSM/I) *Special Sensor Microwave - Temperature (SSM/T) *Special Sensor Microwave - Humidity (SSM/T 2) *SEM / Special Sensor Precipitating Electron and Ion Spectrometer - 4 (SEM/SSJ4) *SEM / Special Sensor Ionospheric Plasma Drift/Scintillation Monitor - 2 (SEM/SSI/ES-2) *SESS / Special Sensor Magnetometer - Boom (SEM/SSM - Boom)	25km x 12.5km	Diaria	2003-2019	5 mm/h	No disponible

Fuente de la información	Administración Información	Tipo Información	Resolución espacial disponible	Resolución temporal disponible	Periodo de observación	Sensibilidad detección lluvia	Acceso a la información
DMSP F17	Department of Defense-Department of the Air Force (United States)	*Operational Linescan Systerm (OLS) *SEM / Special Sensor Gamma/X-ray Detector (SEM/SSB/X-2) *Special Sensor Microwave - Imager (SSM/I) *Special Sensor Microwave - Temperature (SSM/T) *Special Sensor Microwave - Humidity (SSM/T 2) *SEM / Special Sensor Precipitating Electron and Ion Spectrometer - 4 (SEM/SSJ4) *SEM / Special Sensor Ionospheric Plasma Drift/Scintillation Monitor - 2 (SEM/SSI/ES-2) *SESS / Special Sensor Magnetometer - Boom (SEM/SSM - Boom)	25km x 12.5km	Diaria	2006-2021	5 mm/h	No disponible
DMSP F18	Department of Defense-Department of the Air Force (United States)	*Operational Linescan Systerm (OLS) *SEM / Special Sensor Gamma/X-ray Detector (SEM/SSB/X-2) *Special Sensor Microwave - Imager (SSM/I) *Special Sensor Microwave - Temperature (SSM/T) *Special Sensor Microwave - Humidity (SSM/T 2) *SEM / Special Sensor Precipitating Electron and Ion Spectrometer - 4 (SEM/SSJ4) *SEM / Special Sensor Ionospheric Plasma Drift/Scintillation Monitor - 2 (SEM/SSI/ES-2) *SESS / Special Sensor Magnetometer - Boom (SEM/SSM - Boom)	25km x 12.5km	Diaria	2009-2021	5 mm/h	No disponible
Meteosat	EUMETSAT ESA	*Data Collection Service (DCS) *Geostationary Search and Rescue (GEOS&R) *Geostationary Earth Radiation Budget (GERB) *Spinning Enhanced Visible Infra-Red Imager (SEVIRI)	30km x 30km	6 horas	2005-2021	5 mm/h	No disponible

Igualmente, fueron considerados los criterios de selección de información meteorológica y climatológica definidos en el numeral 3 ***Figura 4***, de manera que se indagó sobre la resolución temporal de la información proveniente de cada una de las misiones de satélite consultadas (***Tabla 10***) y de la misma manera, respecto de la resolución espacial (***Tabla 11***). Por lo tanto, la misión que satisface los criterios de selección definidos para la información de precipitación para la ERA Fase II, corresponde a misión Global Precipitation Measurement -GPM- que es conformada por una constelación de nueve satélites (Aeronautics et al., 2014).

Tabla 10. *Información lluvia satelital según resolución temporal disponible*

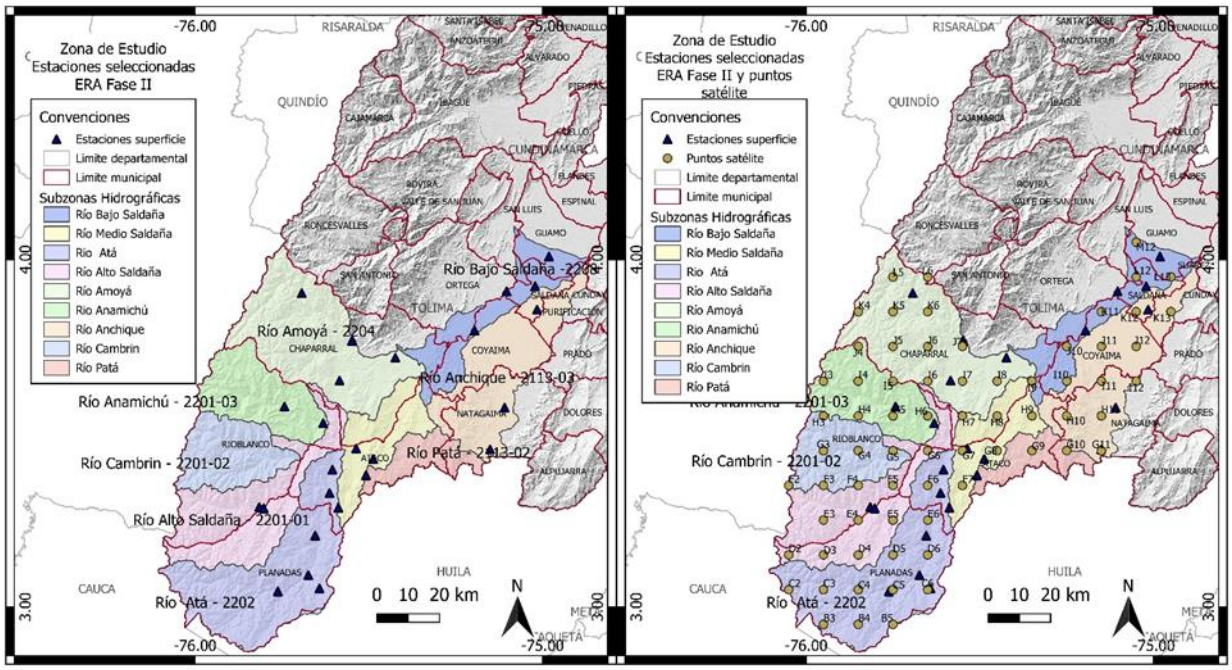
Satélite	Resolución Temporal																																										
	1964	1966	1969	1970	1972	1974	1975	1977	1978	1980	1983	1987	1988	1990	1991	1992	1994	1995	1997	1998	1999	2000	2002	2003	2005	2006	2008	2009	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2019	Actual
GPM Nivel 2																			90 min																		
GPM Nivel 3																						30 min - Diaria - Mensual															
TRMM Nivel 2																			90 min																		
TRMM Nivel 3																			180 min - Diaria																		
GOES																	15 min																				
Nimbus 1	5 min																																				
Nimbus 2		5 min																																			
Nimbus 3			5 min																																		
Nimbus 4				5 min																																	
Nimbus 5					Diaria																																
Nimbus 6							Diaria																														
Nimbus 7									Diaria																												
Seasat									N/D																												
DMSP F08												Diaria																									
DMSP F09												Diaria																									
DMSP F10														Diaria																							
DMSP F11															Diaria																						
DMSP F12																	Diaria																				
DMSP F13																		Diaria																			
DMSP F14																			Diaria																		
DMSP F15																					Diaria																
Coriolis																								101 min													
Aqua (EOS PM-1)																														50 min							
GCOM-W																														Diaria							
Megha-Tropiques																													Diaria								
NOAA 18																									102 min												
NOAA 19																												102 min									
NOAA 20																																					101 min
MetOp																														101 min							
Suomi NPP																													Diaria								101 min
DMSP F19																																Diaria					
DMSP F16																								101 min													
DMSP F17																																					Diaria
DMSP F18																																					Diaria
Meteosat																									6 horas												

Tabla 11. *Información lluvia satelital según resolución espacial disponible*

Satélite	Resolución Espacial (km x km)																																					
	1964	1966	1969	1970	1972	1974	1975	1977	1978	1980	1983	1987	1988	1990	1991	1992	1994	1995	1997	1998	1999	2000	2002	2003	2005	2006	2008	2009	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2019	Actual
GPM Nivel 2																			5 x 5																		
GPM Nivel 3																						11.3 x 11.3															
TRMM Nivel 2																			5 x 5																		
TRMM Nivel 3																			27.75 x 27.75																		
GOES																	2 x 2																				
Nimbus 1	8 x 8																																				
Nimbus 2		8 x 8																																			
Nimbus 3			8 x 8																																		
Nimbus 4				8 x 8																																	
Nimbus 5					8 x 8																																
Nimbus 6							8 x 8																														
Nimbus 7									8 x 8																												
Seasat									13 x 15																												
DMSP F08												25 x 25																									
DMSP F09												25 x 25																									
DMSP F10														25 x 25																							
DMSP F11															25 x 25																						
DMSP F12																	25 x 25																				
DMSP F13																		25 x 25																			
DMSP F14																			25 x 25																		
DMSP F15																					25 x 25																
Coriolis																								25 x 25													
Aqua (EOS PM-1)																														10 x 10							
GCOM-W																														15 x 15							
Megha-Tropiques																													10 x 16								
NOAA 18																									10 x 10												
NOAA 19																											10 x 10										
NOAA 20																																					10 x 10
MetOp																														25 x 25							
Suomi NPP																													0.75 x 0.75								
DMSP F19																																25 x 12.5					
DMSP F16																								25 x 12.5													
DMSP F17																										25 x 12.5											
DMSP F18																												25 x 12.5									
Meteosat																									30 x 30												

Por otra parte, la información del GPM es considerada apropiada para el uso en gestión del riesgo e investigación (Tan & Santo, 2018), dado que las recuperaciones integradas de información proveniente de la constelación de satélites GPM han mejorado su calidad significativamente respecto de la reportada por múltiples satélites de tipo TMPA de la misión TRMM en términos de resolución espacio-temporal (Liu et al., 2017). Así mismo, el acceso a la información no presenta restricciones y, por lo tanto, es posible adquirir series de precipitación de forma sencilla y de forma inmediata.

Con base en lo anteriormente expuesto, se generó una grilla de información satelital con la cual se complementa la información en superficie, tal como se describe en la ***Figura 7***.



(a) *(b)*

Figura 7. *Red climatológica a) estaciones IDEAM seleccionada ERA - Fase II-; b) Información estaciones IDEAM seleccionadas ERA - Fase II y satélite GPM_3IMERGDF_06. Elaboración Propia.*

Con el uso de la información meteorológica seleccionada se desarrollaron modelos de interpolación espacial de la lluvia y las temperaturas diarias mínima, media y máxima para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 1990 y el 31 de diciembre de 2021. Lo anterior con el propósito de completar la información meteorológica faltante espacial y temporal, con fin de ser usada en la modelación hidrológica. Para ello se realizó una implementación de modelos de aprendizaje de máquinas empleando como variables auxiliares candidatas la información meteorológica de las estaciones en terreno, la información satelital generada por GPM, y atributos del terreno como: elevación, curvatura del terreno, y pendiente. Para este caso de estudio se establecieron modelos generados a partir de ensamblajes de árboles de regresión aleatorizados (XGBoost) para la lluvia, el cual consiste en un ensamblado secuencial de árboles de decisión, los cuales se agregan secuencialmente con el fin de aprender del ajuste de los árboles previos y reducir el error producido por los mismos, para la temperatura diaria se utilizaron modelos de regresión lineal ajustados diariamente.

Con los modelos de interpolación implementados se obtuvieron eficiencias satisfactorias en entrenamiento y en validación, logrando coeficientes de Pearson en entrenamiento superiores a 0.9 y en validación superiores a 0.8 para el caso de la lluvia. Para el caso de la temperatura diaria se encontró que el método de interpolación

más adecuado es la regresión lineal y mejora notablemente la predicción en condiciones de extrapolación debido a su fuerte asociación con la elevación, dada la escasa información disponible en número de estaciones con registros de temperatura (37 estaciones), el método XGBoost no logra captar el patrón espacial de esta variable.

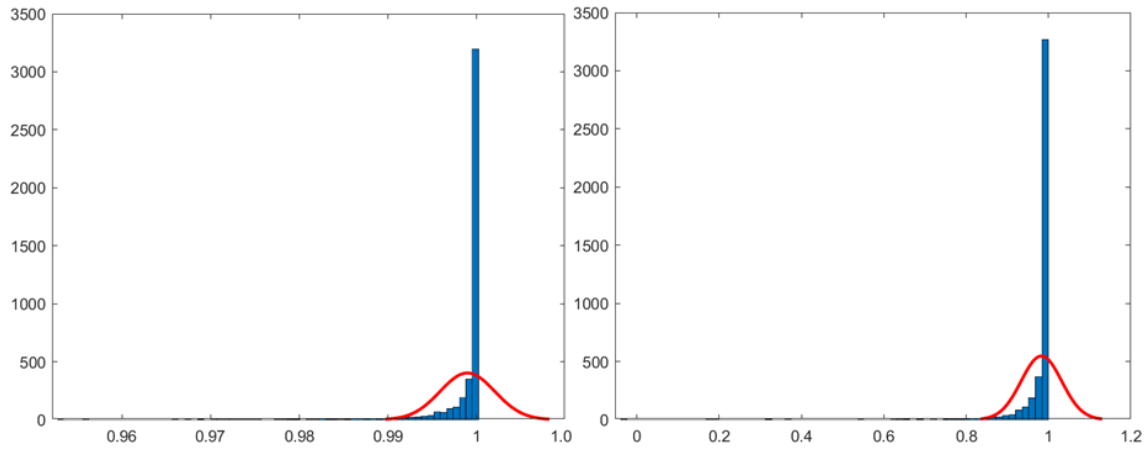


Figura 8. *Histograma de frecuencias del coeficiente de Pearson para el entrenamiento (izquierda) y validación (derecha) de los modelos XGBOOST de lluvia diaria (periodo 2000-2021)*

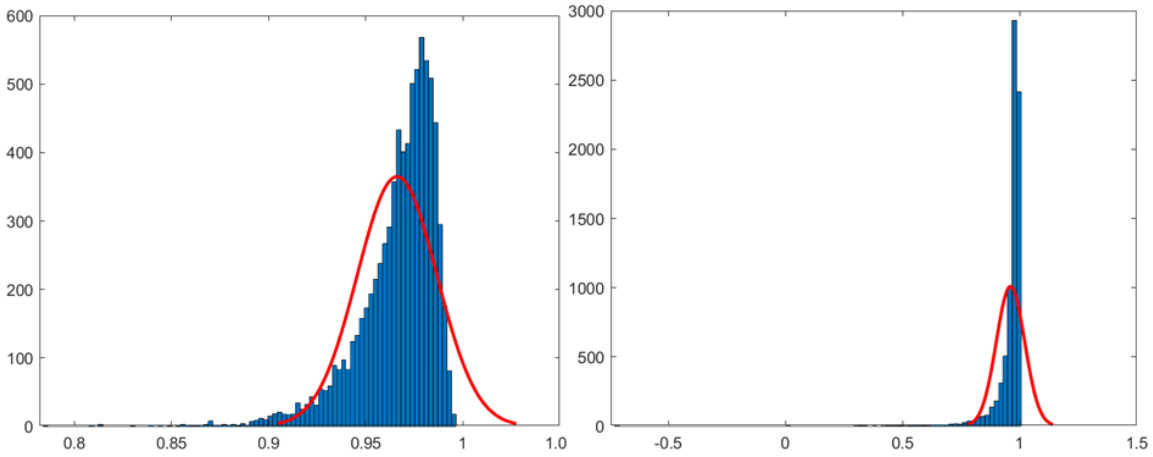


Figura 9. *Histograma de frecuencias del coeficiente de Pearson para el entrenamiento (izquierda) y validación (derecha) de los modelos Lineales de temperatura media (periodo 2000-2021)*

3.2. Información Hidrométrica Histórica

Para caracterizar el flujo superficial diario observado y utilizar sus valores para calibrar y validar el modelo hidrológico distribuido en la evaluación regional del agua en el departamento del Tolima Fase 2, se recopilo información de 24 estaciones

(limnigráficas y limnimétricas) por un periodo de 32 años (1990-2021). Las series de caudal fueron suministradas por Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y fueron descargados de la base de datos http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/. En la **Figura 10** se muestra la ubicación de las estaciones de medición, mientras que en la **Tabla 12** se presenta las estaciones de medición de caudal por cada subzona hidrográfica.

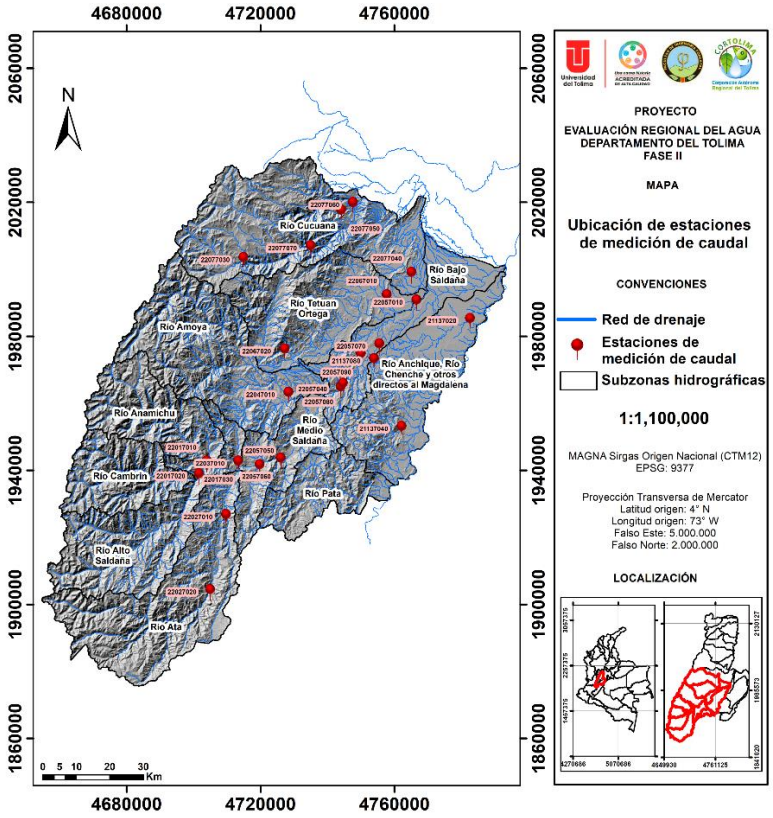


Figura 10. *Ubicación de estaciones de medición de caudal.*Es importante aclarar que se incluyó, tanto en el análisis de los caudales, como en la modelación hidrológica distribuida las subzonas hidrográficas Río Tetuán-Ortega y Río Cucuana, debido a que estas subzonas son tributarios del sistema de cuenca Saldaña, por lo tanto, se deben tomar en cuenta para obtener una cuantificación adecuada del balance hídrico en la cuenca del Río Saldaña.

Como se observa en la **Figura 10** y la **Tabla 12**, las subzonas hidrográficas río Cambrín, Río Pata al igual que algunos ríos de la subzona Río Anchique, Río Chenche y otros directos al Magdalena no cuentan con estaciones de medición de caudales para el ajuste del modelo hidrológico en estos sectores. En relación con las estaciones de medición de caudal que miden el aporte total del rendimiento hídrico a la salida de

cada subzona, se encontró que solo la subzona Anamichú, es la única que cumple con este requisito.

Tabla 12. *Estaciones de medición de caudal por subzona hidrográfica.*

Subzona Hidrográfica	Código (IDEAM) estación de Caudal
SZH Río Anchique, Río Chenche y otros directos al Magdalena	21137020 21137040 21137080
SZH Río Anamichú	22017010 22017030
SZH Río Ata	22027010 22027020
SZH Río Amoyá	22047010
SZH Río Alto Saldaña	22017020 22037010
SZH Río Medio Saldaña	22057050 22057060
SZH Río Bajo Saldaña	22057010 22057040 22057070 22057080 22057090
SZH Río Tetuán Ortega	22067010 22067020
SZH Río Cucuana	22077030 22077040 22077050 22077060 22077070

3.2.1. Número de Datos de Caudal Diario Analizados

En la **Tabla 12** se presenta una descripción detallada de la cantidad de datos (incluidos y excluidos) por cada estación de medición de caudal. Como se observa en la **Tabla 12**, las estaciones que se encuentran resaltadas en color amarillo son las que presentan datos faltantes superiores al 40% en relación número total de datos analizados. El periodo de datos analizados comprende un periodo de 32 años (01/01/1990-31/12/2021).

Tabla 13. *Cantidad de datos diarios por estación de caudal. Incluido (datos completos), excluido (datos faltantes).*

Id	Código (IDEAM) estación de Caudal	Incluido		Excluido		Total	
		n	Porcentaje	n	Porcentaje	n	Porcentaje
1	21137020	9784	83.7%	1904	16.3%	11688	100%
2	21137040	7157	61.2%	4531	38.8%	11688	100%
3	21137080	4458	38.1%	7230	61.9%	11688	100%
4	22017010	11378	97.3%	310	2.7%	11688	100%
5	22017020	10764	92.1%	924	7.9%	11688	100%

6	22017030	10489	89.7%	1199	10.3%	11688	100%
7	22027010	10788	92.3%	900	7.7%	11688	100%
8	22027020	11172	95.6%	516	4.4%	11688	100%
9	22037010	10291	88.0%	1397	12.0%	11688	100%
10	22047010	11211	95.9%	477	4.1%	11688	100%
11	22057010	11086	94.8%	602	5.2%	11688	100%
12	22057040	10930	93.5%	758	6.5%	11688	100%
13	22057050	10438	89.3%	1250	10.7%	11688	100%
14	22057060	9558	81.8%	2130	18.2%	11688	100%
15	22057070	10866	93.0%	822	7.0%	11688	100%
16	22057080	4684	40.1%	7004	59.9%	11688	100%
17	22057090	6949	59.5%	4739	40.5%	11688	100%
18	22067010	9821	84.0%	1867	16.0%	11688	100%
19	22067020	9771	83.6%	1917	16.4%	11688	100%
20	22077030	9325	79.8%	2363	20.2%	11688	100%
21	22077040	497	4.3%	11191	95.7%	11688	100%
22	22077050	9476	81.1%	2212	18.9%	11688	100%
23	22077060	10266	87.8%	1422	12.2%	11688	100%
24	22077070	4933	42.2%	6755	57.8%	11688	100%

3.3. Información para la Estimación de Parámetros de los Modelos

La estimación de los parámetros que controlan los umbrales de flujo y almacenamiento en el modelo hidrológico distribuido TETIS, es realizada a partir de la revisión exhaustiva de metodologías enfocadas en la determinación de valores modales de referencia a partir de información secundaria disponible como se presenta a continuación:

3.3.1. Coberturas y Usos de la Tierra

Para la espacialización y análisis de la cubierta vegetal, se consideró el Mapa de cobertura y uso de la tierra a escala 1:25.000 generada por CORTOLIMA y Universidad del Tolima proyecto "Análisis de los cambios de cobertura y uso de la tierra para el departamento del Tolima Fase 1 (2020)".

En el proceso de modelación hidrológica, la distribución y el estado de la cobertura y uso de la tierra repercuten de forma directa en el comportamiento y dinámica del ciclo hidrológico, involucrando parámetros tales como: la capacidad de intercepción de la lluvia, el almacenamiento superficial y las necesidades vegetativas del cultivo y/o cobertura en términos hídricos.

3.3.2. Mapa de Suelos y Capacidad de Uso de la Tierra

La información concerniente al tipo de suelo y capacidad de uso de la tierra es aportada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) en su Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento del Tolima a escala 1:100.000 (IGAC, 1997), Estudio General de Suelos del Departamento del Huila a escala 1:100.000

(IGAC, 1996) y el Estudio de Levantamiento de Suelos a escala 1:25.000 de la Cuenca del Río Amoyá (IGAC, 2018).

Los mapas de suelos y capacidad de uso de las tierras suministran información importante acerca del recurso suelo; a través de la descripción e interpretación de su génesis, características físicas, químicas, mineralógicas, morfológicas, taxonomía y distribución, como base para la determinación de sus potencialidades, limitaciones de uso y determinación de parámetros hidráulicos del perfil del suelo.

3.3.3. Información Geológica

Para la construcción del mapa, se integró información geológica de detalle generada en los POMCAS de los Ríos Amoyá (Cortolima, 2007), Mendarco (Cortolima, 2009), también se tuvieron en cuenta el mapa geológico a escala de 1:25.000 generado en el Plan de Manejo Ambiental del Acuífero del Sur del Tolima Fase 1 (Cortolima, 2018) y finalmente el mapa geológico a una escala 1:100.000 del Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2015). No se tuvo en cuenta la geología de los POMCAS de los Ríos Anamichú y Guanábano, ya que estos estudios usaron el mapa geológico del SGC (2015) para describir la geología superficial de estas cuencas.

3.3.4. Modelo de Elevación Digital

En el presente proyecto se utilizó información digital del terreno disponible en los repositorio de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA), programa Alaska Satellite Facility (ASF), instrumento ALOS PALSAR, siendo este uno de los tres mecanismos satelitales de observación avanzada de la tierra-1 (ALOS), proporcionando modelos corregidos radiométricamente (radiometrically terrain-corrected) en alta resolución. El modelo de elevación implementado corresponde a un modelo reescalado a 90 metros a partir del modelo de 12.5 metros, previamente corregido ortométricamente con base a la oscilación del elipsoide. Este modelo permitió una representación visual y matemática de los valores de altura con respecto al nivel medio del mar, caracterizando las formas del relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo, y previamente a su uso fue corregido hidrológicamente para calcular los parámetros derivado de la topografía para la modelación hidrológica tales como: pendiente, velocidad del flujo, direcciones de flujo y flujo acumulado. El proceso de corrección hidrológica, así como el cálculo de los parámetros del modelo hidrológico se presentan en el “Producto A5. Estimación de Parámetros Hidrosedimentológicos”.

3.3.5. Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCAS)

Con el fin de conceptualizar los sistemas hidrológicos a modelar se realizó la revisión literaria y cartográfica contenida en los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCAS) de las subzonas hidrográficas que disponen de esta herramienta de planificación. Esta conceptualización se basó en la identificación, caracterización y validación de conexiones hidráulicas u elementos artificiales que alteran el régimen natural de las corrientes hídricas a evaluar, esto como parte del proceso de calibración y validación de los modelos hidrológicos generados. Así mismo, para la definición de las Unidades Hidrográficas de Análisis (UHA) por subzona hidrográfica para el proyecto, se tomó a consideración las unidades hidrográficas caracterizadas en los POMCAS, de tal forma que se genere un seguimiento técnico y metodológico a estudios realizados logrando articular la ERA con estos instrumentos de planificación.

3.3.6. Parámetros de los modelos hidrológicos implementados

Los parámetros de los modelos hidrológicos de la ERA fueron calculados de acuerdo con su conceptualización en el modelo, correspondiendo a parámetros hidráulicos del suelo y el sustrato del suelo, parámetros de propagación del flujo de cauces, parámetros de evapotranspiración de referencia, capacidad de intercepción y parámetros derivados de la topografía. De los cuales se describe y presenta su procedimiento de cálculo para las 8 subzonas hidrográficas en el documento: “Producto A5. Estimación de Parámetros Hidrosedimentológicos”.

4. Representación Conceptual del Sistema Hidrológico

Conceptualizar los sistemas hidrológicos permiten caracterizar los múltiples elementos de oferta y demanda hídrica superficial sobre un área de captación, permitiendo el entendimiento de diversos problemas entorno a la gestión del agua a partir de sistemas de soporte a la decisión (SSD). Esto favorece la planificación y gestión de cuencas con necesidad de diseño de esquemas básicos y el planteamiento de alternativas de abastecimiento de las demandas ante eventuales cambios en el régimen hidrológico.

Contemplar los diferentes elementos demandantes del recurso permite la restitución de los caudales al régimen natural reconocido como el principal determinante en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos y ribereños, que al ser alterados provocan la degradación ambiental de estos ecosistemas (Poff et al., 2010). Así mismo, la restitución de estos caudales al régimen natural sirve de soporte al proceso de calibración del modelo hidrológico para las unidades de análisis.

Para ello, se especializaron en cada subzonas hidrográfica evaluada todos aquellos elementos que artificialmente alteran el régimen natural ya sea para el abastecimiento de acueductos; concesiones agrícolas, piscícolas o industriales; trasvases o por pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH). Se consideró la información contenida en el Sistema de Información del Recurso Hídrico (SIRH) de la Corporación e información secundaria proveniente de la revisión de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCAS) de las subzonas que disponen de este.

Para la definición de las demandas consuntivas de uso agrícola, piscícola, industrial, trasvase o pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH) se tomaron caudales concesionados iguales o superiores a 40 l/s considerando este límite como un volumen a partir del cual la extracción es significativa. De igual manera, las demandas consuntivas para el abastecimiento de acueductos veredales se consideraron caudales por encima de los 20 l/s, a diferencia de las demandas para acueductos municipales considerándose la totalidad de su demanda. A fin de establecer tramos representativos, se agruparon todas aquellas concesiones cercanas estableciendo focos puntuales de alteración al régimen natural de los caudales para fines de modelación y calibración del modelo hidrológico.

4.1. Identificación y Validación de las Conexiones Hidráulicas Existentes

Para la espacialización de los principales sistemas de captación sobre las corrientes superficiales para las subzonas de estudio en la ERA Fase 2, se desarrollaron talleres de identificación y validación de dichas estructuras hidráulicas con técnicos y profesionales del área de recursos hídricos de la Corporación en las territoriales pertinentes.




COMPONENTE
HIDROBIOLOGICO





Figura 11. *Taller de identificación del identificación y validación de conexiones hidráulicas (Territorial Sur - Chaparral)*





Figura 12. *Taller de identificación del identificación y validación de conexiones hidráulicas (Territorial Suroriente - Purificación)*En total se identificaron 73 conexiones hidráulicas) con un caudal concesionado superior a 40 l/s distribuidas (**Figura 13**) sobre las subzonas de análisis de la siguiente manera:

Tabla 14. *Conexiones hidráulicas representativas identificadas para las subzonas hidrográficas de la ERA Fase 2.*

Subzona Hidrográfica	Número de Concesiones	Caudal Total Concesionado (l/s)
Río Atá	1	64.44
Río Alto Saldaña	1	42.12
Río Patá	1	92.12
Río Medio Saldaña	5	417.74
Río Amoyá	9	18,724
Ríos Anchique, Chenche y	17	1,685.25

Directos al Magdalena		
Río Bajo Saldaña	19	46,995.97
Ríos Tetúan y Ortega	11	1,761.04
Río Cucuana	9	21,278.68
Total		**91,061.36**

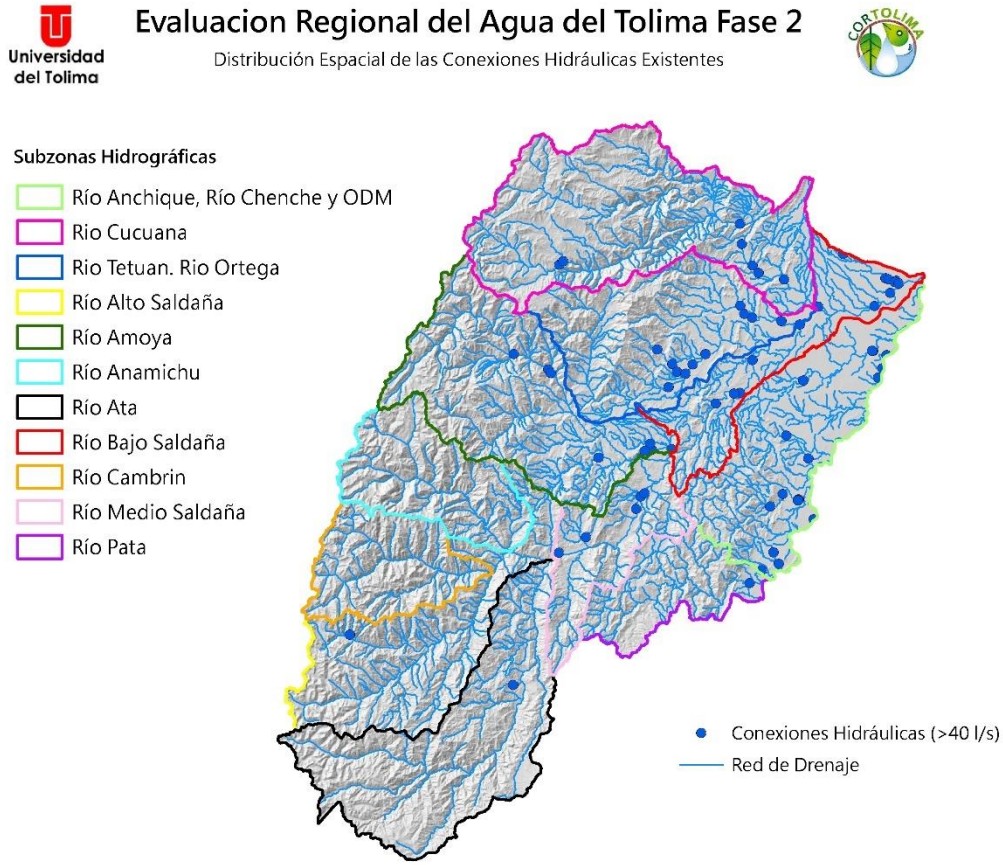


Figura 13. *Distribución espacial de las conexiones hidráulicas identificadas y validadas para las subzonas de la ERA Fase 2*

4.1.1. Subzona hidrográfica del río Atá

Sobre el río Atá se presenta una captación por parte del Municipio de Planadas para consumo humano y doméstico de 64.44 l/s realizada sobre la corriente de la quebrada San Pablo, ubicada a la altura del casco urbano del municipio de Planadas.

4.1.2. Subzona hidrográfica del río Alto Saldaña

Para la subzona del río Alto Saldaña se identifica sobre la parte alta de cuenca una captación para uso piscícola de 42.12 l/s realizada sobre la quebrada el purgatorio por parte de la Asociación de Truchas el Triunfo, ubicada sobre el municipio de Rioblanco.

4.1.3. Subzona hidrográfica del río Cambrín

No se identifican captaciones mayores o iguales a 40 l/s concesionados sobre esta subzona según las bases de datos como el Maestro de Aguas de la Corporación o el Sistema de Información del Recurso Hídrico (SIRH).

4.1.4. Subzona hidrográfica del río Anamichú

No se identifican captaciones mayores o iguales a 40 l/s concesionados sobre esta subzona según las bases de datos como el Maestro de Aguas de la Corporación o el Sistema de Información del Recurso Hídrico (SIRH).

4.1.5. Subzona hidrográfica del río Patá

Se identifica sobre la subzona del río Patá una concesión en la parte baja de cuenca de 92.12 l/s para uso agrícola realizada sobre el cauce principal del río, a la altura de los centros poblados Las Brisas y La Palmita del municipio de Natagaima.

4.1.6. Subzona hidrográfica del río Medio Saldaña

Para la subzona del río Medio Saldaña en la parte alta se identificaron dos captaciones, la primera, situada sobre el río Saldaña aguas arriba del centro poblado Mesa de Pole del municipio de Ataco con un caudal concesionado de 52.5 l/s para uso agrícola, la segunda, ubicada sobre la corriente de la quebrada Copete con un caudal de 60.24 l/s para uso agrícola – pecuario en el municipio de Chaparral. En la parte baja de la subzona se encuentran tres captaciones situados sobre el río Saldaña aguas

arriba de casco urbano del municipio de Ataco con caudales de 160, 100 y 45 l/s para uso agrícola.

4.1.7. Subzona hidrográfica del río Amoyá

Para la subzona del río Amoyá se localiza una de las concesiones de mayor caudal e impacto sobre el recurso hídrico como lo es la captación por parte de Isagen S.A. E.S.P. ubicada en la parte alta de la cuenca sobre su cauce principal con un caudal concesionado de 18,000 l/s para la generación de energía eléctrica. Seguidamente aguas abajo se localizan las captaciones realizadas por la empresa prestadora de servicios públicos de Chaparral EMPOCHAPARRAL sobre el río Amoyá y la quebrada San Jorge, con un caudal de 130 l/s cada una. Por último, en la parte baja de la cuenca se la captación de ASOTULUNI realizada sobre la quebrada Tuluní con un caudal de 120 l/s; tres captaciones ubicadas sobre la corriente principal del río Amoyá de 120, 75 y 58 l/s; una captación sobre la quebrada el Neme con caudal de 41 l/s; y otra sobre la quebrada Guaní con un caudal de 50 l/s. Estas últimas captaciones son destinadas para uso agrícola.

4.1.8. Subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña

En la subzona del río Bajo Saldaña se presentan captaciones con altos caudales concesionados de los cuales se encuentra el Distrito de Riego Triangulo del Tolima de la Agencia de Desarrollo Rural (ADR) con una caudal de 20,300 l/s ubicado sobre el río Saldaña aguas arriba del centro poblado Guaipa del municipio de Ortega. Seguidamente a la altura de este mismo centro poblado (Guaipa) se sitúan tres concesiones con caudales de 100, 100 y 50 l/s y una captación más sitiada aguas abajo del casco urbano de Coyaima de 120 l/s sobre el río Saldaña para uso agrícola. Otra gran captación realizada sobre el río Saldaña es la realizada por la Asociación de Usuarios del Distrito de Adecuación de Tierras de Gran Escala del Río Saldaña (USOSALDAÑA) con un caudal de 25,000 l/s para uso agrícola – piscícola, situado aguas arriba del casco urbano del municipio de Saldaña. Igualmente sobre este tramo aguas abajo se sitúa la captación Agroprocesos Orgánicos S.A. Pronagro S.A. para uso agrícola con un caudal de 100 l/s realizada sobre esta misma corriente. En la parte baja de la cuenca del río Saldaña se ubican la captaciones sobre la quebrada Arenosa (afluente de la quebrada Lemaya) para consumo humano y doméstico por parte del municipio del Guamo con un caudal de 75.06 l/s; captación sobre el río Saldaña a la altura de los centros poblados santa Inés y Normandía con un caudal de 52.41 l/s para uso agrícola; captación sobre el río Saldaña aguas arriba de la confluencia de la quebrada Lemaya con un caudal de 286 l/s para uso agrícola; y captaciones sobre la

quebrada Lemaya aguas arriba de la confluencia al río Saldaña a la altura del centro poblado Rincón Santo Centro para uso agrícola con un total concesionado en este tramo de 812.5 l/s.

4.1.9. Subzona hidrográfica de los río Anchique, Chenche y Directos al Magdalena

Sobre esta subzona se sitúan captaciones representativas distribuidas de la siguiente manera: al sur de la subzona hidrográfica sobre quebradas Nacaroco, Yaco y Zancudo se localizan captaciones de 100, 196.5 y 150.3 l/s realizadas por el Resguardo Indígena de Anacarco, la Piscícola Canadá y la Sociedad Acuícola de Colombia S.A.S. para uso agrícola, pecuario y piscícola respectivamente. Así mismo sobre le río Magdalena se localiza una captación de 80 l/s para uso agrícola, situada a la altura del centro poblado Velú del municipio de Natagaima. Sobre el río Anchique en la parte baja se cuenta con cinco captaciones principales tales como la realizada por la Empresa de Servicios Públicos de Natagaima (ESPUNAT) con un caudal concesionado de 60 l/s para consumo humano y doméstico, y cuatro captaciones más de privados con caudales de 221.5, 70, 70 y 70 l/s para uso agrícola situadas a la altura del centro poblado Rincón Anchique del Municipio de Natagaima. Otros captaciones derivadas de afluentes directos al Magdalena se encuentran en la quebrada Guaguarco con un caudal de 61.2 l/s para uso Industrial, la quebrada Baloca Grande (afluente de la quebrada Guaguarco) con un caudal de 70 l/s para uso agrícola, al norte las captaciones sobre el río Magdalena de 66, 80 y 70 l/s, las dos primeras para uso agrícola, y la última para consumo humano y doméstico realizada por la Empresa de Servicios Públicos de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Municipio de Purificación. Por último, sobre el río Cheche, aguas abajo de la represa Chenche Soleado realizada por el Distrito de Riego Triangulo del Tolima de la Agencia de Desarrollo Rural (ADR), se sitúa una primer captación realizada por el Fondo Ganadero del Tolima con un caudal de 150 l/s para uso agrícola sobre esta corriente principal, seguidamente a la altura del casco urbano del municipio de Purificación se encuentran dos captaciones para consumo humano y doméstico y para uso agrícola con caudales de 50 y 120 l/s, esta última captación realizada por la Agroavícola Italia.

4.1.10. Subzona hidrográfica de los ríos Tetúan y Ortega

Para el río Tetúan se cuenta con importantes captaciones: aguas arriba del centro poblado Olaya Herrera se encuentra la primera concesión con un caudal de 65.33 l/s para uso agrícola; a la altura del centro poblado Los Guayabos sobre la quebrada Macule se encuentra la captación para consumo humano y doméstico por parte del

Municipio de Ortega con un caudal de 45.41 l/s; sobre esta misma corriente (quebrada Macule) se sitúan dos concesiones de 150 y 44.1 l/s para uso agrícola. Aguas abajo del centro poblado Olaya Herrera sobre el río Tetúan se encuentran tres concesiones de 100, 100 y 90.2 l/s, las dos primeras para uso agrícola y la última para uso agrícola – consumo humano y doméstico. Para el río Ortega se cuentan con tres concesiones ubicadas a la altura del casco urbano del municipio de Ortega con caudales de 800, 60 y 138 l/s para uso agrícola; y una última concesión sobre este mismo río aguas arriba de la confluencia al río Magdalena con un caudal de 168 l/s por parte del Resguardo Indígena Paso Ancho.

4.1.11. Subzona hidrográfica del río Cucuana

Sobre el río Cucuana las principales captaciones en la parte alta de la cuenca con dos concesiones atribuidas a Celsia Colombia S.A. E.S.P. sobre el río Cucuana y el río San Marcos de 4,469.6 y 2,031.58 l/s respectivamente para generación hidroeléctrica. En la parte media y baja de la cuenca se presentan concesiones del orden de los 70, 127.5, 100 y 1,200 l/s realizadas sobre el río Cucuana para uso agrícola, siendo esta última la más significativa realizada por parte de Arrocera San Miguel S.A.S. Aguas arriba del centro poblado Hato de Iglesia sobre el río Cucuana, se presenta una última captación realizada por la Asociación de Usuarios del Distrito de Adecuación de Tierras de los Ríos Coello y Cucuana (USOCOELLO) con una captación de 13,280 l/s de los cuales 1,870 l/s son destinados para la Asociación de Usuarios de Distrito de Riego de Mediana Escala del Guamo (USOGUAMO) y 500 l/s para ASOGUADALAJARA., captaciones destinadas para uso agrícola.

Tabla 15. *Inventario conexiones hidráulicas identificadas sobre las subzonas definidas en la ERA Fase 2.*

Usuario	Uso	Código	Fuente Hídrica	Caudal Concesionado (L/s)	POMCA	Mpio	Latitud Bocatoma	Longitud Bocatoma
Asociación de Truchas El Triunfo	Piscícola	2201-01.13.6	Quebrada El Purgatorio	42.12	Alto Saldaña	Rioblanco	3.305725	-75.969387
Gil Rondón José Lucas	Agrícola	2208	Bajo Saldaña	100	Bajo Saldaña	Ortega	3.775818	-75.218391
Nazario Vergara Vidales	Agrícola	2208	Bajo Saldaña	100	Bajo Saldaña	Ataco	3.575035	-75.409049
Sánchez Diaz Carlos Roberto	Agrícola	2208	Bajo Saldaña	52.41	Bajo Saldaña	Guamo	3.944607	-74.959371
Asociación de Usuarios del Distrito de Adecuación de Tierras de Gran Escala del Rio Saldaña - USOSALDAÑA	Agrícola - Piscícola	2208	Bajo Saldaña	25000	Bajo Saldaña	Coyaima	3.908917	-75.103139
Diana Corporación S.A.S	Agrícola	2208.1	Quebrada Lemaya	55	Bajo Saldaña	Guamo	3.999008	-74.937881
Agroprocesos orgánicos S.A.	Agrícola	2208	Bajo Saldaña	100	Bajo Saldaña	San Luis	3.943393	-75.067855
PRONAGRO S.A.	Agrícola	2208.1	Quebrada Lemaya	300	Bajo Saldaña	Guamo	3.996667	-74.93175
Diana Corporación S.A.S	Agrícola	2208	Bajo Saldaña	50	Bajo Saldaña	Ortega	3.774528	-75.230083
Luz Nelly Ortiz de Caycedo	Consumo Humano y Doméstico	2208.1.1	Quebrada Arenosa	75.06	Bajo Saldaña	Ortega	4.045658	-75.019964
Municipio del Guamo	Agrícola	2208	Bajo Saldaña	286	Bajo Saldaña	Guamo	3.970445	-74.928806
Botero Uribe Alberto	Agrícola	2208	Bajo Saldaña	20300	Bajo Saldaña	Coyaima	3.755026	-75.265134
Agencia de Desarrollo Rural - ADR	Agrícola	2208	Bajo Saldaña	100	Bajo Saldaña	<Null>	3.774528	-75.230083
Vergara Vergara Manuel Ignacio	Agrícola	2208.1	Quebrada Lemaya	73	Bajo Saldaña	<Null>	3.990902	-74.920027
<Null>	Agrícola	2208.1	Quebrada Lemaya	44	Bajo Saldaña	<Null>	3.994328	-74.917689
<Null>	Agrícola	2208.1	Quebrada Lemaya	44	Bajo Saldaña	<Null>	3.994328	-74.917689
<Null>	Agrícola	2208.1	Quebrada Lemaya	78	Bajo Saldaña	<Null>	3.990902	-74.920027
<Null>	Agrícola	2208.1	Quebrada Lemaya	95.5	Bajo Saldaña	<Null>	3.988397	-74.912922
<Null>	Agrícola	2208.1	Quebrada Lemaya	73	Bajo Saldaña	<Null>	3.988397	-74.912922
<Null>	Agrícola	2208.1	Quebrada Lemaya	50	Bajo Saldaña	<Null>	3.988397	-74.912925
Juan de la Rosa Correcha	Agrícola	2208	Bajo Saldaña	120	Bajo Saldaña	<Null>	3.839328	-75.194754
Empresa de Servicios Públicos de Acueducto Alcantarillado y Aseo del Municipio de purificación Tolima	Consumo Humano y Doméstico	2115	Río Magdalena	70	Directos al Magdalena entre Ríos Cabrera y Sumapaz	Purificación	3.849528	-74.93575

Usuario	Uso	Código	Fuente Hídrica	Caudal Concesionado (L/s)	POMCA	Mpio	Latitud Bocatoma	Longitud Bocatoma
E.S. P								
Lozano Trujillo Natasha y Otro	Agrícola	2203	Medio Saldaña	160	Medio Saldaña	Ataco	3.55062	-75.41818
Zambrano Diaz Diego Fernando	Agrícola	2203	Medio Saldaña	45	Medio Saldaña	Ataco	3.581457	-75.401358
Empresa Comunitaria La Planicie	Agrícola	2203	Medio Saldaña	52.5	Medio Saldaña	<Null>	3.465354	-75.566619
Goliat S.A. y/o Héctor Fernando Garzón A.	Agrícola - Pecuario	2203.6.1	Quebrada Copete	60.24	Medio Saldaña	<Null>	3.496039	-75.514884
Torres Molina Daniel	Agrícola	2204	Rio Amoyá	120	Rio Amoyá	<Null>	3.663083	-75.401778
Isagen S.A. E.S.P	Generación Eléctrica	2204	Rio Amoyá	18000	Rio Amoyá	Chaparral	3.850153	-75.654994
E.S.P. Chaparral EMPOCHAPARRAL	Consumo Humano y Doméstico	2204	Rio Amoyá	130	Rio Amoyá	Chaparral	3.820722	-75.588611
E.S.P. Chaparral EMPOCHAPARRAL	Consumo Humano y Doméstico	2204.7	Quebrada San Jorge	130	Rio Amoyá	Chaparral	3.813639	-75.583556
Garzón Uribe Luz Yanneth	Agrícola	2206.4.7	Quebrada Macule	150	Rio Amoyá	Chaparral	3.831417	-75.348722
Henry Calderón García	Agrícola	2204	Rio Amoyá	58	Rio Amoyá	Chaparral	3.665196	-75.388051
García González Luis Santana	Agrícola	2204.1	Quebrada Guaní	50	Rio Amoyá	Chaparral	3.666944	-75.349444
Agropecuaria Chatoya Ltda.	Agrícola	2204.2	Quebrada El Neme	41	Rio Amoyá	Chaparral	3.676923	-75.391773
Torres Molina Daniel	Agrícola	2204	Rio Amoyá	75	Rio Amoyá	<Null>	3.663177	-75.402074
ASOTULUNI	Agrícola	2204.34	Quebrada Tuluní	120	Río Amoyá	Chaparral	3.649701	-75.490732
Martha, Luis, Juan Y Carlos Marín	Industrial	2113-03.7	Quebrada Guaguarco	61.2	Río Anchique, Río Chenche y Otros directos al Magdalena	Natagaima	3.693889	-75.128611
Agroavícola Italia	Agrícola	2113-03.2	Rio Chenche	120	Río Anchique, Río Chenche y Otros directos al Magdalena	Purificación	3.858028	-74.961889
Rodríguez Lozano Mateo	Consumo Humano y Doméstico	2113-03.2	Rio Chenche	50	Río Anchique, Río Chenche y Otros directos al Magdalena	Purificación	3.858139	-74.963586
Esneda Perdomo de Vasques y Otros	Agrícola	2113-03	Rio Magdalena	80	Río Anchique, Río Chenche y Otros directos al Magdalena	Natagaima	3.531744	-75.075319
Riaño Tovar Mónica Elena	Agrícola	2113-03.11	Rio Anchique	221.25	Río Anchique, Río Chenche y Otros directos al Magdalena	Natagaima	3.580528	-75.135722

Usuario	Uso	Código	Fuente Hídrica	Caudal Concesionado (L/s)	POMCA	Mpio	Latitud Bocatoma	Longitud Bocatoma
Empresa de Servicios Públicos de Natagaima E.S.P de Natagaima ESPUNAT S. A	Consumo Humano y Doméstico	2113-03.11	Rio Anchique	60	Río Anchique, Río Chenche y Otros directos al Magdalena	Natagaima	3.556259	-75.159689
Tole Benito	Agrícola	2113-03.11	Rio Anchique	70	Río Anchique, Río Chenche y Otros directos al Magdalena	Natagaima	3.569906	-75.104364
Ospina Arciniegas Ana María	Agrícola	2113-03.11	Rio Anchique	70	Río Anchique, Río Chenche y Otros directos al Magdalena	Natagaima	3.568592	-75.105617
Sociedad Acuícola de Colombia S.A.S	Agrícola - Piscícola	2113-03	Directos Rio Magdalena	150.3	Río Anchique, Río Chenche y Otros directos al Magdalena	Natagaima	3.445629	-75.142397
Casta Producciones Y Cia S.C.S.	Agrícola	2113-03	Rio Magdalena	66	Río Anchique, Río Chenche y Otros directos al Magdalena	Purificación	3.806137	-74.951887
Herrán Mora Angelina	Agrícola	2113-03	Rio Magdalena	80	Río Anchique, Río Chenche y Otros directos al Magdalena	Purificación	3.824389	-74.943833
Fondo Ganadero Del Tolima S.A	Agrícola	2113-03.2	Rio Chenche	150	Río Anchique, Río Chenche y Otros directos al Magdalena	Coyaima	3.800308	-75.096281
Luis Alfonso Marín	Agrícola	2113-03	Directos Rio Magdalena	70	Río Anchique, Río Chenche y Otros directos al Magdalena	Natagaima	3.649874	-75.086206
Piscícola Canadá	Agrícola - Pecuario	<Null>	Magdalena	196.5	Río Anchique, Río Chenche y Otros directos al Magdalena	Natagaima	3.467587	-75.153184
Ana María Ospina	Agrícola	2113-03.11	Anchique	70	Río Anchique, Río Chenche y Otros directos al Magdalena	Natagaima	3.56844	-75.10604
Resguardo Indígena de Anacarco	Agrícola	2113-03.14	Quebrada Nacaroco	100	Río Anchique, Río Chenche y Otros directos al Magdalena	<Null>	3.432875	-75.175364
Municipio de Planadas	Consumo Humano y Doméstico	2202.11	Quebrada San Pablo	64.44	Rio Ata	Planadas	3.209549	-75.654243

Usuario	Uso	Código	Fuente Hídrica	Caudal Concesionado (L/s)	POMCA	Mpio	Latitud Bocatoma	Longitud Bocatoma
ARROCERA SAN MIGUEL S.A.S	Agrícola	2207	Rio Cucuana	1200	Rio Cucuana	<Null>	4.008261	-75.182868
ASOC. DE USUAR DEL DISTRITO DE RIEGO DE MEDIANA ESCALA DEL GUAMO USOGUAMO	Agrícola	2207	Rio Cucuana	1870	Rio Cucuana	<Null>	3.99632	-75.133888
ASOCIACION DE USUARIOS DEL DISTRITO DE ADECUACION DE TIERRAS DE LOS RIOS COELLO Y CUCUANA - "USOCOELLO"	Agrícola	2207	Rio Cucuana	10910	Rio Cucuana	<Null>	3.99632	-75.133888
AGUILAR DE TRIANA Y OTROS MARIA ELVIA	Agrícola	2207	Rio Cucuana	100	Rio Cucuana	<Null>	4.022727	-75.195209
CELSIA COLOMBIA S.A. E.S.P.	Generación hidroeléctrica	2207	Rio Cucuana	4469.6	Rio Cucuana	<Null>	4.0229	-75.567498
CELSIA COLOMBIA S.A. E.S.P.	Generación hidroeléctrica	2207.26	Rio San Marcos	2031.58	Rio Cucuana	<Null>	4.029969	-75.560147
Benjamín Galvis Donoso	Agrícola	2207	Rio Cucuana	127.5	Rio Cucuana	Ortega	4.064097	-75.215844
ASOGUADALAJARA .	- - - Agrícola - - -	2207	Rio Cucuana	500	Rio Cucuana	<Null>	3.99632	-75.133888
GIRON DIAZ GABRIEL .	- - - Agrícola - - -	2207	Rio Cucuana	70	Rio Cucuana	<Null>	4.103293	-75.218963
Alvarez Quesada Nelly	Agrícola	2113-02.1.2	Rio Pata Tolima	92.12	Rio Pata	Natagaima	3.407846	-75.199173
Jesus Alberto Matiz Sociedad Inversiones Maldonado	Agrícola	2206.2	Rio Ortega	138	Rio Tetuan - Rio Ortega	<Null>	3.921653	-75.195146
Agroindustrial Saldaña	Agrícola	2206.4	Rio Tetuan	100	Rio Tetuan - Rio Ortega	<Null>	3.851098	-75.285145
AGROPECUARIA OLAYA SOTO Y CIA S EN C. .	- - - Agrícola - - -	2206.4.7	Quebrada Macule	44.1	Rio Tetuan - Rio Ortega	<Null>	3.816666	-75.339907
Resguardo Indigena Paso Ancho	Sin especificar	2206.2	Rio Ortega	168	Rio Tetuan - Rio Ortega	<Null>	3.915886	-75.139262
Agroporvenir	Agrícola	2206.2	Rio Ortega	800	Rio Tetuan - Rio Ortega	<Null>	3.945	-75.218
Ines, Beatriz y Alfonso Galvis Santofimio	Agrícola - Consumo Humano y Doméstico	2206.4	Rio Tetuan	90.2	Rio Tetuan - Rio Ortega	<Null>	3.830694	-75.3095
Carlos Eduardo Trujillo Soto	Sin especificar	2206.4	Rio Tetuan	65.33	Rio Tetuan - Rio Ortega	<Null>	3.786941	-75.356476

Usuario	Uso	Código	Fuente Hídrica	Caudal Concesionado (L/s)	POMCA	Mpio	Latitud Bocatoma	Longitud Bocatoma
Municipio de Ortega	Sin especificar	2206.4.7	Quebrada Macule	45.41	Rio Tetuan - Rio Ortega	<Null>	3.859633	-75.378129
Inversiones Barragan Lugeiro Barragan Ospina	Sin especificar	2206.2	Rio Ortega	60	Rio Tetuan - Rio Ortega	<Null>	3.928966	-75.210241
Rodrigo Alvira Ossa	Agrícola	2206.4	Rio Tetuan	100	Rio Tetuan - Rio Ortega	<Null>	3.813193	-75.323676

4.2. Unidades Hidrológicas de Análisis (UHA)

El análisis espacial y temporal de estado, dinámica y tendencia de los recursos hídricos en estudios regionales, debe abordar un nivel de detalle aún mayor que los definidos en los estudios de orden nacional tales como los Estudios Nacionales del Agua (ENA) desarrollados en el país. Lo anterior conlleva a integrar unidades espaciales de análisis de mayor resolución establecidas dentro de los diferentes instrumentos de planificación existentes como Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA), Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH) o estudios del recurso hídrico desarrollados sobre las subzonas objeto del presente estudio.

En la **Tabla 16** se presentan las unidades de análisis adoptadas por los instrumentos de planificación del recurso hídrico existentes como los POMCA (río Amoyá, río Anamichú, río Mendarco y quebrada Guanábano) y el Estudio de Balance Hídrico para el río Saldaña.

Tabla 16. *Unidades de Análisis contempladas en los instrumentos de planificación del recurso hídrico existentes.*

Instrumento de Planificación	Subzona	Corriente Hídrica	Código
Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA)	Río Amoyá	Quebrada Morales	2204.19
		Quebrada El Diamante	2204.18
		Quebrada Las Nieves	2204.23
		Quebrada La Rivera	2204.14
		Quebrada San José	2204.12
		Quebrada Tequendama	2204.28
		Río Davis	2204.29
		Río Negro	2204.8
		Quebrada San Jorge	2204.7
		Quebrada Grande	2204.31
		Río Ambeima	2204.32
		Quebrada de Irco	2204.33
		Quebrada El Totumo	2204.34.13
		Quebrada El Neme	2204.2
		Río Amoyá	2204
	Río Anamichú	Quebrada La Leona	2201.03.10
		Quebrada El Ahogado	2201.03.8
		Quebrada La Catalina	2201.03.7

Instrumento de Planificación	Subzona	Corriente Hídrica	Código
		Río San José	2201.03.11
		Río Negro	2201.03.6
		Quebrada Yarumal	2201.03.13
		Río Verde	2201.03.5
		Quebrada La Ilusión	2201.03.15
		Quebrada San Mateo	2201.03.16
		Quebrada Tolima	2201.03.3
		Río La Quebrada	2201.03.17
		Río Blanco	2201.03.1
		Río Anamichú	2201.03
	Quebrada Guanábano	Quebrada Copete	2203.6.1
		Quebrada Guanabanito y tributarios	2203.6.4
		Quebrada La Barrialosa y tributarios	2203.6.3
		Quebrada El Chorro	2203.6.2
		Quebrada El Guanábano	2203.6
	Río Mendarco	Quebrada Palmicho y tributarios	2201.01.1.7
		Quebrada El Pital	2201.01.1.6
		Quebrada Muchimba y tributarios	2201.01.1.5
		Quebrada Tiemblanalga	2201.01.1.4
		Quebrada El Grillo	2201.01.1.3
		Quebrada El Gallo	2201.01.1.2
		Quebrada La Cristalina	2201.01.1.1
		Río Mendarco	2201.01.1
Balance Hídrico Subzona Hidrográfica del Río Saldaña	Río Saldaña	Río Alto Saldaña	2201.01
		Río Cambrín	2201.02
		Río Cucuana	2207
		Río Amoyá	2204
		Río Atá	2202
		Río Anamichú	2201.03
		Río Tetúan	2206.4
		Río Ortega	2206.2
		Río Medio Saldaña	2203
		Río Bajo Saldaña	2208
		Quebrada Paipita	2203.12.7
		Quebrada San Jorge	2204.7
		Río Anaba	2206.2.9
		Quebrada San Pablo	2202.11
		Quebrada El Quebradón	2201.01.13.4

Instrumento de Planificación	Subzona	Corriente Hídrica	Código
		Quebrada El Arbolito	2207.38
		Quebrada San Antonio	2206.4.19

Así mismo, la interacción de los hidrosistemas con las estructuras hidráulicas u obras de extracción/captación de agua superficial, los aportes de carga contaminante a cuerpos receptores de vertimientos, y el grado de erosión potencial de las cuencas son materia de interés en la cuantificación y calificación del estado, dinámica y tendencia del recurso hídrico dada su rápida variación en el espacio y en el tiempo de la calidad del agua.

En este sentido, para la Evaluación Regional del Agua (ERA) para el departamento del Tolima, se definieron criterios de selección y adopción de Unidades Hidrológicas de Análisis (UHA) considerando aspectos relevantes de acuerdo con los lineamientos del IDEAM. Estos criterios son los siguientes:

- Unidades hídricas de análisis establecidas en los instrumentos de planificación del recurso hídrico existentes.
- División de cuerpos de agua en función del ingreso de corrientes secundarias de importancia.
- Conexiones hidráulicas del hidrosistema (aportes de caudal, extracciones, retornos).
- Presencia de cascos urbanos o centros poblados que pudieran tener influencia en la calidad del agua superficial.
- Ingreso de vertimientos directamente en la corriente de estudio o indirectamente, a través de otros cuerpos de agua.
- Grado de erodabilidad del suelo (USDA).

4.2.1. Subzona hidrográfica del río Atá

Sobre la subzona hidrográfica del río Atá se definieron un total de 15 unidades hidrológicas de análisis (UHA) las cuales representan adecuadamente la variabilidad del flujo superficial debido a cambios en la oferta, demanda y calidad del recurso hídrico (**Figura 14**). Dentro de las corrientes principales se contemplan las Quebradas Barranca, Montalvo, Paujil y Quebradón, y los Ríos Claro, San Miguel y Tamara, como

principales aportantes hidrológicos al régimen natural del cauce principal de la subzona (**Tabla 17**).

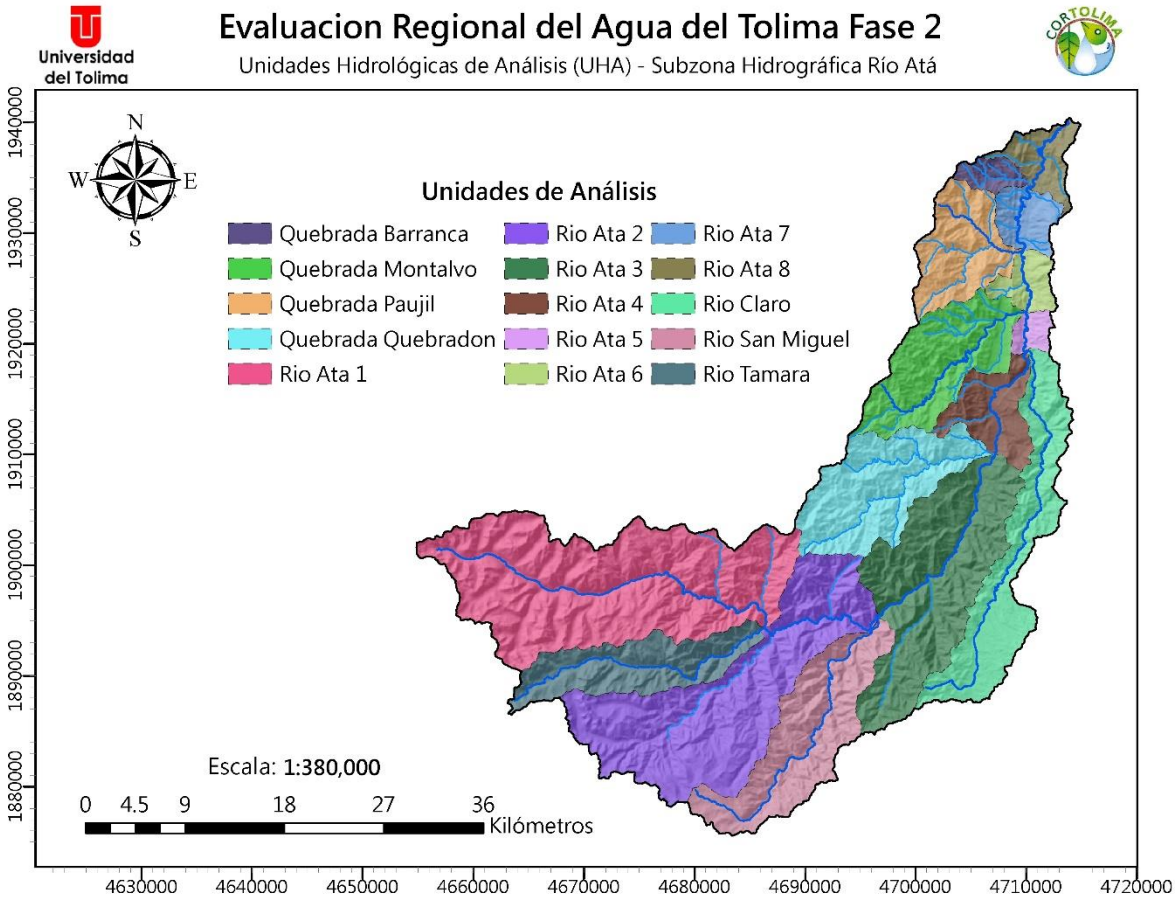


Figura 14. *Espacialización de las Unidades Hidrológicas de Análisis definidas para la Subzona del Río Atá*

Tabla 17. *Unidades Hidrológicas de Análisis definidas para la Subzona Hidrográfica del Río Atá*

SZH	Corriente	UHA	Código	Descripción
Río Atá	Río Atá	Río Atá 7	Rio_Ata_8	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Barranca - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
	Quebrada Barranca	Quebrada Barranca	Quebrada_Barranca	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Atá
	Río Atá	Río Atá 6	Rio_Ata_7	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada El Paujil - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Barranca
	Quebrada El Paujil	Quebrada El Paujil	Quebrada_Paujil	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Atá
	Río Atá	Río Atá 6	Rio_Ata_6	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Montalvo - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada El Paujil
	Quebrada Montalvo	Quebrada Montalvo	Quebrada_Montalvo	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Atá
	Río Atá	Río Atá 5	Rio_Ata_5	Desde aguas debajo de la confluencia del Río Claro - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Montalvo
	Río Claro	Río Claro	Rio_Claro	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Atá
	Río Atá	Río Atá 4	Rio_Ata_4	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada El Quebradón - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río Claro
	Quebrada El Quebradón	Quebrada El Quebradón	Quebrada_Quebradon	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Atá
	Río Atá	Río Atá 3	Rio_Ata_3	Desde aguas debajo de la confluencia del Río San Miguel - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada El Quebradón
	Río San Miguel	Río San Miguel	Rio_San_Miguel	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Atá
	Río Atá	Río Atá 2	Rio_Ata_2	Desde aguas debajo de la confluencia del Río Tamara - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río San Miguel
	Río Tamara	Río Tamara	Rio_Tamara	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Atá
	Río Atá	Río Atá 1	Rio_Ata_1	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río Tamara

4.2.2. Subzona hidrográfica del río Alto Saldaña

Sobre la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña se definieron un total de 10 unidades hidrológicas de análisis (UHA) las cuales representan adecuadamente la variabilidad del flujo superficial debido a cambios en la oferta, demanda y calidad del recurso hídrico (**Figura 15**). Dentro de las corrientes principales se contemplan la Quebrada Lindosa, y los Ríos Candelario, Hereje, Mendarco y Siquila, como principales aportantes hidrológicos al régimen natural del cauce principal de la subzona (**Tabla 18**).

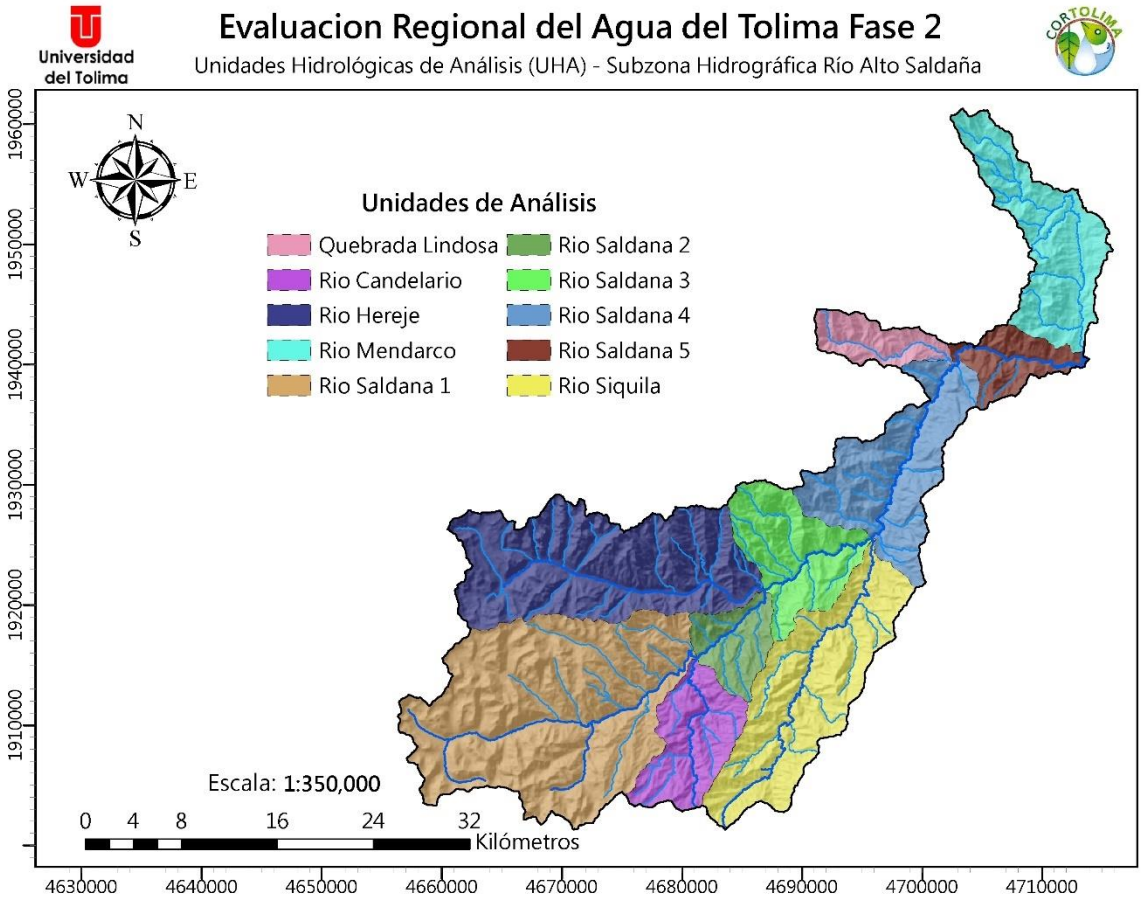


Figura 15. *Espacialización de las Unidades Hidrológicas de Análisis definidas para la Subzona del Río Alto Saldaña*

Tabla 18. *Unidades Hidrológicas de Análisis definidas para la Subzona Hidrográfica del Río Alto Saldaña*

SZH	Corriente	UHA	Código	Descripción
Río Alto Saldaña	Río Mendarco	Río Mendarco	Rio_Mendarco	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
	Río Saldaña	Río Saldaña 5	Rio_Saldana_5	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada La Lindosa - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río Mendarco
	Quebrada La Lindosa	Quebrada La Lindosa	Quebrada_Lindosa	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
	Río Saldaña	Río Saldaña 4	Rio_Saldana_4	Desde aguas debajo de la confluencia del Río Siquila - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada La Lindosa
	Río Siquila	Río Siquila	Rio_Siquila	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
	Río Saldaña	Río Saldaña 3	Rio_Saldana_3	Desde aguas debajo de la confluencia del Río Hereje - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río Siquila
	Río Hereje	Río Hereje	Rio_Hereje	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
	Río Saldaña	Río Saldaña 2	Rio_Saldana_2	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río Hereje
	Río Candelario	Río Candelario	Rio_Candelario	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
	Río Saldaña	Río Saldaña 1	Rio_Saldana_1	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río Hereje

4.2.3. Subzona hidrográfica del río Cambrín

Sobre la subzona hidrográfica del río Cambrín se definieron un total de 5 unidades hidrológicas de análisis (UHA) las cuales representan adecuadamente la variabilidad del flujo superficial debido a cambios en la oferta, demanda y calidad del recurso hídrico (**Figura 16**). Dentro de las corrientes principales se contemplan las Quebradas El Bosque y La Virgen, y el Río Negro, como principales aportantes hidrológicos al régimen natural del cauce principal de la subzona (**Tabla 19**).

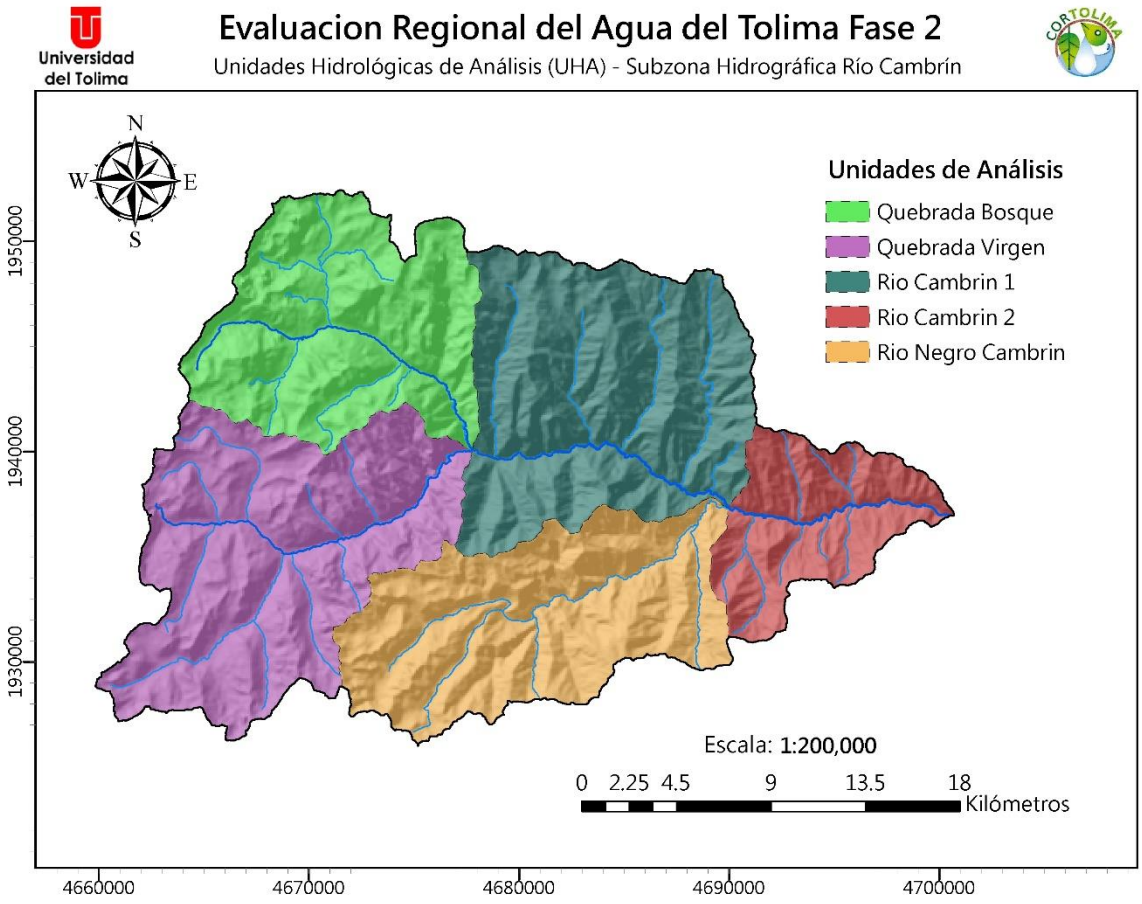


Figura 16. *Espacialización de las Unidades Hidrológicas de Análisis definidas para la Subzona del Río Cambrín*

Tabla 19. *Unidades Hidrológicas de Análisis definidas para la Subzona Hidrográfica del Río Cambrín*

SZH	Corriente	UHA	Código	Descripción
Río Cambrín	Río Cambrín	Río Cambrín 2	Rio_Cambrin_2	Desde aguas debajo de la confluencia del Río Negro - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
	Río Negro	Río Negro	Rio_Negro_Cambrin	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Cambrín
	Río Cambrín	Río Cambrín 1	Rio_Cambrin_1	Desde aguas debajo de la confluencia de las Quebradas El Bosque y La Virgen - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río Negro
	Quebrada La Virgen	Quebrada La Virgen	Quebrada_Virgen	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia con la Quebrada El Bosque
	Quebrada El Bosque	Quebrada El Bosque	Quebrada_Bosque	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia con la Quebrada La Virgen

4.2.4. Subzona hidrográfica del río Anamichú

Sobre la subzona hidrográfica del río Anamichú se definieron un total de 22 unidades hidrológicas de análisis (UHA) las cuales representan adecuadamente la variabilidad del flujo superficial debido a cambios en la oferta, demanda y calidad del recurso hídrico (**Figura 17**). Dentro de las corrientes principales se contemplan las Quebradas El Ahogado, La Catalina, La Ilusión, San Mateo, Tolima, Yarumal, y los Ríos Blanco, Negro, La Quebrada, San José y Verde, como principales aportantes hidrológicos al régimen natural del cauce principal de la subzona (**Tabla 20**).

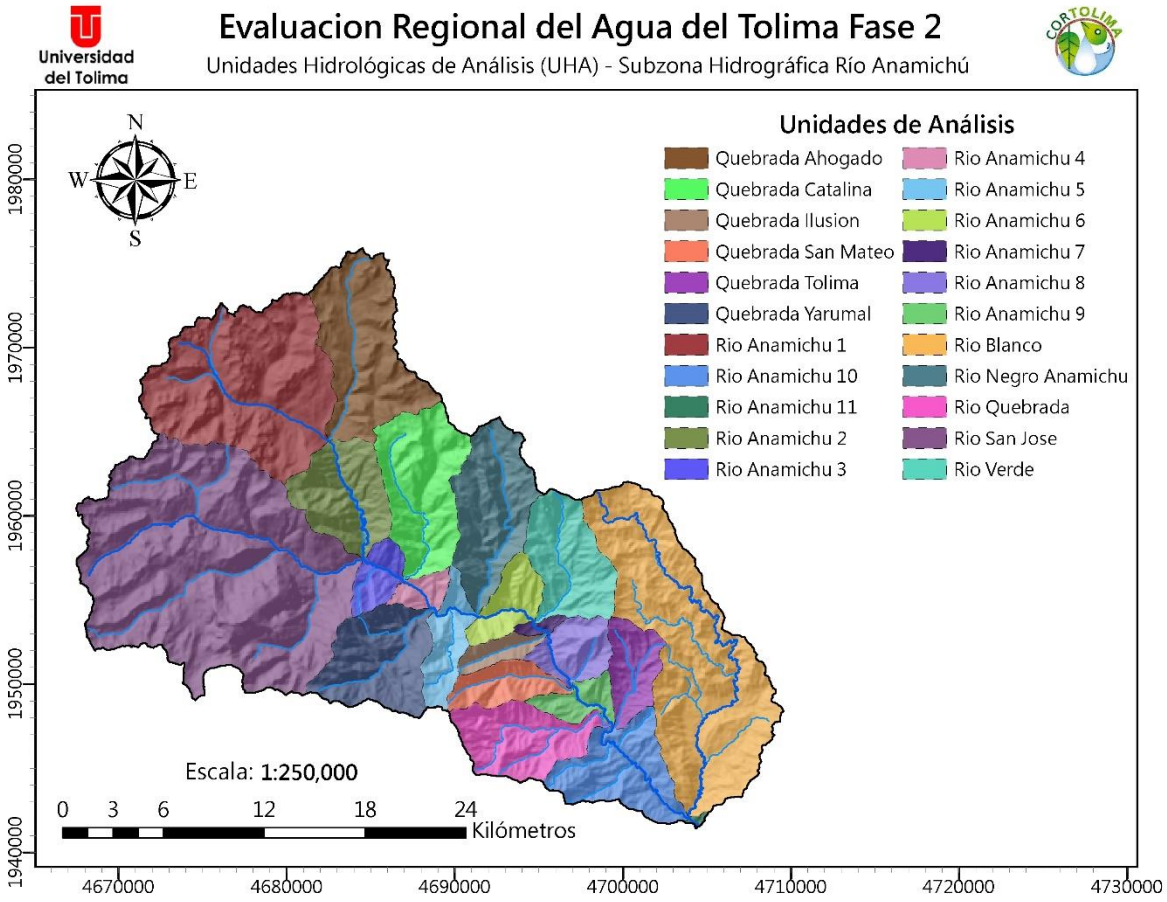


Figura 17. *Espacialización de las Unidades Hidrológicas de Análisis definidas para la Subzona del Río Anamichú*

Tabla 20. *Unidades Hidrológicas de Análisis definidas para la Subzona Hidrográfica del Río Anamichú*

SZH	Corriente	UHA	Código	Descripción
Río Anamichú	Río Anamichú	Río Anamichú 11	Rio_Anamichu_11	Desde aguas debajo de la confluencia del Río Blanco - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
	Río Blanco	Río Blanco	Rio_Blanco	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Anamichú
	Río Anamichú	Río Anamichú 10	Rio_Anamichu_10	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Tolima - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río Blanco
	Quebrada Tolima	Quebrada Tolima	Quebrada_Tolima	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Anamichú
	Río La Quebrada	Río La Quebrada	Rio_Quebrada	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Anamichú
	Río Anamichú	Río Anamichú 9	Rio_Anamichu_9	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada San Mateo - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río La Quebrada
	Quebrada San Mateo	Quebrada San Mateo	Quebrada_San_Mateo	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Anamichú
	Río Anamichú	Río Anamichú 8	Rio_Anamichu_8	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada La Ilusión - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada San Mateo
	Quebrada La Ilusión	Quebrada La Ilusión	Quebrada_Ilusion	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Anamichú
	Río Anamichú	Río Anamichú 7	Rio_Anamichu_7	Desde aguas debajo de la confluencia del Río Verde - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada La ilusión
	Río Verde	Río Verde	Rio_Verde	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Anamichú
	Río Anamichú	Río Anamichú 6	Rio_Anamichu_6	Desde aguas debajo de la confluencia del Río Negro - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río Verde
	Río Negro	Río Negro	Rio_Negro_Anamichu	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Anamichú
	Río Anamichú	Río Anamichú 5	Rio_Anamichu_5	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Yarumal - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río Negro
	Quebrada Yarumal	Quebrada Yarumal	Quebrada_Yarumal	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Anamichú
	Río Anamichú	Río Anamichú 4	Rio_Anamichu_4	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada La Catalina - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Yarumal
	Quebrada La Catalina	Quebrada La Catalina	Quebrada_Catalina	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Anamichú
	Río Anamichú	Río Anamichú 3	Rio_Anamichu_3	Desde aguas debajo de la confluencia del Río San José - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada La Catalina
	Río San José	Río San José	Rio_San_Jose	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Anamichú
	Río Anamichú	Río	Rio_Anamichu_2	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada El Ahogado

SZH	Corriente	UHA	Código	Descripción
		Anamichú 2		- Hasta aguas arriba de la confluencia del Río San José
	Quebrada El Ahogado	Quebrada El Ahogado	Quebrada_Ahogado	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Anamichú
	Río Anamichú	Río Anamichú 1	Rio_Anamichu_1	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada El Ahogado

4.2.5. Subzona hidrográfica del río Patá

Sobre la subzona hidrográfica del río Patá se definieron un total de 16 unidades hidrológicas de análisis (UHA) las cuales representan adecuadamente la variabilidad del flujo superficial debido a cambios en la oferta, demanda y calidad del recurso hídrico (**Figura 18**). Dentro de las corrientes principales se contemplan las Quebradas Buenos Aires, Canoas, Chilirco, Salitre, San Pablo, Tambilla y Vieja, como principales aportantes hidrológicos al régimen natural del cauce principal de la subzona (**Tabla 21**).

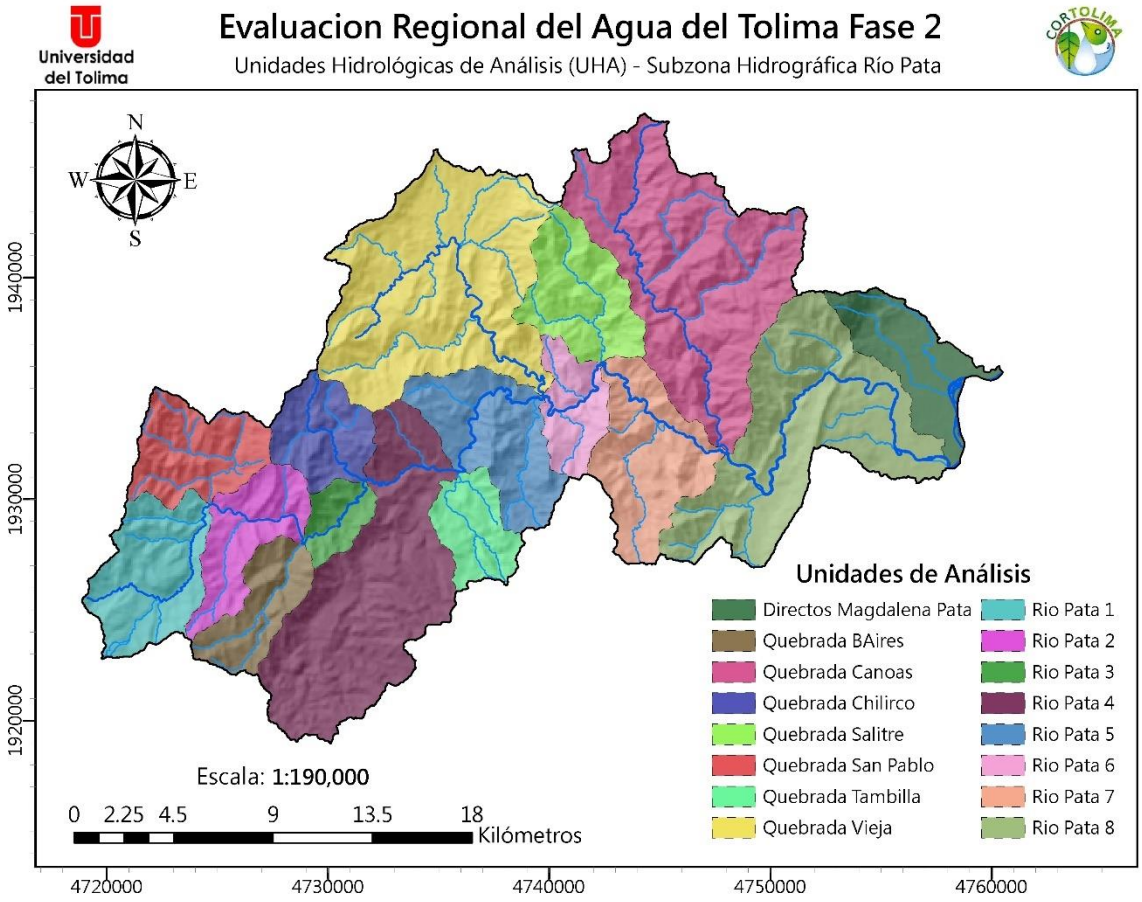


Figura 18. *Espacialización de las Unidades Hidrológicas de Análisis definidas para la Subzona del Río Patá*

Tabla 21. *Unidades Hidrológicas de Análisis definidas para la Subzona Hidrográfica del Río Patá*

SZH	Corriente	UHA	Código	Descripción
Río Pata	Directos Magdalena Pata	Directos Magdalena Pata	Directos_Magdalena_Pata	Directos al Magdalena de la subzona del Río Patá
	Río Patá	Río Patá 8	Rio_Pata_8	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Canoas - Hasta aguas arriba de la desembocadura al Río Magdalena
	Quebrada Canoas	Quebrada Canoas	Quebrada_Canoas	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Patá
	Río Patá	Río Patá 7	Rio_Pata_7	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada El Salitre - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Canoas
	Quebrada El Salitre	Quebrada El Salitre	Quebrada_Salitre	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Patá
	Río Patá	Río Patá 6	Rio_Pata_6	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Vieja - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada El Salitre
	Quebrada Vieja	Quebrada Vieja	Quebrada_Vieja	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Patá
	Río Patá	Río Patá 5	Rio_Pata_5	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada La Tambilla - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Vieja
	Quebrada La Tambilla	Quebrada La Tambilla	Quebrada_Tambilla	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Patá
	Río Patá	Río Patá 4	Rio_Pata_4	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Chilirco - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada La Tambilla
	Quebrada Chilirco	Quebrada Chilirco	Quebrada_Chilirco	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Patá
	Río Patá	Río Patá 3	Rio_Pata_3	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Buenos Aires - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Chilirco
	Quebrada Buenos Aires	Quebrada Buenos Aires	Quebrada_BAires	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Patá
	Río Patá	Río Patá 2	Rio_Pata_2	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada San Pablo - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Buenos Aires
	Quebrada San Pablo	Quebrada San Pablo	Quebrada_San_Pablo	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Patá
	Río Patá	Río Patá 1	Rio_Pata_1	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada San Pablo

4.2.6. Subzona hidrográfica del río Medio Saldaña

Sobre la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña se definieron un total de 7 unidades hidrológicas de análisis (UHA) las cuales representan adecuadamente la variabilidad del flujo superficial debido a cambios en la oferta, demanda y calidad del recurso hídrico (**Figura 19**). Dentro de las corrientes principales se contemplan las Quebradas Guanábano, Paipa, y Pole, como principales aportantes hidrológicos al régimen natural del cauce principal de la subzona (**Tabla 22**).

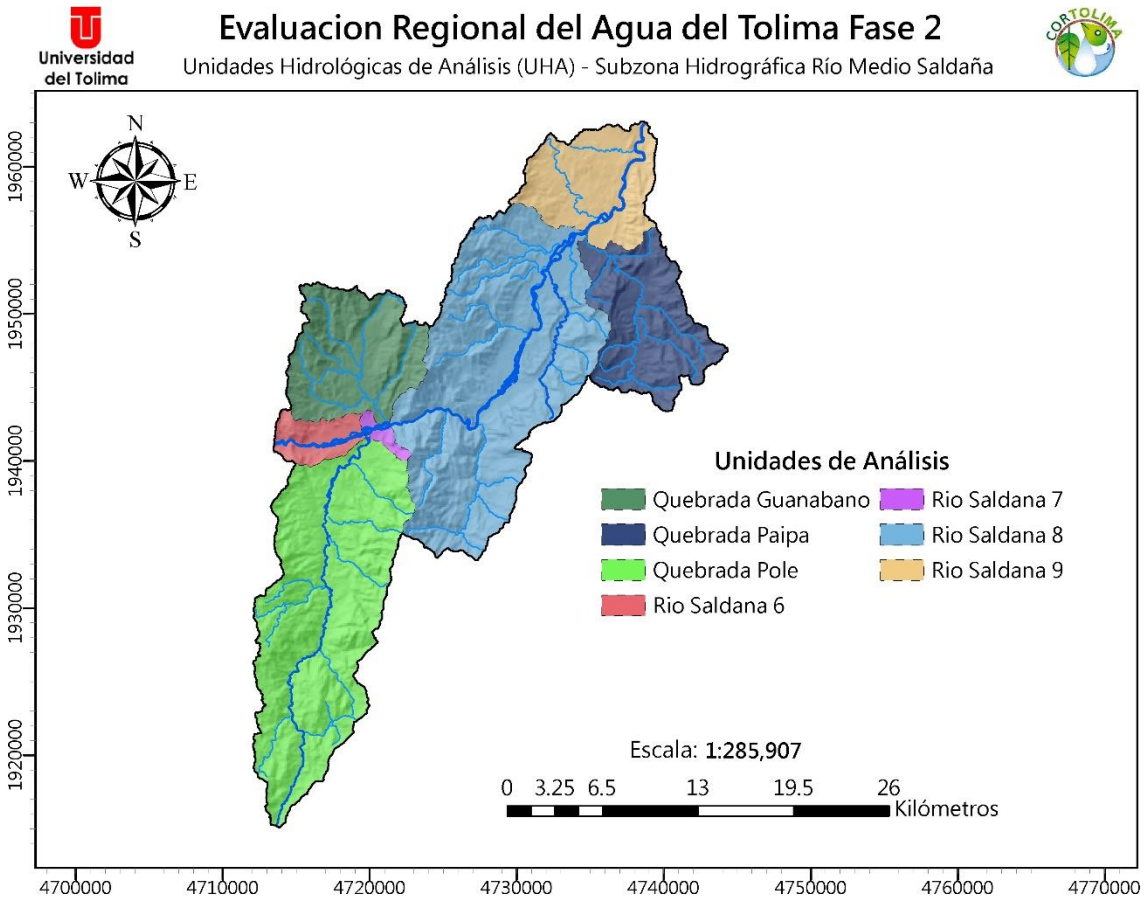


Figura 19. *Espacialización de las Unidades Hidrológicas de Análisis definidas para la Subzona del Río Medio Saldaña*

Tabla 22. *Unidades Hidrológicas de Análisis definidas para la Subzona Hidrográfica del Río Medio Saldaña*

SZH	Corriente	UHA	Código	Descripción
Río Medio Saldaña	Río Saldaña	Río Saldaña 9	Rio_Saldana_9	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Paipa - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río Amoyá
	Quebrada Paipa	Quebrada Paipa	Quebrada_Paipa	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
	Río Saldaña	Río Saldaña 8	Rio_Saldana_8	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada El Guanábano - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Paipa
	Quebrada El Guanábano	Quebrada El Guanábano	Quebrada_Guanabano	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
	Río Saldaña	Río Saldaña 7	Rio_Saldana_7	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Pole - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada El Guanábano
	Quebrada Pole	Quebrada Pole	Quebrada_Pole	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
	Río Saldaña	Río Saldaña 6	Rio_Saldana_6	Desde aguas debajo de la confluencia del Río Mendarco - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Pole

4.2.7. Subzona hidrográfica del río Amoyá

Sobre la subzona hidrográfica del río Amoyá se definieron un total de 26 unidades hidrológicas de análisis (UHA) las cuales representan adecuadamente la variabilidad del flujo superficial debido a cambios en la oferta, demanda y calidad del recurso hídrico (**Figura 20**). Dentro de las corrientes principales se contemplan las Quebradas Grande, Guaní, Irco, Morales, Neme, Nieves, Rivera, San Jorge, San José y Tuluní, y los Ríos Ambeima, Davis y Negro, como principales aportantes hidrológicos al régimen natural del cauce principal de la subzona (**Tabla 23**).

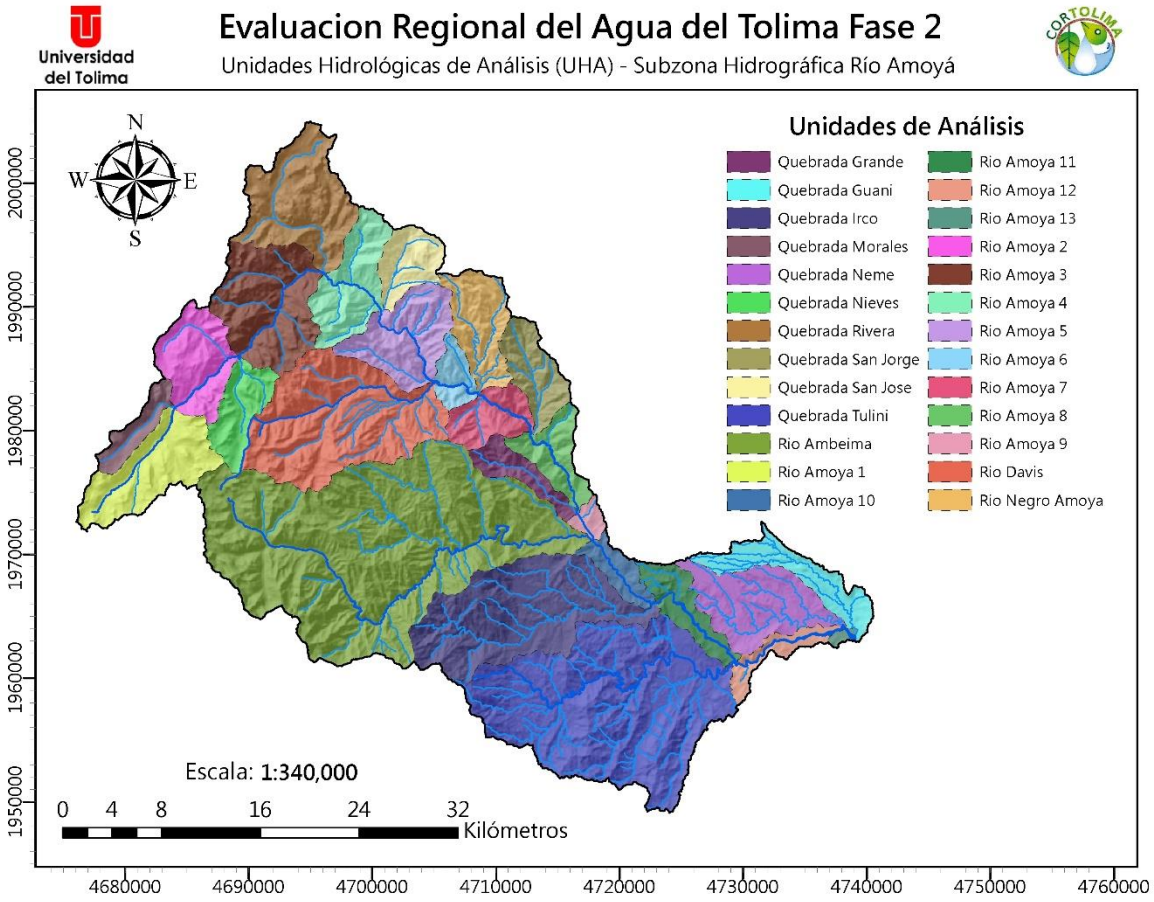


Figura 20. *Espacialización de las Unidades Hidrológicas de Análisis definidas para la Subzona del Río Amoyá*

Tabla 23. *Unidades Hidrológicas de Análisis definidas para la Subzona Hidrográfica del Río Amoyá*

SZH	Corriente	UHA	Código	Descripción
Río Amoyá	Quebrada Guaní	Quebrada Guaní	Quebrada_Guani	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
	Río Amoyá	Río Amoyá 13	Rio_Amoya_13	Desde aguas debajo de la confleuncia de la Quebrada El Neme - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
	Quebrada El Neme	Quebrada El Neme	Quebrada_Neme	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Amoyá
	Río Amoyá	Río Amoyá 12	Rio_Amoya_12	Desde aguas debajo de la confleuncia de la Quebrada Tuluní - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada El Neme
	Quebrada Tuluní	Quebrada Tuluní	Quebrada_Tulini	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Amoyá
	Río Amoyá	Río Amoyá 11	Rio_Amoya_11	Desde aguas debajo de la confleuncia de la Quebrada Irco - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Tuliní
	Quebrada Irco	Quebrada Irco	Quebrada_Irco	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Amoyá
	Río Amoyá	Río Amoyá 10	Rio_Amoya_10	Desde aguas debajo de la confleuncia del Río Ambeima - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Irco
	Río Ambeima	Río Ambeima	Rio_Ambeima	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Amoyá
	Río Amoyá	Río Amoyá 9	Rio_Amoya_9	Desde aguas debajo de la confleuncia de la Quebrada Grande - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río Ambeima
	Quebrada Grande	Quebrada Grande	Quebrada_Grande	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Amoyá
	Río Amoyá	Río Amoyá 8	Rio_Amoya_8	Desde aguas debajo de la confleuncia de la Quebrada San Jorge - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Grande
	Quebrada San Jorge	Quebrada San Jorge	Quebrada_San_Jorge	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Amoyá
	Río Amoyá	Río Amoyá 7	Rio_Amoya_7	Desde aguas debajo de la confluencia del Río Negro - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada San Jorge
	Río Negro	Río Negro	Rio_Negro_Amoya	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Amoyá
	Río Amoyá	Río Amoyá 6	Rio_Amoya_6	Desde aguas debajo de la confluencia del Río Davis - Hasta aguas arriba de la confluencia del

SZH	Corriente	UHA	Código	Descripción
				Río Negro
	Río Davis	Río Davis	Rio_Davis	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Amoyá
	Río Amoyá	Río Amoyá 5	Rio_Amoya_5	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada San José - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río Davis
	Quebrada San José	Quebrada San José	Quebrada_San_Jose	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Amoyá
	Río Amoyá	Río Amoyá 4	Rio_Amoya_4	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada La Rivera - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada San José
	Quebrada La Rivera	Quebrada La Rivera	Quebrada_Rivera	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Amoyá
	Río Amoyá	Río Amoyá 3	Rio_Amoya_3	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Las Nieves - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada La Rivera
	Quebrada Las Nieves	Quebrada Las Nieves	Quebrada_Nieves	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Amoyá
	Río Amoyá	Río Amoyá 2	Rio_Amoya_2	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Morales - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Las Nieves
	Quebrada Morales	Quebrada Morales	Quebrada_Morales	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Amoyá
	Río Amoyá	Río Amoyá 1	Rio_Amoya_1	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Morales

4.2.8. Subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña

Sobre la subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña se definieron un total de 18 unidades hidrológicas de análisis (UHA) las cuales representan adecuadamente la variabilidad del flujo superficial debido a cambios en la oferta, demanda y calidad del recurso hídrico (**Figura 21**). Dentro de las corrientes principales se contemplan las Quebradas Aico, Chicora, Lemaya, Meche, Olini y Pedregosa, como principales aportantes hidrológicos al régimen natural del cauce principal de la subzona (**Tabla 24**). Igualmente estas UHA contempla la división tanto aguas arriba como aguas debajo de captaciones importantes tales como la del Triángulo del Tolima y USOSALDAÑA para su análisis particular.

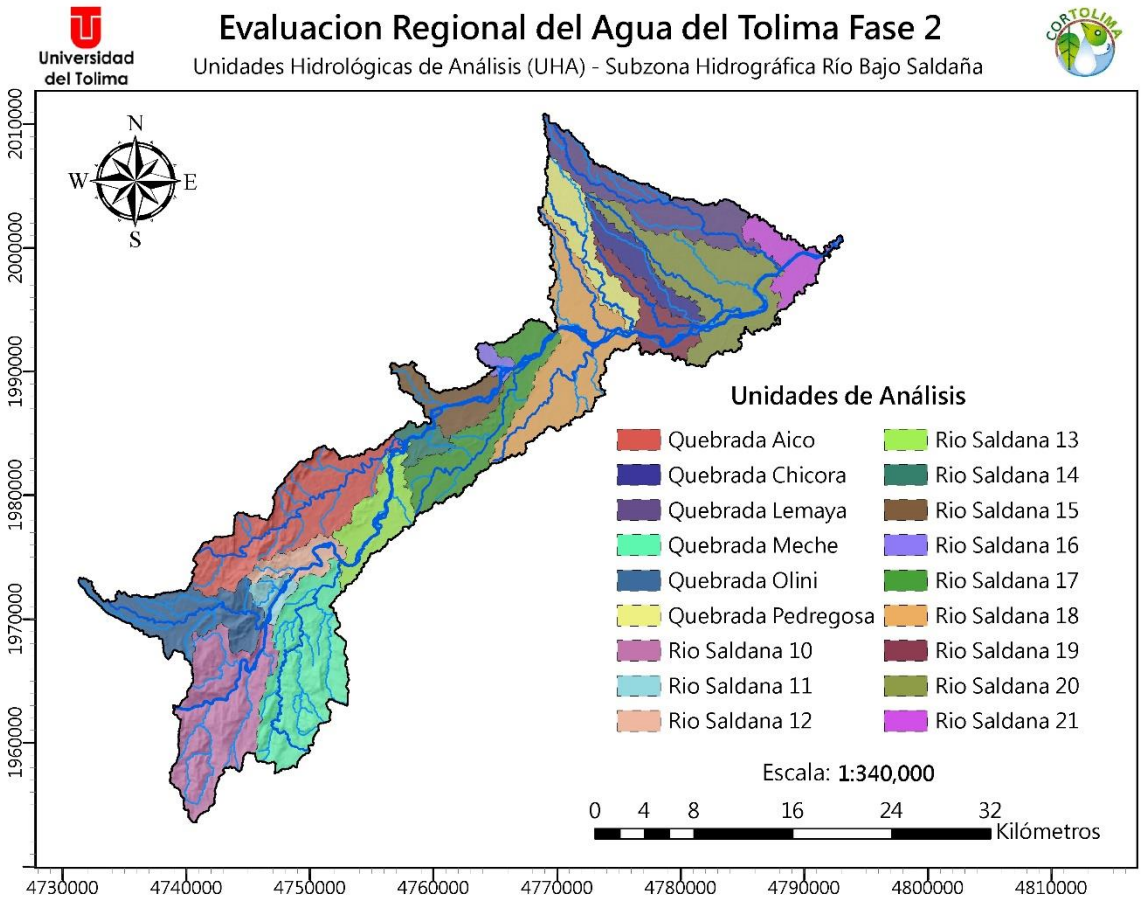


Figura 21. *Espacialización de las Unidades Hidrológicas de Análisis definidas para la Subzona del Río Bajo Saldaña*

Tabla 24. *Unidades Hidrológicas de Análisis definidas para la Subzona Hidrográfica del Río Bajo Saldaña*

SZH	Corriente	UHA	Código	Descripción
Río Bajo Saldaña	Río Saldaña	Río Saldaña 21	Rio_Saldana_21	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Lemaya - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Magdalena
	Quebrada Lemaya	Quebrada Lemaya	Quebrada_Lemaya	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
	Río Saldaña	Río Saldaña 20	Rio_Saldana_20	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Chicora - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Lemaya
	Quebrada Chicora	Quebrada Chicora	Quebrada_Chicora	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
	Río Saldaña	Río Saldaña 19	Rio_Saldana_19	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada La Pedregosa - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Chicora
	Quebrada La Pedregosa	Quebrada La Pedregosa	Quebrada_Pedregosa	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
	Río Saldaña	Río Saldaña 18	Rio_Saldana_18	Desde aguas debajo de la confluencia del Río Cucuana - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada La Pedregosa
	Río Saldaña	Río Saldaña 17	Rio_Saldana_17	Desde aguas debajo de la Captación USOSALDAÑA - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río Cucuana
	Río Saldaña	Río Saldaña 16	Rio_Saldana_16	Desde aguas debajo de la confluencia del Río Ortega - Hasta aguas arriba de la Captación USOSALDAÑA
	Río Saldaña	Río Saldaña 15	Rio_Saldana_15	Desde aguas debajo de la confluencia del Río Tetúan - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río Ortega
	Río Saldaña	Río Saldaña 14	Rio_Saldana_14	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Aico - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río Tetúan
	Quebrada Aico	Quebrada Aico	Quebrada_Aico	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
	Río Saldaña	Río Saldaña 13	Rio_Saldana_13	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Meche - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Aico
	Quebrada Meche	Quebrada Meche	Quebrada_Meche	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
	Río Saldaña	Río Saldaña 12	Rio_Saldana_12	Desde aguas debajo de la Captación Triangulo del Tolima - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Meche
	Río Saldaña	Río Saldaña 11	Rio_Saldana_11	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Olini - Hasta aguas arriba de la Captación Triangulo del Tolima
	Quebrada Olini	Quebrada Olini	Quebrada_Olini	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
	Río Saldaña	Río Saldaña 10	Rio_Saldana_10	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Guaní - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Olini

4.2.9. Subzona hidrográfica de los ríos Anchique, Chenche y Directos al Magdalena

Sobre la subzona hidrográfica de los ríos Anchique, Chenche y Directos al Magdalena se definieron un total de 24 unidades hidrológicas de análisis (UHA) las cuales representan adecuadamente la variabilidad del flujo superficial debido a cambios en la oferta, demanda y calidad del recurso hídrico (**Figura 22**). Dentro de las corrientes principales se contemplan las Quebradas Baloca Grande, Cabuyal, Carmen, Chocho, Guaguarco, Natarroco, Socorro, Totarco, Yaco, Zanja Honda y Zaragoza, y el Río Hilarco, como principales aportantes hidrológicos al régimen natural del cauce principal de la subzona (**Tabla 25**).

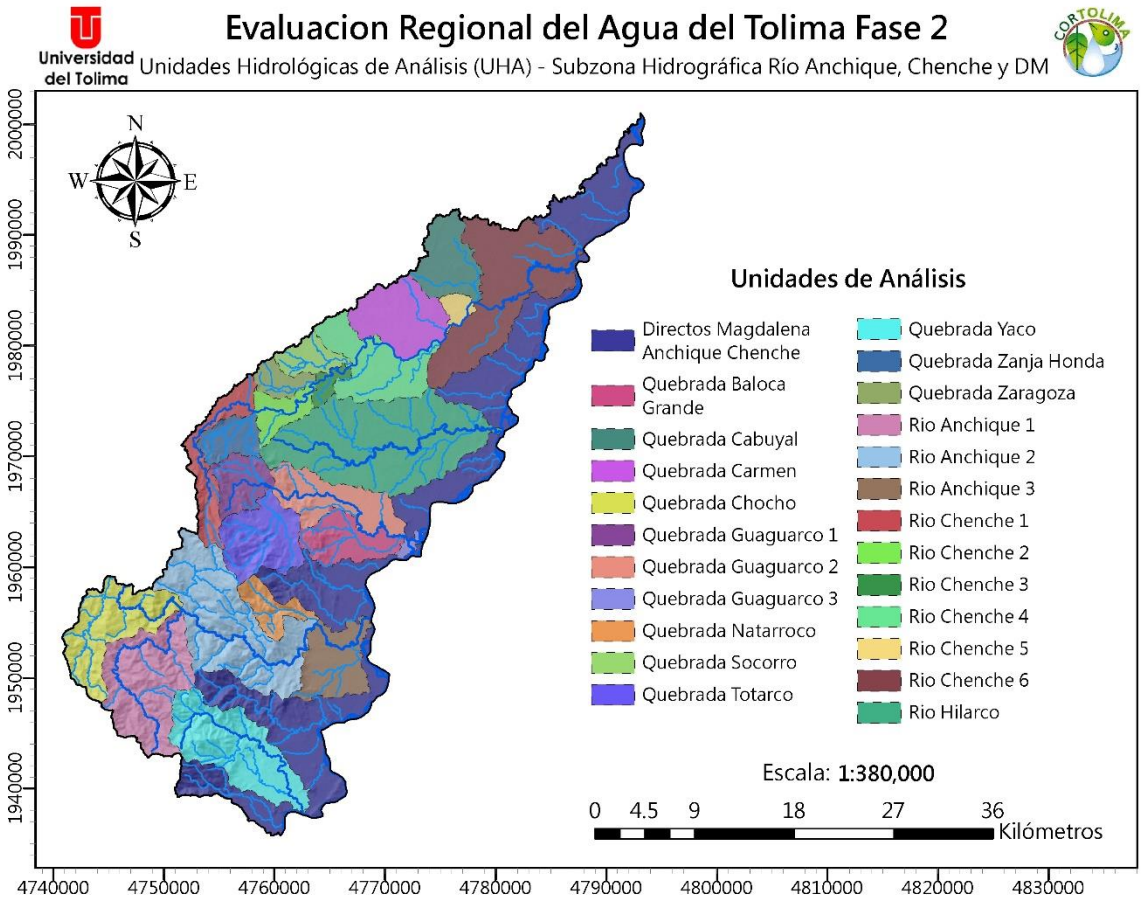


Figura 22. *Espacialización de las Unidades Hidrológicas de Análisis definidas para la Subzona de los Río Anchique, Chenche y Directos al Magdalena*

Tabla 25. *Unidades Hidrológicas de Análisis definidas para la Subzona Hidrográfica de los Ríos Anchique, Chenche y Directos al Magdalena*

SZH	Corriente	UHA	Código	Descripción
Ríos Anchique y Chenche	Directos Magdalena Anchique Chenche	Directos Magdalena Anchique Chenche	Directos_Magdalena_Anchique_Chenche	Directos al Magdalena de la subzona de los Ríos Anchique y Chenche
	Río Chenche	Río Chenche 6	Rio_Chenche_6	Desde aguas debajo de la Quebrada Cabuyal - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Magdalena
	Quebrada Cabuyal	Quebrada Cabuyal	Quebrada_Cabuyal	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Chenche
	Río Chenche	Río Chenche 5	Rio_Chenche_5	Desde aguas debajo de la Quebrada El Carmen - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Cabuyal
	Quebrada El Carmen	Quebrada El Carmen	Quebrada_Carmen	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Chenche
	Río Chenche	Río Chenche 4	Rio_Chenche_4	Desde aguas debajo de la Quebrada El Socorro - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada El Carmen
	Quebrada El Socorro	Quebrada El Socorro	Quebrada_Socorro	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Chenche
	Río Chenche	Río Chenche 3	Rio_Chenche_3	Desde aguas debajo de la Quebrada Zaragoza - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada El Socorro
	Quebrada Zaragoza	Quebrada Zaragoza	Quebrada_Zaragoza	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Chenche
	Río Chenche	Río Chenche 2	Rio_Chenche_2	Desde aguas debajo de la Quebrada Zanja Honda - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Zaragoza
	Quebrada Zanja Honda	Quebrada Zanja Honda	Quebrada_Zanja_Honda	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Chenche
	Río Chenche	Río Chenche 1	Rio_Chenche_1	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Zanja Honda
	Río Hilarco	Río Hilarco	Rio_Hilarco	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Magdalena
	Quebrada Guaguarco	Quebrada Guaguarco 3	Quebrada_Guaguarco_3	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Baloca Grande - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Magdalena
	Quebrada Baloca Grande	Quebrada Baloca Grande	Quebrada_Baloca_Grande	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia a la Quebrada Guaguarco
	Quebrada	Quebrada Guaguarco 2	Quebrada_Guaguarco	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada

SZH	Corriente	UHA	Código	Descripción
	Guaguarco		_2	Totarco - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Baloca Grande
	Quebrada Totarco	Quebrada Totarco	Quebrada_Totarco	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia a la Quebrada Guaguarco
	Quebrada Guaguarco	Quebrada Guaguarco 1	Quebrada_Guaguarco_1	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia de la Quebrada Totarco
	Río Anchique	Río Anchique 3	Rio_Anchique_3	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Natarroco - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Magdalena
	Quebrada Natarroco	Quebrada Natarroco	Quebrada_Natarroco	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Anchique
	Río Anchique	Río Anchique 2	Rio_Anchique_2	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada El Chocha - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Natarroco
	Quebrada El Chocho	Quebrada El Chocho	Quebrada_Chocho	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Anchique
	Río Anchique	Río Anchique 1	Rio_Anchique_1	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada El Chorro
	Quebrada Yaco	Quebrada Yaco	Quebrada_Yaco	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Magdalena

5. Estimación de Parámetros Hidrosedimentológicos

La estimación de los parámetros que controlan los umbrales de flujo y almacenamiento en el modelo hidrológico distribuido TETIS, es realizada a partir de la revisión exhaustiva de metodologías enfocadas en la determinación de valores modales de referencia considerando información secundaria disponible. Estos parámetros son descritos de acuerdo con su derivación: parámetros hidráulicos del suelo y del sustrato del suelo, parámetros de propagación del flujo en cauces, parámetros de evapotranspiración de referencia, capacidad de intercepción y parámetros derivados de la topografía.

5.1. Parámetros Derivados de la Topografía

La distribución espacial de algunos parámetros del modelo hidrológico TETIS, especialmente los que se derivan de la topografía, son resultado de operaciones computacionales a partir de información base disponible. La calidad de la estimación de los parámetros calculados con base en la topografía del terreno depende principalmente de la calidad de la información topográfica de partida. En hidrología espacial, los MED permiten analizar de forma rápida los atributos topográficos en cuencas de gran tamaño (Zhang & Montgomery, 1994), además de su utilización para la derivación de redes de drenajes utilizando la información del gradiente local y la orientación para modelar patrones espaciales de dirección del flujo (O'Callaghan & Mark, 1984).

5.1.1. Evaluación de la Precisión Vertical de los Modelos Digitales de Elevación

Para caracterizar adecuadamente el flujo superficial y subterráneo en la Evaluación Regional del Agua en el departamento del Tolima, se requiere de una topografía detalle que sirva como insumo tanto para el modelo conceptual como para la modelación numérica hidrológica distribuida. Por lo tanto, se evaluaron cuatro Modelos Digitales de Elevación (MDEs) a través de una red de 2,768 puntos de observación, distribuidos en los departamentos de Tolima, Quindío, Risaralda, Cauca, Cundinamarca, Caldas y Meta. Los datos de elevación ortométrica fueron tomados de la red de control vertical de precisión del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y de la red de puntos GeoRED del Servicio Geológico de Colombia (SGC). Los puntos con elevación ortométrica fueron descargados desde https://www.colombiaenmapas.gov.co/.

Para la modelación numérica distribuida del balance hídrico en la evaluación regional del agua en el departamento del Tolima, se usará un mallado regular con una discretización de celda a una resolución de 90 m. Por lo tanto, se evaluó la precisión vertical de los MDEs, tanto a su resolución original como a una resolución horizontal de 3 segundos de arco (~ 90 m), a fin escoger el MDE más adecuado como insumo en la simulación numérica del flujo de agua.

Los modelos digitales de elevación analizados se describen a continuación:

- **Misión Topográfica Radar Shuttle (SRTM):** Este MDE fue creado por el proyecto cooperativo entre la administración espacial y aeronáutica nacional de Estados Unidos (NASA) y la agencia de imágenes y cartografía nacional (NIMA) del departamento de defensa de Estados Unidos. La misión fue diseñada para utilizar un interferómetro de radar, para producir un modelo de elevación digital de la superficie de la terrestre entre aproximadamente 60˚ N y 56˚ S, esto es alrededor del 80 por ciento de la masa terrestre del planeta (Rabus et al., 2003). Esta misión se llevó a cabo durante 11 días en el mes de febrero del año 2000. El SRTM posee dos MDE; el SRTM V3 el cual tiene una referencia espacial horizontal de 1 segundo de arco (~ 30 m), y el SRTM V4 que posee una resolución horizontal de 3 segundos de arco (~ 90 m)., Para la descarga y generación del mosaico de imágenes de los productos del SRTM, se automatizo desde la plataforma Google Earth Engine (Kumar y Mutanga, 2018).

- **Radiómetro espacial avanzado de emisiones térmicas y reflexión (Aster GDEM V3):** Este MDE es creado por el Ministerío de Economía, Comercio e Industria de Japón (METI), usa una banda espectral infrarroja generando imágenes estéreo, con una relación de base-altura de 0,6 (Tachikawa et al., 2011) que cubre la superficie terrestre mundial desde 83 ˚ N a 83 ˚ S (Abrams et al., 2015). Este MDE tiene una referencia espacial de horizontal de 1 segundo de arco (~ 30 m). El modelo de elevación digital (GDEM) versión 3, fue lanzado en 2019 (ocho años después de que su predecesor, la versión 2), además de la adición de nuevas imágenes para el mejoramiento del proceso estereoscópico, se corrigieron varias anomalías las cuales mejoraron la identificación de cuerpos de agua superficiales aumentando su precisión a nivel global. El MDE Aster GDEM V3 se remuestreo a una celda de 90 m a través del sistema de información geográfica Arcgis y se descargó desde https://earthexplorer.usgs.gov/.

- **Satélite Avanzado de Observación Terrestre (Alos Palsar):** El MDE del satélite de observación avanzado terrestre (ALOS) de la Agencia de Exploración Espacial Japonesa (JAXA), utiliza un sensor activo de apertura sintética de banda L de

tipo escalonado (PALSAR) que opera a una frecuencia de 14 a 28 MHz. Este satélite estuvo en órbita por un período de 5 años (2006-2011) y permitió generar imágenes de radar con una resolución espacial horizontal de 12.5 m, cubriendo un área de 156.25 m2 por pixel (Rosenqvist et al., 2007). El MDE Alos Palsar para el departamento del Tolima se remuestreo a una celda de 90 m y fue descargado de https://search.asf. alaska.edu/#/.

- **Interferómetro de radar de apertura sintética de observación de la tierra (TanDEM-X):** El satélite TanDEM-X fue creado en cooperación público-privada entre el Centro Aeroespacial Alemán (DLR) y EADS Astrium, es un complemento del satélite TerraSAR-X para mediciones digitales de elevación. El TanDEM-X utiliza un interferómetro de radar de apertura sintética aerotransportado el cual fue operado por un período de 6 años (2010-2015), obteniendo el MDE a escala global a finales del 2016. Este MDE es de alta precisión comparado con los anteriores MDEs presentados, permitiendo llegar una resolución horizontal 0.4 segundos de arco (~ 12 m), y una precisión vertical de ± 10 metros (Zink et al., 2014). El MDE TanDEM-X utilizado en el presente trabajo tiene una resolución horizontal de 3 segundos de arco (~ 90 m). El MDE fue descargado de https://download.geoservice.dlr.de /TDM90/.

Los modelos digitales de elevación SRTM, Aster GDEM V3, expresan sus alturas corregidas con respecto al geoide, mientras que los MDEs Alos Palsary TanDEM-X tuvieron que ser corregidos por medio del modelo geopotencial EGM08 para corregir la ondulación con respecto al geoide (Pavlis et al., 2012); ya que estos MDEs expresaban sus alturas a escala elipsoidal.

En la ***Figura 23*** se presentan los modelos digitales de elevación analizados en la zona de estudio y se muestra la ubicación espacial de los puntos de observación de altura ortométrica medidos en los diferentes departamentos. En la ***Figura 24*** se muestra el modelo geopotencial EGM2008 utilizado para corregir las diferencias en la ondulación del geoide en el departamento del Tolima. Como se observa en la ***Figura 24*** las mayores discrepancias en la ondulación del geoide se presentan hacia el oeste del departamento donde se ubica la cordillera central de los Andes.

Para determinar la precisión de cada MDE en el departamento del Tolima, se utilizaron métodos estadísticos (***Tabla 26***) y gráficos los cuales permiten conocer las incertidumbres de los modelos digitales de elevación en la zona de estudio. A partir de los puntos de observación de altura ortométrica medidos por IGAC y SGC, se utilizó sistemas de información geográfica para extraer la información de altura de los diferentes MDEs en cada uno de los puntos observados.

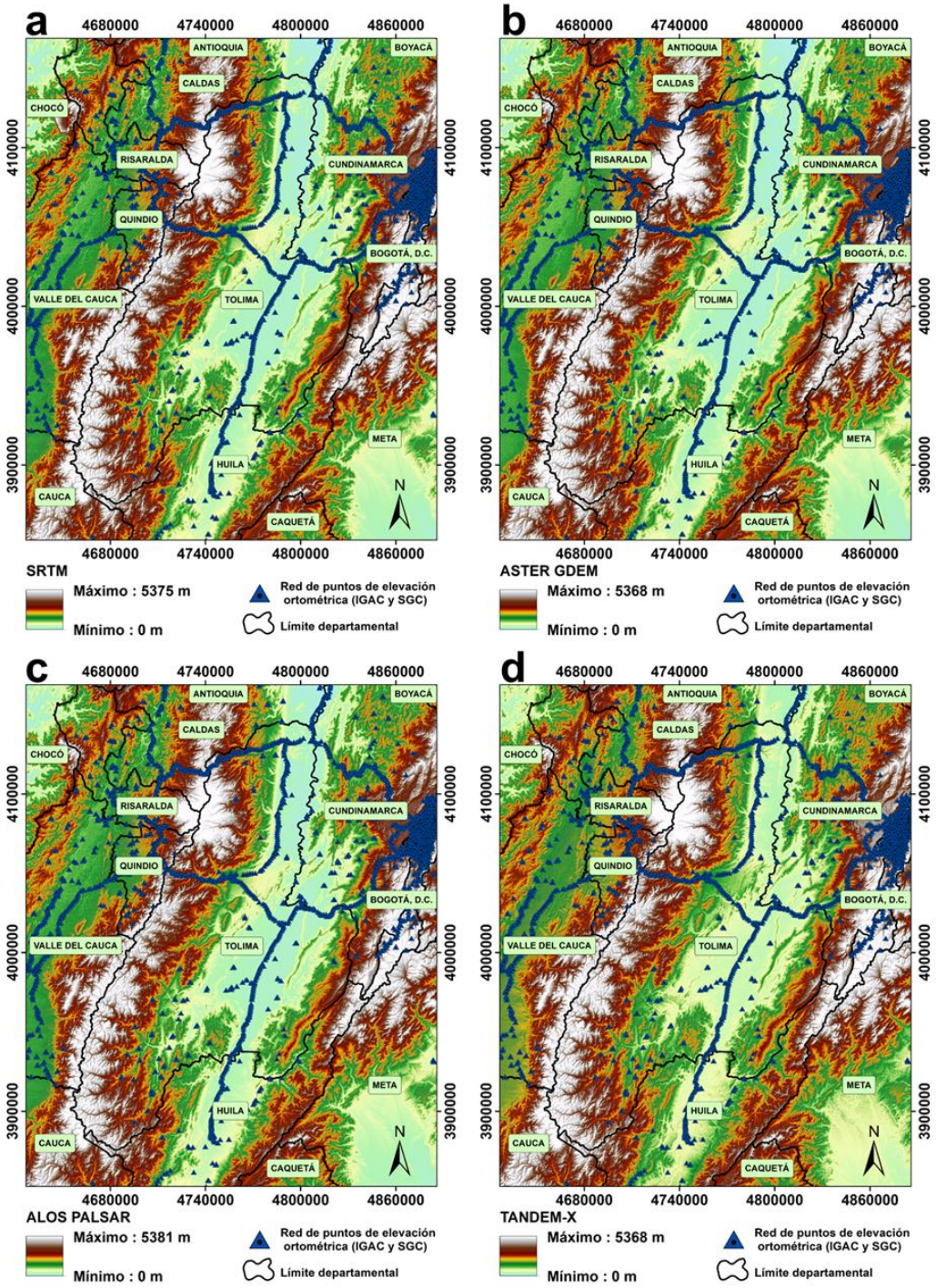


Figura 23. *Modelos digitales de elevación analizados en el departamento del Tolima y ubicación de la red de puntos de elevación ortométrica. (a) SRTM, (b) Aster GDEM V3, (c) Alos Palsar, (d) TanDEM-X.*

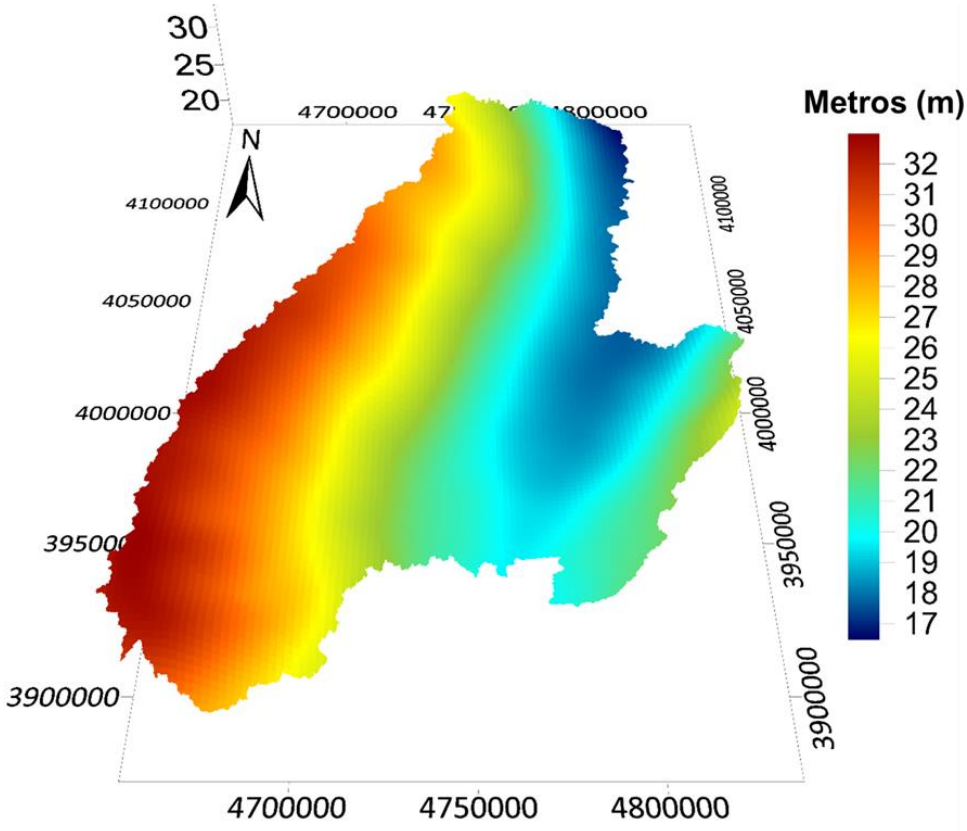


Figura 24. *Modelo Geopotencial EGM2008 de 3 segundos de arco para el departamento del Tolima.*

Tabla 26*. Estadísticos implementados para el cálculo de la incertidumbre en los MDEs.*

Nombre	Abreviatura	Formula
Desviación estándar	*STD*	$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\hat{z}i - \bar{z})^2}{n}}$
Error cuadrático medio	*MSE*	$\frac{\sum_{i=1}^{n}(\hat{z}i - zi)^2}{n}$
Raíz del error cuadrado medio	*RMSE*	$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\hat{z}i - zi)^2}{n}}$
Coeficiente de determinación	R^2	$\frac{\sigma^2 \hat{z}izi}{\sigma^2 \hat{z}i \sigma^2 zi}$

n: Número de datos. $\bar{z}$: Es el promedio de los datos de elevación observados. zi: Valores de elevación calculados en los MDE, $\hat{z}i$: Valores de elevación observados. $\sigma\hat{z}izi$: Es la covarianza de $\hat{z}i$, zi. $\sigma\hat{z}i$: Desviación típica $\hat{z}i$. σzi: Desviación típica zi.

En la ***Tabla 27***, se presenta los resultados de los diferentes estadísticos implementados para cuantificar la incertidumbre topográfica de cada MDE, mientras en la ***Figura 25***, se muestra un diagrama de dispersión entre puntos de observación de elevación ortométrica en contraste con las elevaciones calculadas por medio de los MDEs.

Tabla 27*. Estadísticos calculados para medir la incertidumbre topográfica de los MDEs, con respecto a los puntos observación de elevación ortométrica medidos por IGAC y SGC.*

Modelo digital de elevación	STD (m)	MSE (m)	RMSE (m)	R^2
STRM (30 m)	928.53	64.82	8.04	0.9993
Aster GDEM V3 (30 m)	929.04	165.53	12.85	0.9992
Alos Palsar corregido (12.5 m)	926.28	44.93	6.70	0.9993
TanDEM-X corregido (90m)	926.27	115.31	10.73	0.9993
STRM (90 m)	925.84	280.77	16.74	0.9991
Aster GDEM V3 (90 m)	928.69	194.34	13.93	0.9992
Alos Palsar corregido (90 m)	925.95	87.01	9.32	0.9993
Alos Palsar sin corregir (12.5 m)	927.44	659.18	25.65	0.9993
TanDEM-X sin corregir (90m)	927.49	768.15	27.69	0.9993
GPS diferencial	928.04	----------	----------	----------

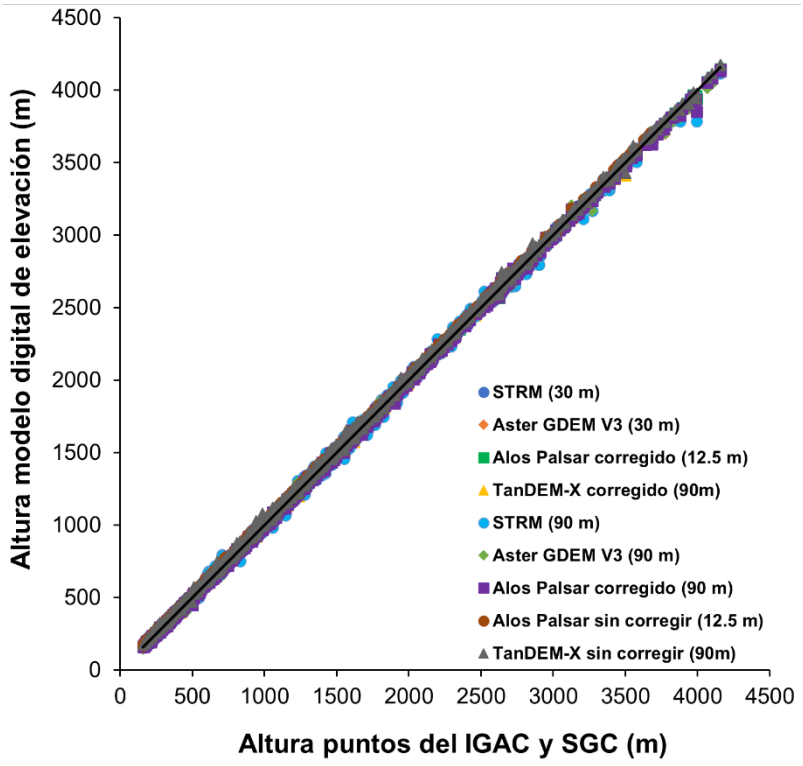


Figura 25. *Diagrama de dispersión entre los puntos observación de altura ortométrica medidos por IGAC y SGC frente a las alturas de los diferentes modelos de elevación analizados.*El

análisis de regresión lineal (***Figura 25***) revela una fuerte correlación significativa para los cuatro modelos digitales de elevación, pero esta correlación es mucho más alta para los modelos ALOS PALSAR, SRTM y TANDEM-X. Es de interés señalar que para los cuatro MDEs analizados el valor de la pendiente de la recta de regresión fue muy cercano a 1.

De acuerdo con el análisis de la ***Tabla 27***, los MDEs más adecuados con su resolución original para representar la topografía en el Departamento del Tolima, son los realizados por medio sensores activos como son los modelos TANDEM-X, SRTM y Alos Palsar, aunque los dos últimos presentaron los errores estadísticos más bajos comparado con los otros MDEs. El modelo digital de elevación Aster GDEM V3, presento las mayores discrepancias para representar la elevación del terreno, obteniendo errores mayores a 12 m. Cabe destacar que el MDE Alos Palsar tiene una resolución horizontal más fina (12.5 m), permitió obtener la mejor precisión vertical llegando a errores ± 6.7 m, mientras que el SRTM produjo errores ± 8 m.

En relación con los MDEs a una resolución horizontal de 90 m, se encontró que los modelos más adecuados para representar la elevación en el departamento del Tolima son los generados por medio de interferometría de apertura sintética; presentando un mejor desempeño el Alos Palsar con un error ± 9.3 m y TanDEM-X con ± 10.7 m.

Debido a la similitud en los coeficientes de determinación entre los puntos observación de altura ortométrica medidos por IGAC y SGC frente a las alturas de los diferentes modelos digitales de elevación, se implementó el diagrama de Taylor (***Figura 26***). Este diagrama indica gráficamente a partir de la integración (coeficiente de correlación de Pearson, raíz del error cuadrático medio y la desviación estándar) cuál de los modelos digitales de elevación es el más aproximado para representar adecuadamente la superficie terrestre en el departamento del Tolima. Como se observa en la ***Figura 26***, los MDEs que reproducen con mejor precisión la superficie terrestre en el departamento del Tolima con respecto a los puntos de elevación ortométrica observados a escala consecutiva fueron: Alos Palsar12.5 m, SRTM 30 m, Alos Palsar 90 m, TANDEM-X 90 m, Aster GDEM 30 m, Aster GDEM 90 M y SRTM 90 m.

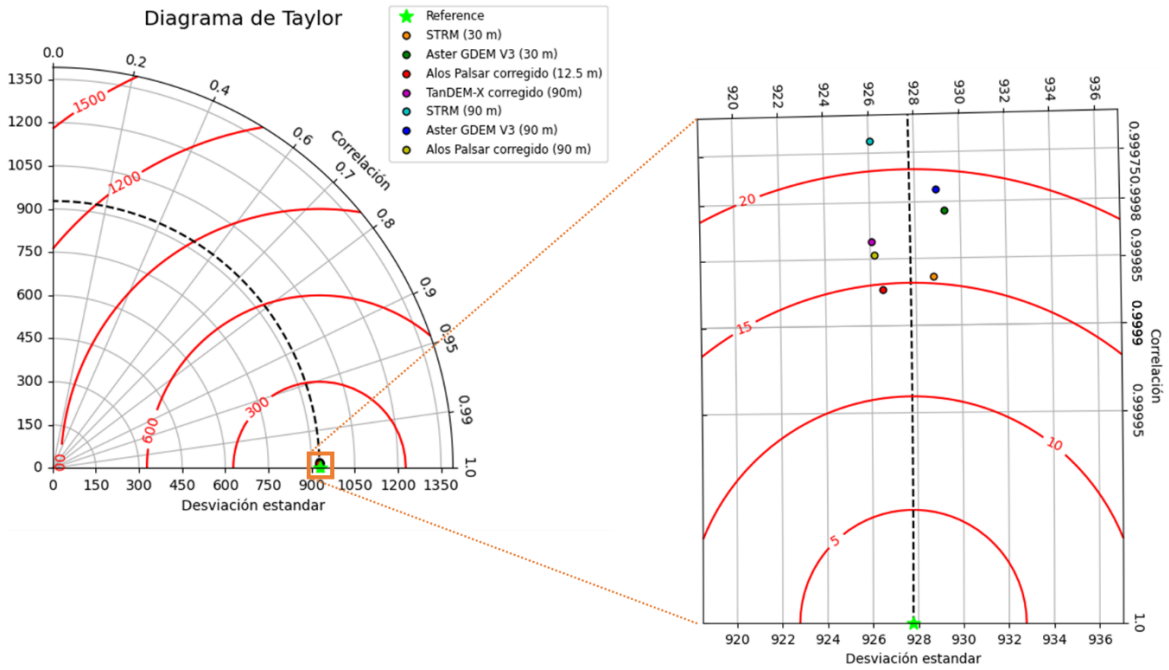


Figura 26. *Diagrama de Taylor para evaluar la precisión vertical de los MDEs en el departamento del Tolima.*

5.1.2. Evaluación de los MDEs para Representar la Red de Drenaje y Delimitar Cuencas

Cuando se implementa la modelación hidrológica distribuida para el cálculo de balance hídrico a escala de cuenca, es necesario tener una topografía de detalle que sea capaz de representar adecuadamente los procesos de movimiento y almacenamiento de agua, ya que cuando se realizan estudios hidrológicos los MDE no logran detectar características de la hidrología de superficie (Callow, et al., 2007).

La conexión entre la topografía y el flujo de agua es menos clara en zonas de llanura, donde los bajos gradientes y depresiones hacen que el trazado de flujo en la superficie sea más difícil y dinámico (Gallant y Dowling, 2003). Esta dificultad se ve agravada por las obras civiles que crean una incertidumbre topográfica en estas áreas, ya que cualquier obra civil (e.g. vías y terraplenes) tienen un impacto importante en el flujo superficial en cuanto dirección, volumen y acumulación (Guevara et al., 2020). Por otra parte, el flujo de agua en las zonas llanas no sigue fielmente la topografía, especialmente en condiciones de exceso hídrico.

Los modelos digitales de elevación no representan apropiadamente la geometría del cauce conllevando a una mala interpretación del transporte de agua, estimado a partir de la geometría de la sección transversal del canal, lo que afecta negativamente los niveles de agua, caudales, tiempo, velocidad de la onda crecida y dinámica de la

inundación simulada (Tarekegn et al., 2010). Razón por la cual es necesario seleccionar y corregir los modelos de elevación digital, puesto que éstos no reproducen adecuadamente la mayoría de los canales naturales y artificiales, vías principales y secundarias, ya que son cortes de pocos metros de ancho y de profundidad (Guevara et al., 2019). Estos errores se corrigen mediante el ajuste de la altura del MDE a través de múltiples fuentes de información tales como: modelo geopotencial, mapas topográficos, imágenes satelitales, vectores tomados con GPS diferencial y metodologías para la corrección de cauces. De acuerdo con Callow et al. (2007) y Guevara-Ochoa et al. (2019), la resolución espacial horizontal y vertical del MDE condiciona la calibración de los modelos hidrológicos, al afectar a la superficie total de la cuenca delineada, la predicción de la red de drenaje, la clasificación de las subcuencas y la longitud de la pendiente.

Para la Evaluación Regional del Agua en el departamento del Tolima, se analizaron los MDEs a una resolución espacial horizontal de 3 segundos de arco (~90 m) descritos en la sección 5.1.1, para representar tanto la red de drenaje observada como la delimitación de cuenca. Para este análisis se usó la cuenca del río Saldaña (***Figura 27***), como una zona piloto para la comparación de los resultados. Esta cuenca posee la mayor extensión en el departamento del Tolima y presenta diferentes usos de suelo y características fisiográficas tanto de alta pendiente hacia el oeste (Cordillera central de los Andes) y baja pendiente hacia río Madalena permitiendo la evaluación de los resultados para representar estas dos zonas. La red de drenaje observada fue digitalizada a través de las imágenes satelitales Esri, Bing y Google, las cuales poseen una alta resolución espacial (Lesiv et al., 2018). Se tuvieron en cuenta varias fuentes de información satelital debido a la cantidad de nubes que presentaban todas las imágenes hacia el oeste de la zona de estudio. La red de drenaje observada tiene en cuenta el sistema de codificación de las unidades hidrográficas (IDEAM, 2013), la cual fue corregida topológicamente. Con relación a la delimitación del área de aporte se analizó la delimitación de la cuenca de río Saldaña realizada por Cortolima (2016)

Para definir y comparar la red de drenaje y delimitación de la cuenca se implementó el algoritmo D8 (Tarboton, 1997). Este algoritmo evalúa el flujo de cada pixel a uno de sus ocho vecinos, ya sea adyacente o en diagonal. Una vez calculadas las direcciones de flujo, se cuantifica el campo de flujo y el área que contribuye a cada celda de la cuadrícula, esto permite definir la dirección del flujo y la acumulación de agua y así definir la red de drenaje y delimitar la cuenca a fin de comparar las diferentes áreas de aporte discretizadas por cada MDE. En la ***Figura 28*** se presenta la comparación de las redes de drenaje discretizadas con cada MDE, mientras que en la ***Figura 29*** se muestra las diferentes áreas de aporte delimitadas por cada MDE.

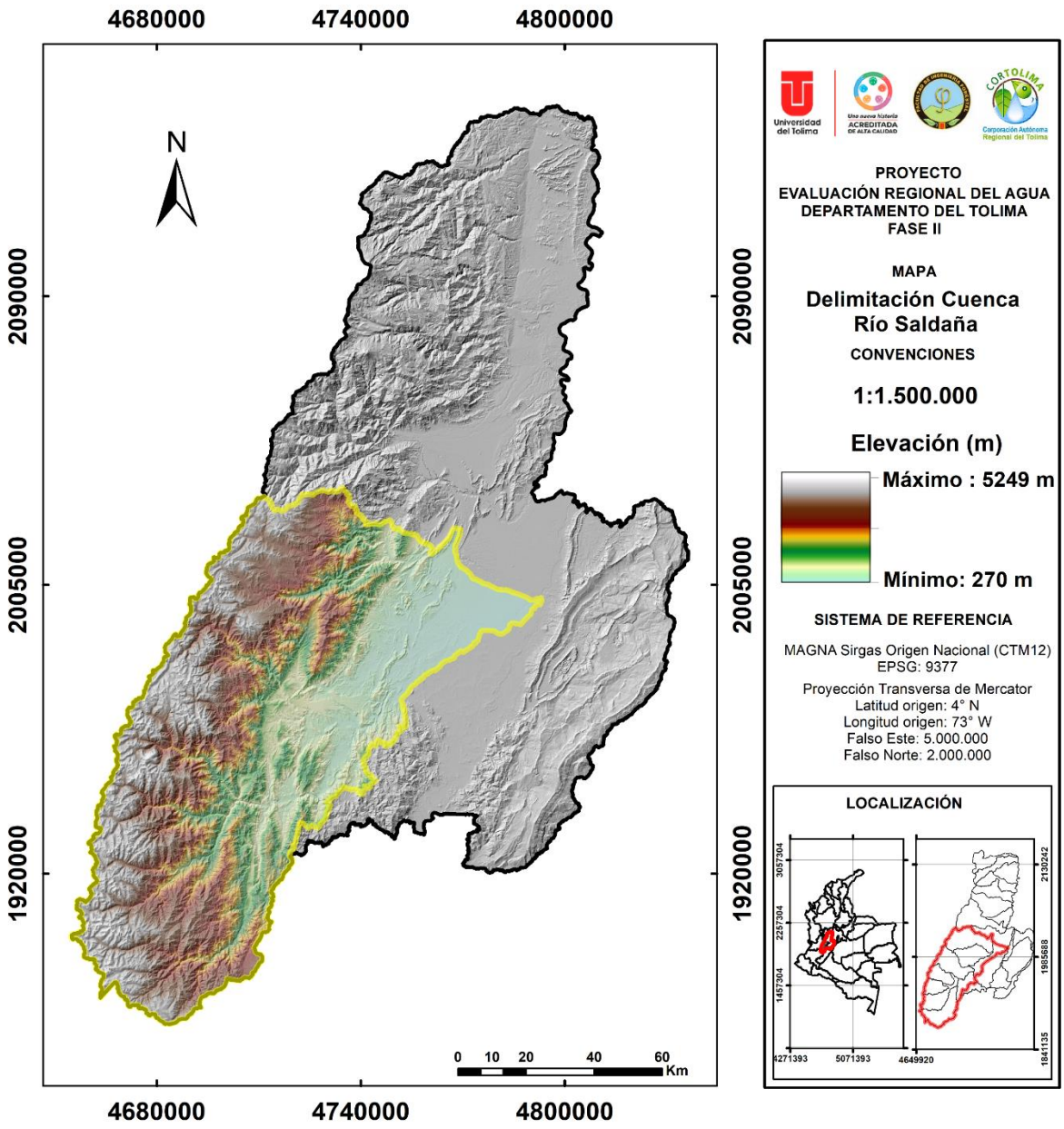


Figura 27. *Ubicación de la Subzona Hidrográfica del Río Saldaña.*

Al analizar la red de drenaje (***Figura 28***), la cual tiene un área de influencia específica 5000 ha. Se encontró que la red delimitada por los modelos ALOS PALSAR, y TanDEM-X se ajusta mejor con la red de drenaje digitalizada a través de imágenes satelitales de alta resolución espacial horizontal, tanto para la parte alta y baja de la cuenca.

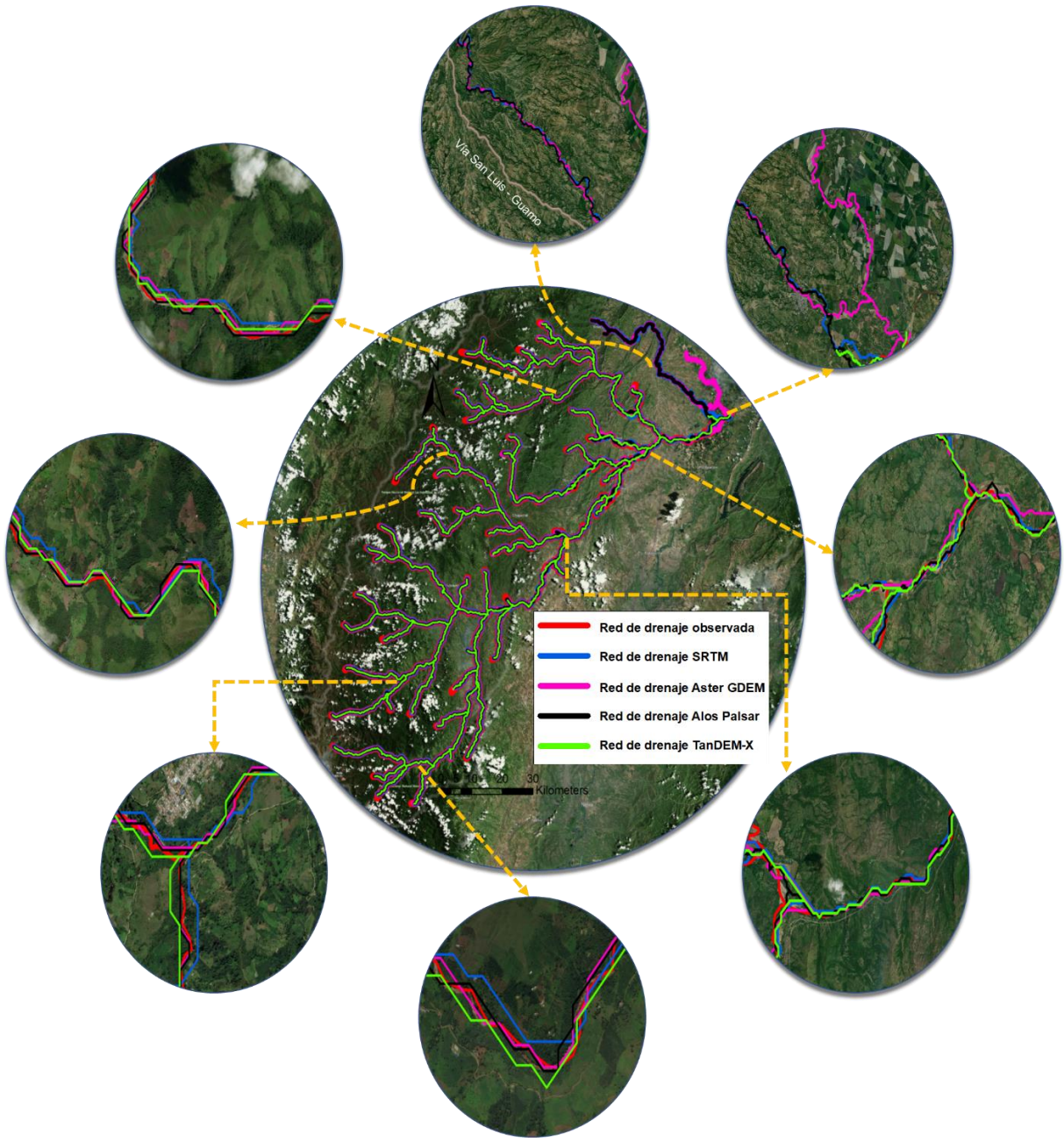


Figura 28. *Comparación entre la red de drenaje definida por cada MDE en contraste con la red de drenaje delimitada a través de imágenes satelitales de alta resolución espacial.*

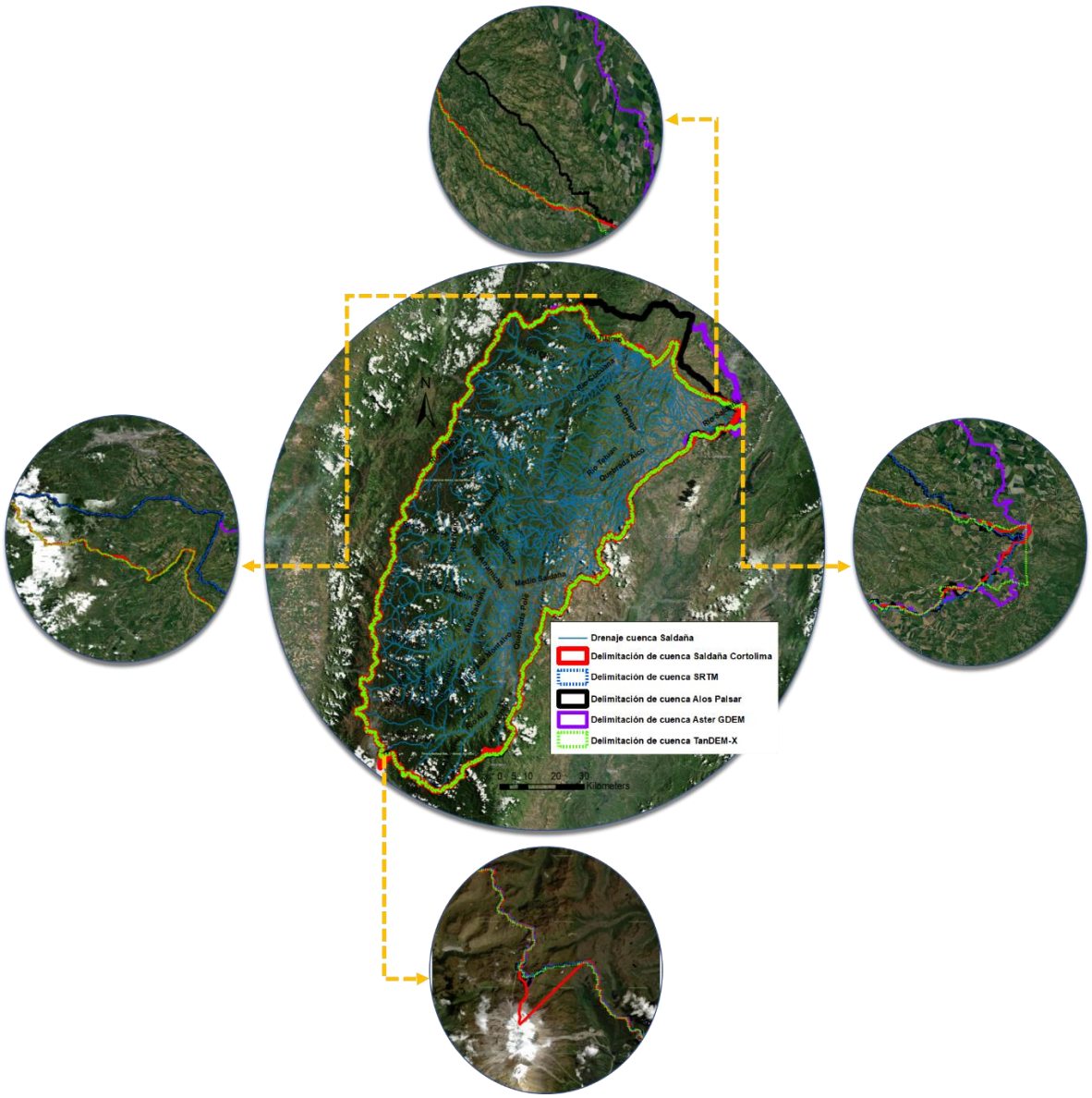


Figura 29. *Comparación espacial entre la delimitación de cuenca definida por cada MDE en contraste con la delimitación de cuenca del río Saldaña realizada por Cortolima (2016).*

El Alos Palsar y el TanDEM-X son los MDEs que mejor representan la dirección y en el enrutamiento del flujo en el terreno, a diferencia del SRTM y Aster GDEM presentan serias inconsistencias en patrón del drenaje principalmente hacia la parte baja de la cuenca, donde se encuentra el cierre de la cuenca del río Saldaña. En este sector llano se presentan pendientes menores del 3%; por lo tanto, el trazado del flujo se hace más complejo generando delimitaciones de cuenca erróneas como se observa en la (***Figura 29***). Hacia el noreste los MDEs Alos Palsar, SRTM Y Aster GDEM extienden la delimitación de cuenca, debido a que sobreestima el orden de los cauces, ya que los dos primeros incluyen al río Luisa dentro de la cuenca del río Saldaña. El Aster GDEM

se extiende un poco más hacia el noreste debido a que incluye adicionalmente a la quebrada Conchal como se observa en la ***Figura 29***.

Las inconsistencias en la definición de la red de drenaje y la delimitación de cuenca hacia el noreste se deben a que hacia ese sector se encuentra ubicada el terraplén de la vía San Luis-Guamo-Suarez y el cual no es detectado por los MDEs Alos Palsar, SRTM Y Aster GDEM, mientras que el modelo TanDEM-X si detecta este tipo de estructuras. Estas estructuras como se mencionó anteriormente alteran el flujo superficial convirtiéndose en barreras que modifican la delimitación de la cuenca.

Estos errores anteriormente mencionados generan superficies de escurrimiento de diferentes áreas (SRTM: 10,462.41 Km^2, Aster GDEM: 10,718.6 Km^2, Alos Palsar: 10,459.6 Km^2, TanDEM-X: 9,983.7 Km^2 y Cortolima: 9,965.1 Km^2), conllevando a futuros errores cuando se realice modelación hidrológica distribuida, debido a que se sobreestima y/o subestima el tiempo de concentración, el flujo superficial y subsuperficial como lo ha sugerido Callow et al. (2007). Al analizar la representación de la dirección y acumulación del flujo se encuentra que el modelo Alos Palsar, genera una red de drenaje más realista lo cual influirá principalmente en la delimitación de la cuenca, y si utilizamos este producto en la modelación hidrológica es importante tener en cuenta que la elección y corrección del MDE influirá en el movimiento y la acumulación del agua en superficie. Como se muestra en la parte baja de la Figura 6 es importante señalar que la delimitación de cuenca del río Saldaña realizada por Cortolima (2016), presenta inconsistencias hacia el sureste ya que incluye un sector del nevado del Huila, dentro de su delimitación de cuenca.

De acuerdo con lo anteriormente mencionado tanto en la sección 5.1.1 y 5.1.2, se utilizará el modelo digital de elevación Alos Palsar de resolución horizontal de 3 segundos de arco en el presente estudio, con el fin de emplearlo como insumo en la modelación numérica distribuida del balance hídrico. En la ***Figura 30*** se presenta la variación topográfica del MDE Alos Palsar corregido ortométricamente para el departamento del Tolima en vista 2D y 3D. Es importante señalar que los MDEs analizados presenta varias incertidumbres para representar la red de drenaje y la delimitación de la cuenca: Por lo tanto, en la siguiente sección se presenta la metodología aplicada para la corrección hidrológica del MDE que presento la mejor precisión vertical, dirección y enrutamiento del flujo (Alos Palsar de 3 segundos de arco).

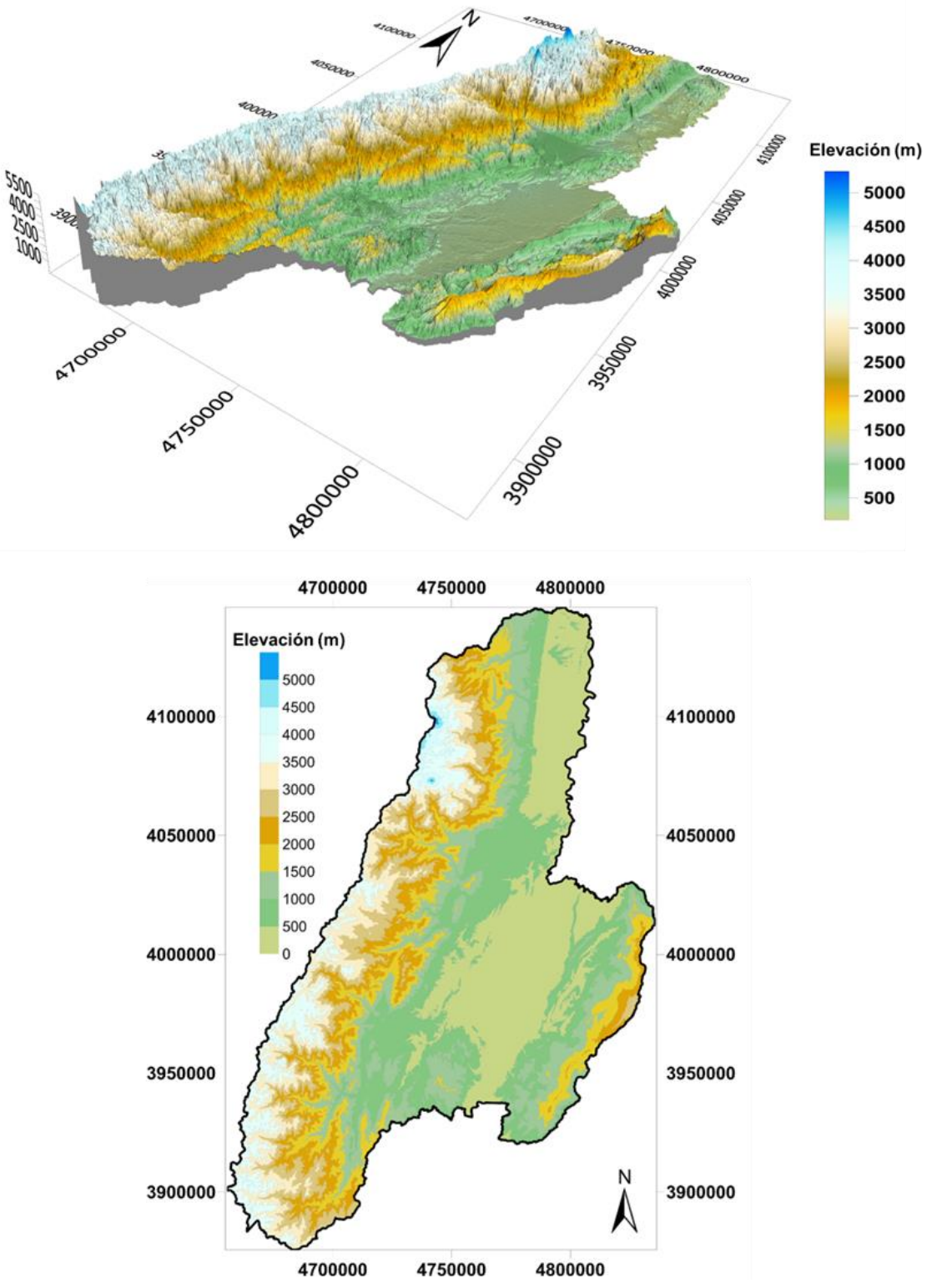


Figura 30. *Vista 3D y 2D del modelo digital de elevación Alos Palsar de 3 segundos de arco con corrección geoidal para el departamento del Tolima.*

5.1.3. Corrección Hidrológica del Modelo Digital de Elevación

Los modelos digitales de elevación (MDE) a menudo presentan discrepancias en la definición y delimitación espacial de algunas propiedades morfométricas, topográficas e hidrográficas del terreno (Mizgalewicz & Maidment, 1996). Estos errores son comúnmente corregidos a través de técnicas geoespaciales implementando algoritmos computacionales, los cuales integran ecuaciones matemáticas ampliamente soportadas y validadas en el campo de la hidrología (Lindsay, 2016).

Uno de estos problemas es la presencia de depresiones topográficas y áreas planas dentro de los MDE dificultando la dirección, acumulación y direccionamiento del flujo superficial, para lo cual, se han desarrollado múltiples metodologías las cuales mejoran sustancialmente la representación de los patrones de drenaje local (Martz y Garbrecht, 1998; Planchon y Darboux, 2002; Lindsay y Creed, 2005; Liu et al., 2009). Otro problema asociado es la inconsistencia en la definición de la red de drenaje resultante del procesamiento del MDE en contraste con las líneas de flujo vectorizadas disponibles. Para ello, se han desarrollado técnicas de adecuación topográfica las cuales incluyen datos hidrográficos relevantes (Hutchinson, 1989), y técnicas de redireccionamiento del flujo local o comúnmente llamadas en la literatura como “Stream Burning”, modificando el gradiente y la orientación de la superficie local para así modelar patrones espaciales de dirección del flujo (O'Callaghan y Mark, 1984).

El desarrollo de técnicas y algoritmos para la corrección hidrológica de los MDE ha ido en aumento, al punto de disponer de múltiples metodologías. Para la eliminar las depresiones topográficas y los llamados “peak” de los MDE. Planchon and Darboux (2002) desarrollaron un algoritmo capaz de remover estos errores topográficos garantizando la representación correcta de la cuencas y arroyos. En cuanto a los errores en la delimitación del flujo superficial, a menudo se implementan métodos como en Hutchinson (1989), incorporando rutinas de interpolación especializadas incorporando características hidrográficas vectorizadas para la generación de nueva información topográfica (algoritmo ANUDEM), o mediante el uso de una práctica conocida como streamburning (Saunders, 1999), siendo está una técnica de control del flujo el cual ajusta los valores de elevación de las celdas del MED que coinciden con las características de la capa vectorial (Lindsay, 2016). Este es un proceso de tallado de la capa vectorial sobre la capa rasterizada del MED disminuye las elevaciones de cada celda o, por el contrario, aumenta las celdas vecinas de no flujo (Maidment & Saunders, 1996), permitiendo un redireccionamiento del drenaje local hacia los canales previamente tallados. Estas dos metodologías difieren en su conceptualización ya que el primero genera un proceso de “doble interpolación” al incluir información hidrográfica mapeada en DEM existentes ya interpolados (Lindsay, 2016).

Dentro de los métodos denominados como "Stream Burning" se disponen de diversos algoritmos, los cuales preservan el mismo enfoque metodológico al efectuar cambios en los valores de elevación sobre la red de cauces rasterizada a fin de generar un redireccionamiento espacial del flujo. Uno de los métodos más simples es la *Disminución Constante del Gradiente* reduciendo los valores de elevación de cada una de las celdas rasterizadas de flujo. Por lo general, para garantizar el redireccionamiento del flujo es necesario la asignación de un valor alto de gradiente, provocando profundas incisiones en la red de cauces las cuales modifican significativamente los atributos del terreno del MDE (Saunders, 1999; Turcotte et al., 2001; Callow et al., 2007). Otros algoritmos modifican la red de cauces de forma progresiva tales como: *Expocurv* y *Tribburn* los cuales emplean ecuaciones exponenciales a partir de los valores máximos y mínimos de elevación del tramo suavizando las celdas de flujo; *AGREE* de Hellweger y Maidment (1997), el cual altera la superficie del MED en las áreas adyacentes a los cauces para que estas se inclinen hacia el cauce; *Excavación Normalizada* modificando los arroyos asignando una altura basada en la elevación mínima dentro de un vecindario local que rodea cada celda de arroyo; *Doble Quema del MED* propuesto por Getirana y sus colegas (Getirana et al., 2009a, 2009b) aplicando un gradiente secundario dentro de las áreas de llanuras aluviales adyacentes; y el método propuesto por Soille et al. (2003) ofreciendo una alternativa conservadora al reacondicionamiento de la superficie modificando únicamente celdas donde la corriente digital se desvía más de un umbral especificado de la hidrografía. Estas metodologías presentan limitantes debido a la alteración topográfica de la red de cauces siendo inadecuado su uso para el cálculo de parámetros como el gradiente de la pendiente local, la curvatura u otros atributos morfométricos (Jones, 2002).

5.1.4. Método de Corrección Implementado

El implementar este tipo de correcciones, conlleva a diversos problemas vinculados. Uno de ellos es la asignación de los valores de elevación a compensar. Normalmente esta compensación está dada de forma constante asegurando que los valores de elevación para cada pixel que ocupa la red vectorial presenten elevaciones inferiores a la superficie circundante, obligando al flujo a redireccionarse. Estos valores a menudo son de gran magnitud, ocasionando cambios de elevación bruscos que alteran significativamente los atributos del terreno derivados del MED (Callow et al., 2007; Saunders, 1999; Turcotte et al., 2001).

El método de compensación implementado en este estudio es el de *Método de Excavación Normalizada Modificada*, basado en el método propuesto por Baker et al.

(2006) asignando valores de elevación mínima dentro del vecindario local para cada celda ocupada por el drenaje vectorial, ejerciendo una pequeña reducción en la unidades de elevación para garantizar el desplazamiento del flujo (Lindsay, 2016). Dicha reducción es calculada considerando el método de dirección de flujo D8, asegurando el enrutamiento de la red de cauces de acuerdo con la red vectorial. La conceptualización del cálculo de la reducción es dada por lo siguiente:

Ecuación 1

Movimiento Horizontal/Vertical D8

$$m = \frac{Z_c - Z_i}{R_{MED}}$$

Movimiento Diagonal D8

$$m = \frac{Z_c - Z_i}{R_{DEM} * \sqrt{2}}$$

Donde:

m es el decaimiento (pendiente) entre celdas, Z_c es la elevación en metros de la celda de central, Z_i es la elevación (m) de la celda de interés, R_{MED} es la resolución (m) de celda del Modelo de Elevación Digital.

Al considerar la pendiente como factor de direccionamiento del flujo es importante considerar el tipo de movimiento, sea horizontal/vertical o diagonal, dada la distancia de desplazamiento del flujo en un sentido euclidiano. Calculando la pendiente de cada celda de interés Z_i respecto a la celda central Z_c en un vecindario local (8 celdas vecinas), es posible cuantificar la pendiente descendente más empinada la cual condiciona la dirección que tomará el flujo, por lo que al aplicar un aumento leve de pendiente respecto a un gradiente definido, se garantiza el decaimiento a dicha celda de interés.

Ecuación 2

$$m_i = MAX(m_v) + \mathrm{G}$$

Donde:

m_i es la nueva pendiente de interés asignada, $MAX\ (m_v)$ es la máxima pendiente del vecindario local (8 celdas vecinas), G es el gradiente de aumento de pendiente ($G > 0$).

Definida la pendiente de interés, se determina el valor de elevación que debe tomar la celda a modificar, correspondiente a una reducción leve que asegure el direccionamiento del flujo. Despejando y reemplazando la *Ecuación 1* tenemos los siguiente:

Ecuación 3

Movimiento Horizontal/Vertical D8	Movimiento Diagonal D8
$Z_i' = Z_c - (m_i * R_{MED})$	$Z_i' = Z_c - (m_i * (R_{MED} * \sqrt{2}))$

Donde:

Z_i' es el valor de elevación (m) a modificar en la celda de interés, Z_c es la elevación (m) de la celda de central, m_i es la nueva pendiente de interés asignada, R_{MED} es la resolución (m) de celda del Modelo de Elevación Digital.

Adicionalmente, el *Método de Excavación Normalizada Modificada* descrito anteriormente está condicionado a modificar los valores de elevación de las celdas que representen el flujo de forma incorrecta, es decir, las celdas flujo/no flujo iterativamente evaluará la correcta o incorrecta representación del flujo respecto con la red de drenaje vectorial existente, modificando únicamente celdas donde la corriente digital se desvía.

El proceso corrector del flujo superficial del MED a partir de la capa vectorial de la red de drenaje, requiere la implementación de múltiples herramientas geoespaciales y estadísticas disponibles en diferentes plataformas de procesamiento. Es por ello, que se desarrolló un flujo metodológico detallado ilustrado en la ***Figura 31*** representando cada procesamiento aplicado. Con la corrección topológica a la red de drenaje previamente descrita, se realiza una inspección a los valores de elevación del MED en busca de posibles depresiones topográficas y áreas planas que dificulten el modelado de las rutas de flujo. Para ello, se realizó una corrección al MED mediante el algoritmo expuesto en Planchon & Darboux (2002), disponible en los diferentes SIG.

La rasterización de la red de flujo digitalizada depende en gran medida de la resolución y extensión espacial del MED, garantizado así una modificación puntual de los valores de elevación, conservando el centro de celda y la extensión de la capa de procesamiento inicial. Con la rasterización, la información topológica contenida en la capa de hidrografía vectorial se pierde, por lo que estas corrientes representan de forma booleana la existencia e inexistencia de la red de flujo, sin almacenar

información de la conectividad entre cedas (Lindsay, 2016). Turcotte et al. (2001) expone la necesidad de incorporar un valor de identificador de enlace en lugar de una representación booleana.

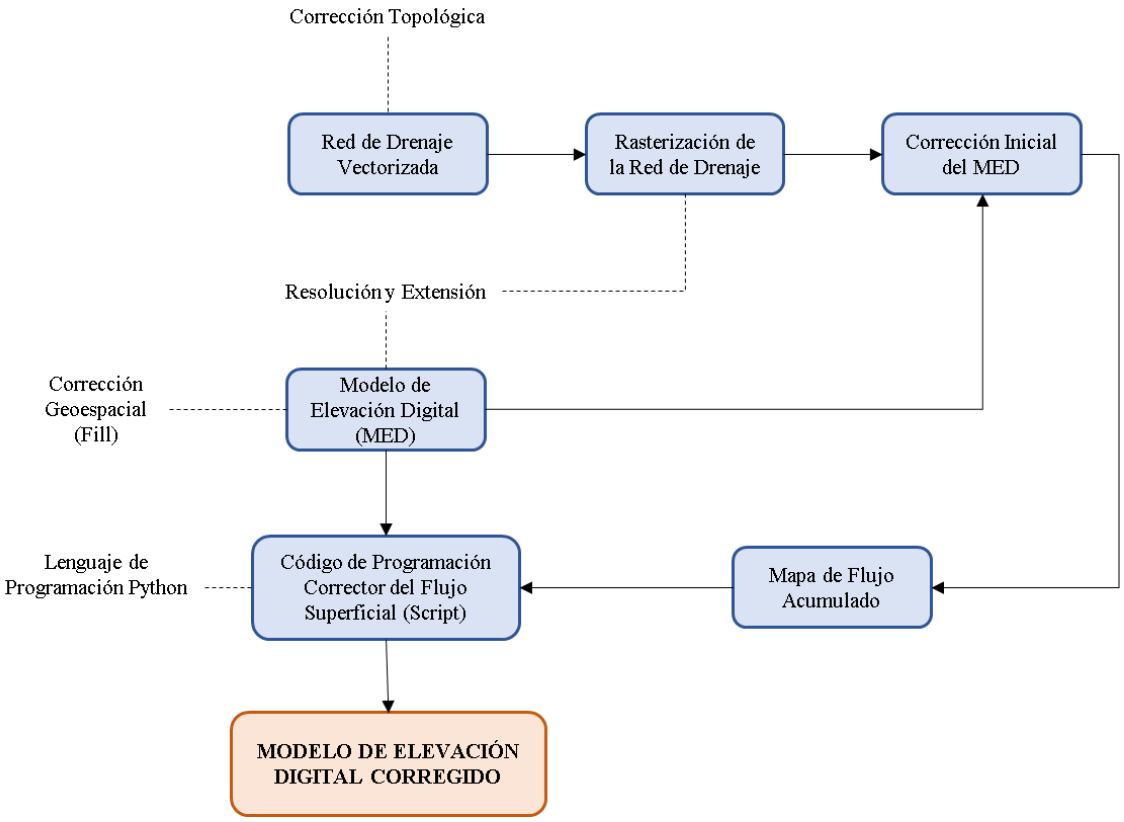


Figura 31. *Diagrama Metodológico para la Corrección del Flujo Superficial.*

La capa de flujo acumulado derivada de los MED, proporcionan esa conectividad y priorización del flujo al determinar por acumulación el peso de todas las celdas que fluyen en dirección a una única celda pendiente descendente. Una alternativa de asignación de valores de flujo acumulado a la red rasterizada de drenajes es el forzamiento al MED provocado por una abrupta modificación de los valores de elevación a cada celda pareada definida por la red. Con esta modificación definida como "Corrección Inicial del MED", es posible generar un mapa de flujo acumulado forzado, que al parearlo espacialmente con la red rasterizada, permite la asignación de valores de flujo, la conectividad entre celdas y la priorización del tallado durante el proceso de acondicionamiento del MED.

El procesamiento y corrección del MED es ejecutado a través de un "Código de Programación Corrector del Flujo Superficial", desarrollado en lenguaje de programación Python 3, incorporando librerías para el importe de información espacial

en formato matricial, fácilmente editable y exportable para su acople a los SIG. Como producto resultante del proceso de corrección se obtiene un MED con modificaciones en sus valores de elevación de acuerdo con la capa de hidrografía vectorial.

Implementado las correcciones sobre el MED, se obtienen direcciones de flujo más ajustadas y concordantes espacialmente con la red de hidrografía vectorial disponible. A menudo, el MED resultante del proceso corrector no es implementado en la caracterización morfométrica de las unidades hidrográficas evaluadas, por lo que optan por acoger el MED en su versión original. Lo anterior, es sustentado en las fuertes modificaciones que sufre los valores de elevación en el proceso de acondicionamiento, representando parámetros morfométricos sobre ajustados. Otros argumentos igualmente validos sobre el uso de lo MED corregidos, se basan en el grado de precisión vertical que presenta cada modelo, que, en contraste con el rango de variaciones en la elevación provocada por el proceso corrector, no presentas diferencias significativas, por lo que estimar estos parámetros morfométricos a partir del MED corregido es técnicamente válido.

5.1.5. Estimación de Parámetros Topográficos

Como resultado del proceso de corrección topográfica de los modelos de elevación digital (MED) a partir de la red de drenaje vectorial, se calcula los parámetros asociados a la topografía tales como: mapa de elevaciones (m) (), direcciones de flujo (), flujo acumulado, pendientes del terreno (%) () y velocidad del flujo en ladera (m/s) (). Para la estimación de la velocidad del flujo, se consideró la ecuación de desplazamiento del flujo laminar, el cual conceptualmente se convierte en flujo concentrado poco profundo después de determinada distancia (USACE, 2000). Esta ecuación integra la rugosidad de las coberturas para su aplicación de acuerdo con:

Ecuación 4

$$V = 4.9164 * \sqrt{S}\ para\ superficies\ permeables$$

$$V = 6.1935 * \sqrt{S}\ para\ superficies\ impermeables$$

Donde:

V es la velocidad de flujo en ladera (m/s), S es la pendiente.

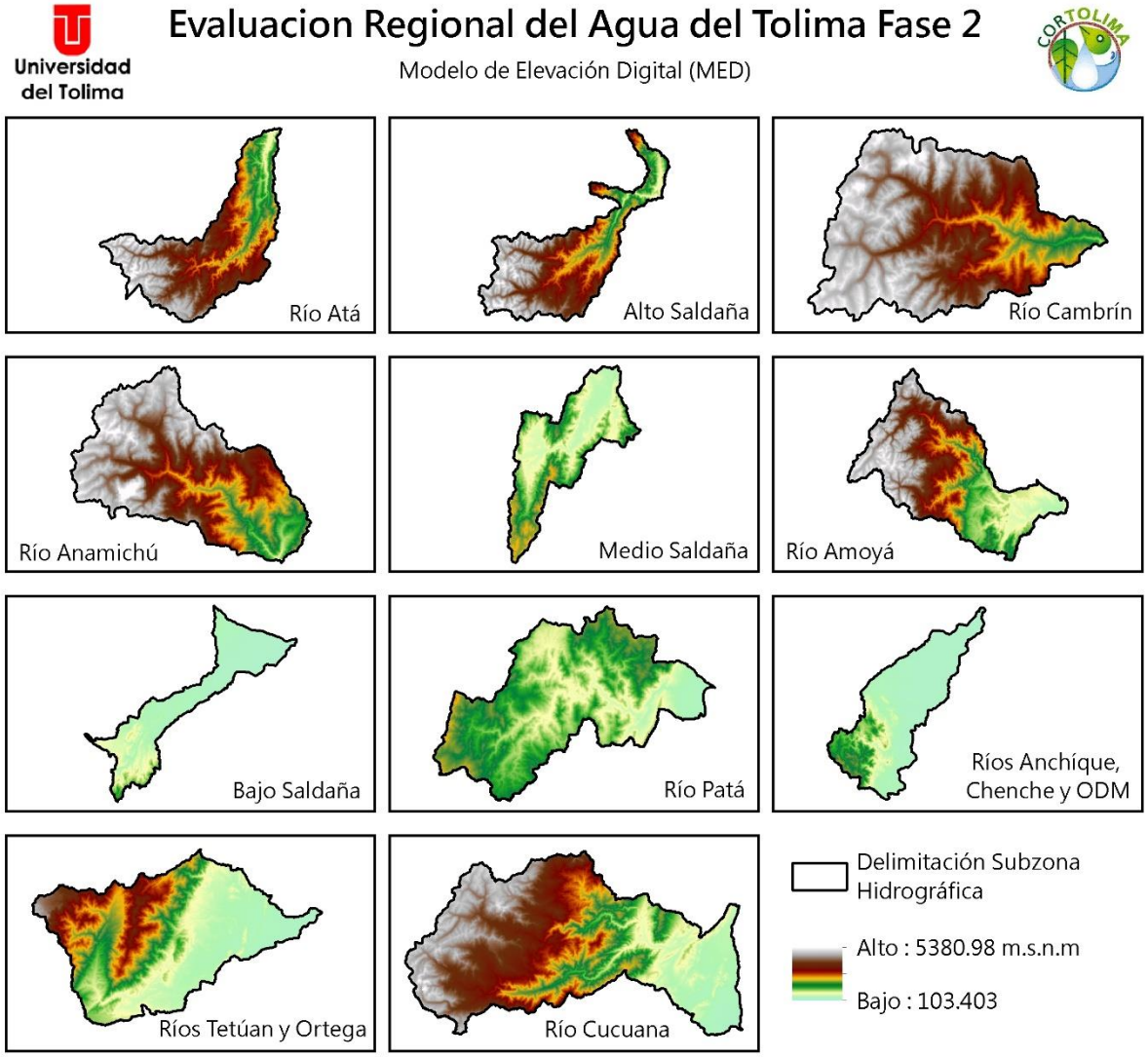


Figura 32. *Mapa de elevación digital para las subzonas hidrográficas de análisis*

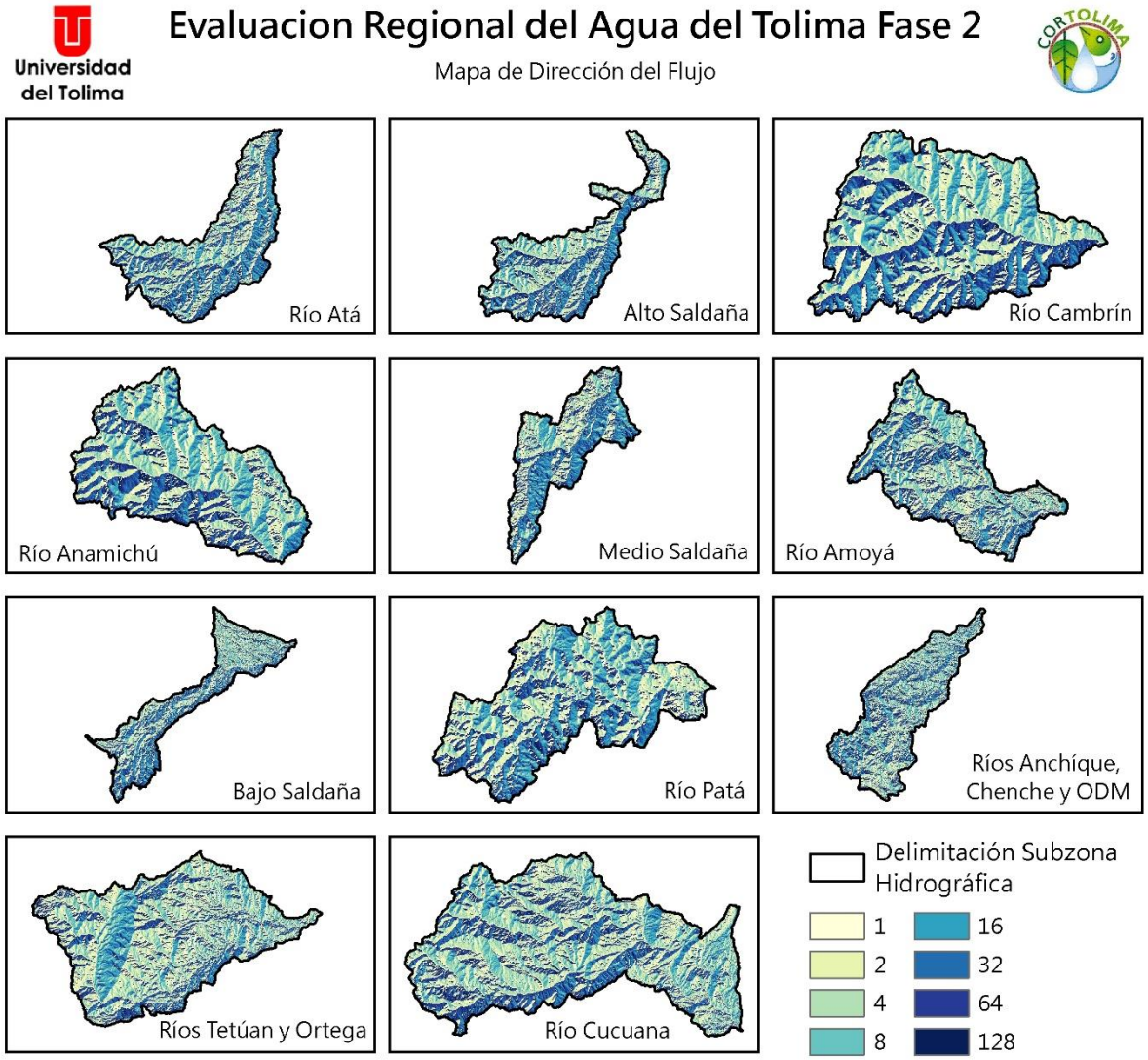


Figura 33. *Mapa de direcciones de flujo para las subzonas hidrográficas de análisis*

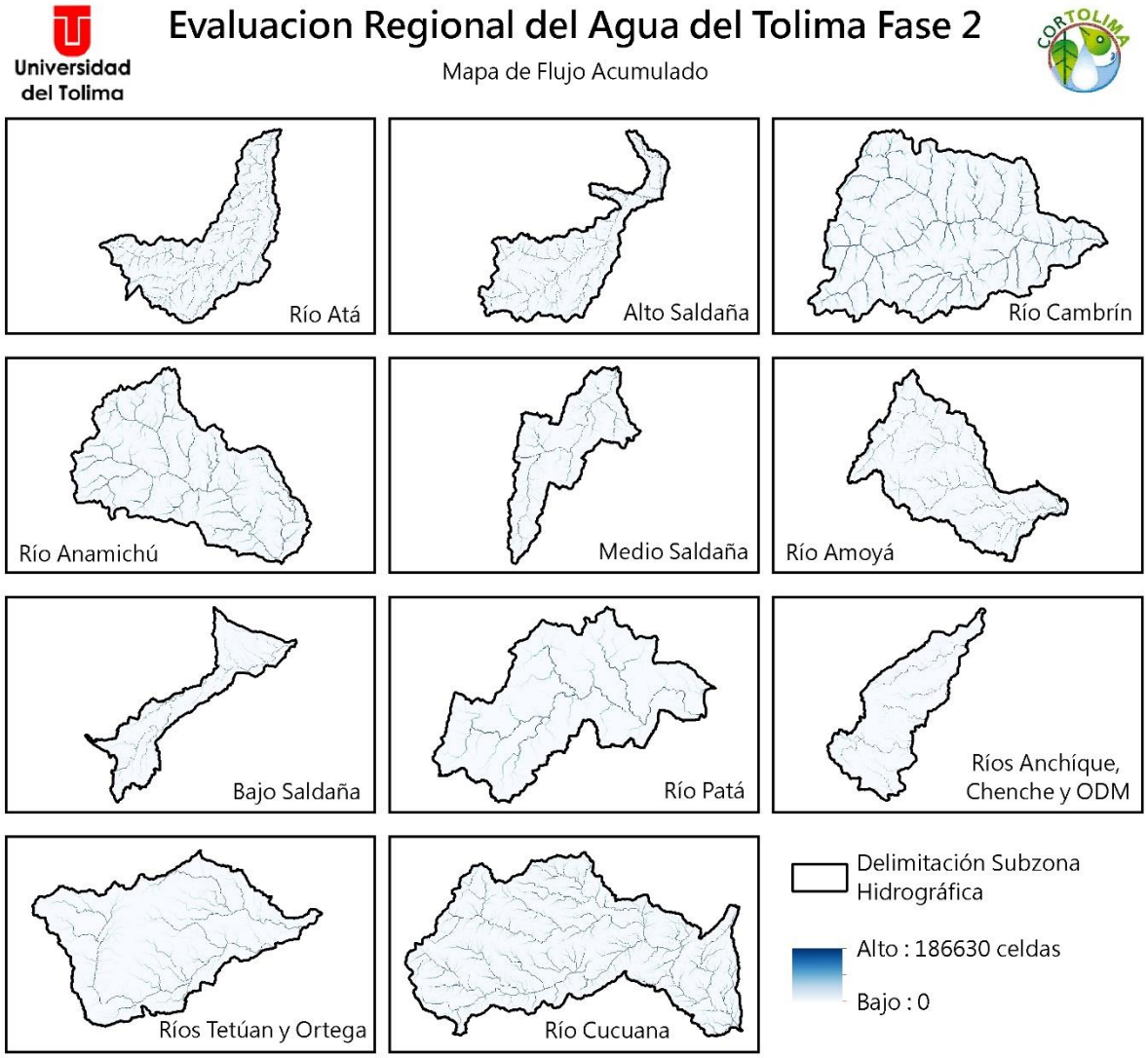

Universidad del Tolima
Evaluacion Regional del Agua del Tolima Fase 2
Mapa de Flujo Acumulado
Río Atá
Alto Saldaña
Río Cambrín
Río Anamichú
Medio Saldaña
Río Amoyá
Bajo Saldaña
Río Patá
Ríos Anchíque, Chenche y ODM
Ríos Tetúan y Ortega
Río Cucuana
Delimitación Subzona Hidrográfica
Alto : 186630 celdas
Bajo : 0

Figura 34. Mapa de fluio acumulado para las subzonas hidrográficas de análisis

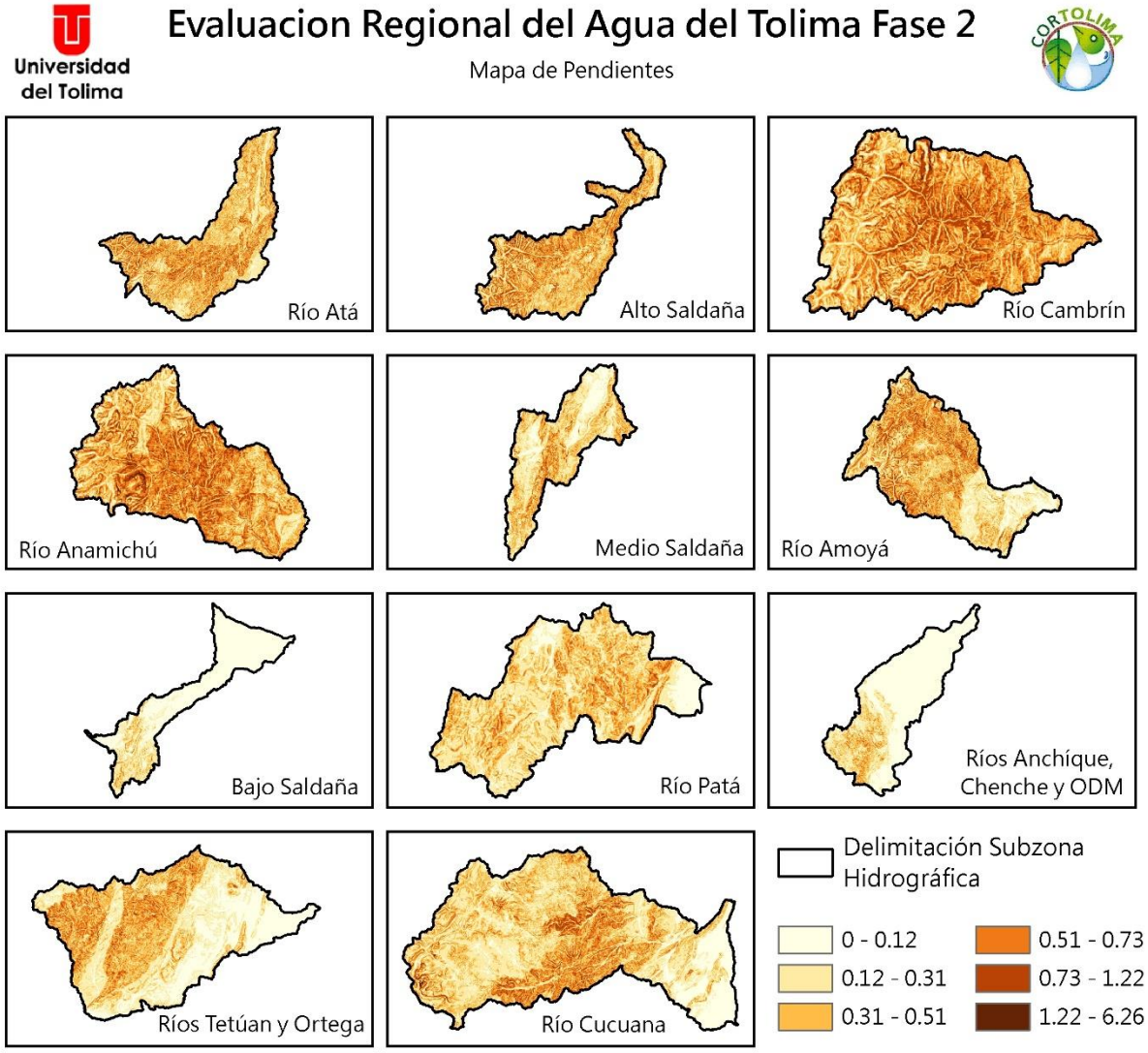


Figura 35. *Mapa de pendientes para las subzonas hidrográficas de análisis*

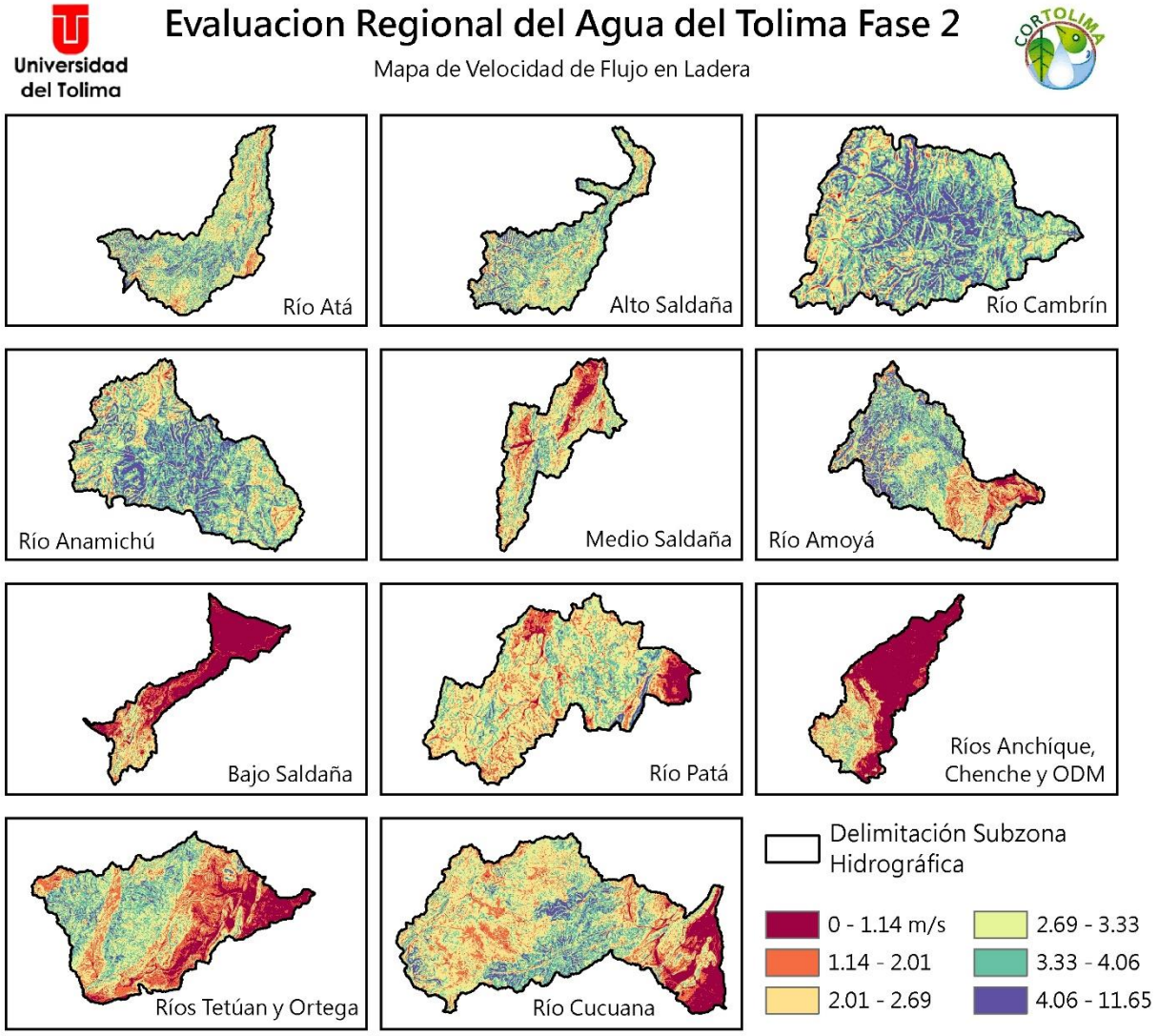


Figura 36. *Mapa de velocidad de flujo en ladera para las subzonas hidrográficas de análisis*

5.2. Parámetros Hidráulicos del Suelos y del Estrato Rocoso

Conceptualmente, el estado de humedad y flujo de agua en el suelo en el modelo hidrológico TETIS, es controlado por la capacidad de almacenamiento capilar (Hu) y por la conductividad hidráulica para el interflujo (Kss) y la capacidad de infiltración del suelo (Ks). Así mismo, en el estrato rocoso el flujo está regulado por la conductividad hidráulica saturada del acuífero (Ksa), su capacidad de percolación del substrato (Kp) y la capacidad de percolación al acuífero profundo (Kps). Caracterizar adecuadamente las diferentes tasas de infiltración sobre los estratos superficiales y profundos del suelo, implica disponer de información detallada dada la alta variabilidad espacial que a menudo se presentan en suelos naturales (Chapuis, 2012). Debido a la escasa información disponible que represente dicha variabilidad sobre las subzonas hidrográficas a evaluar, se hace necesario emplear métodos para estimar estas propiedades hidráulica en suelos saturados a través de funciones de pedotransferencia, que relacionen propiedades físicas del suelo con sus propiedades hidráulicas.

5.2.1. Valores Modales de Capacidad de Infiltración del Suelo (Ks) y Conductividad Hidráulica para el Interflujo (Kss)

La Capacidad de infiltración en el suelo (Ks) o conductividad hidráulica vertical del perfil del suelo es estimada considerando las ecuaciones desarrolladas por Saxton & Rawls (2006), las cuales involucran variables características físicas de los suelos fácilmente disponibles como la textura del suelo y su contenido de materia orgánica (%), proporcionando estimaciones prácticas en la definición de los efectos hidrológicos del agua en el suelo. Estas propiedades físicas y mineralógicas del suelo son tomadas del Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento del Tolima (IGAC, 1997) y del Estudio General de Suelos del Departamento del Huila (IGAC, 1996), este último dada la condición de subzona hidrográfica compartida del Río Patá. Adicionalmente se consideró el Estudio de Levantamiento de Suelos a escala 1:25.000 de la Cuenca del Río Amoyá (IGAC, 2018), siendo este un estudio semidetallado de suelos importante para la caracterización de las propiedades física del suelo.

Asumiendo una isotropía en cada una de las capas del suelo se estima una permeabilidad equivalente siendo este un valor global al conjunto de capas consideradas como una unidad. Considerando la Ley de Darcy para caracterizar el flujo de agua en el suelo en un medio estratificado, la Ks se asume en la siguiente expresión:

Ecuación 5

$$Ks = (\sum K_i * b_i)/B$$

Donde:

Ks es la capacidad de infiltración del suelo equivalente (mm/h) para el perfil de suelo, K_i es la conductividad hidráulica (mm/h) de cada una de las capas del suelo, b_i es el espesor (m) de cada una de las capas del suelo, *B* es el espesor total (m) del perfil del suelo.

De igual manera, la estimación de la conductividad hidráulica para el interflujo (Kss) o conductividad hidráulica horizontal del perfil del suelo se infiere a partir de los valores estimados de la conductividad hidráulica vertical (Ks) y el espesor de cada horizonte del suelo respecto a la profundidad total del perfil. Así mismo, los valores de Kss para cada unidad cartográfica de suelo son estimados en relación con la proporción que representa cada perfil en cada unidad.

Ecuación 6

$$Kss = B/\sum b_i/K_i$$

Donde:

Kss es la conductividad hidráulica para el interflujo (mm/h), *B* es el espesor total (m) del perfil del suelo, b_i es el espesor (m) de cada una de las capas del suelo, K_i es la conductividad hidráulica (mm/h) de cada una de las capas del suelo.

Como resultado se obtiene los mapas de capacidad de infiltración (Ks) y de conductividad hidráulica para el interflujo (Kss) en cada una de las unidades hidrográficas evaluadas representando espacialmente la variabilidad del gradiente de flujo superficial y subsuperficial en el suelo.

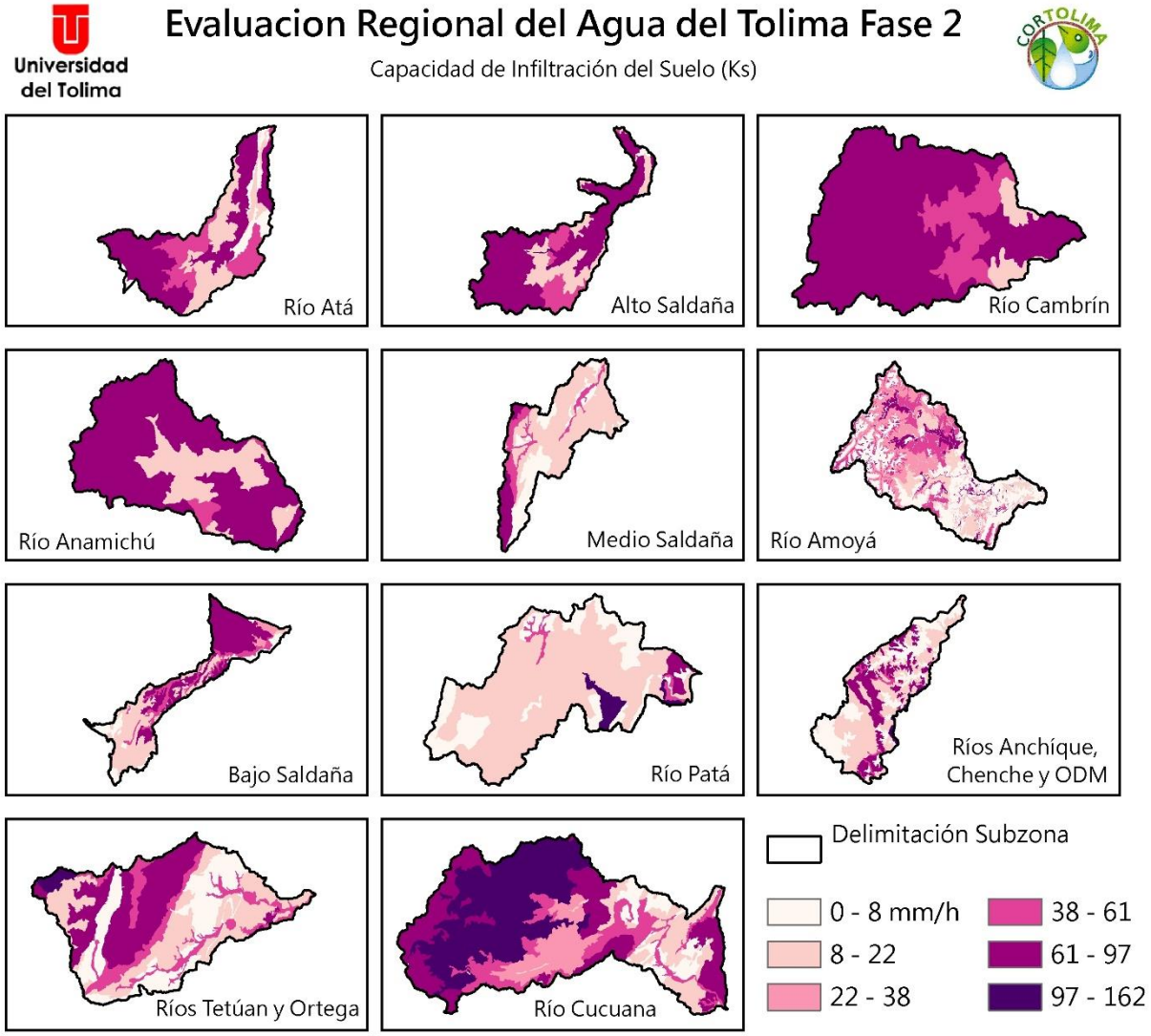

Universidad del Tolima
Evaluacion Regional del Agua del Tolima Fase 2
Capacidad de Infiltración del Suelo (Ks)
Río Atá
Alto Saldaña
Río Cambrín
Río Anamichú
Medio Saldaña
Río Amoyá
Bajo Saldaña
Río Patá
Ríos Anchíque, Chenche y ODM
Ríos Tetúan y Ortega
Río Cucuana
Delimitación Subzona
0 - 8 mm/h
8 - 22
22 - 38
38 - 61
61 - 97
97 - 162

Figura 37. Mapa de Capacidad de Infiltración (Ks) para las subzonas hidrográficas de análisis

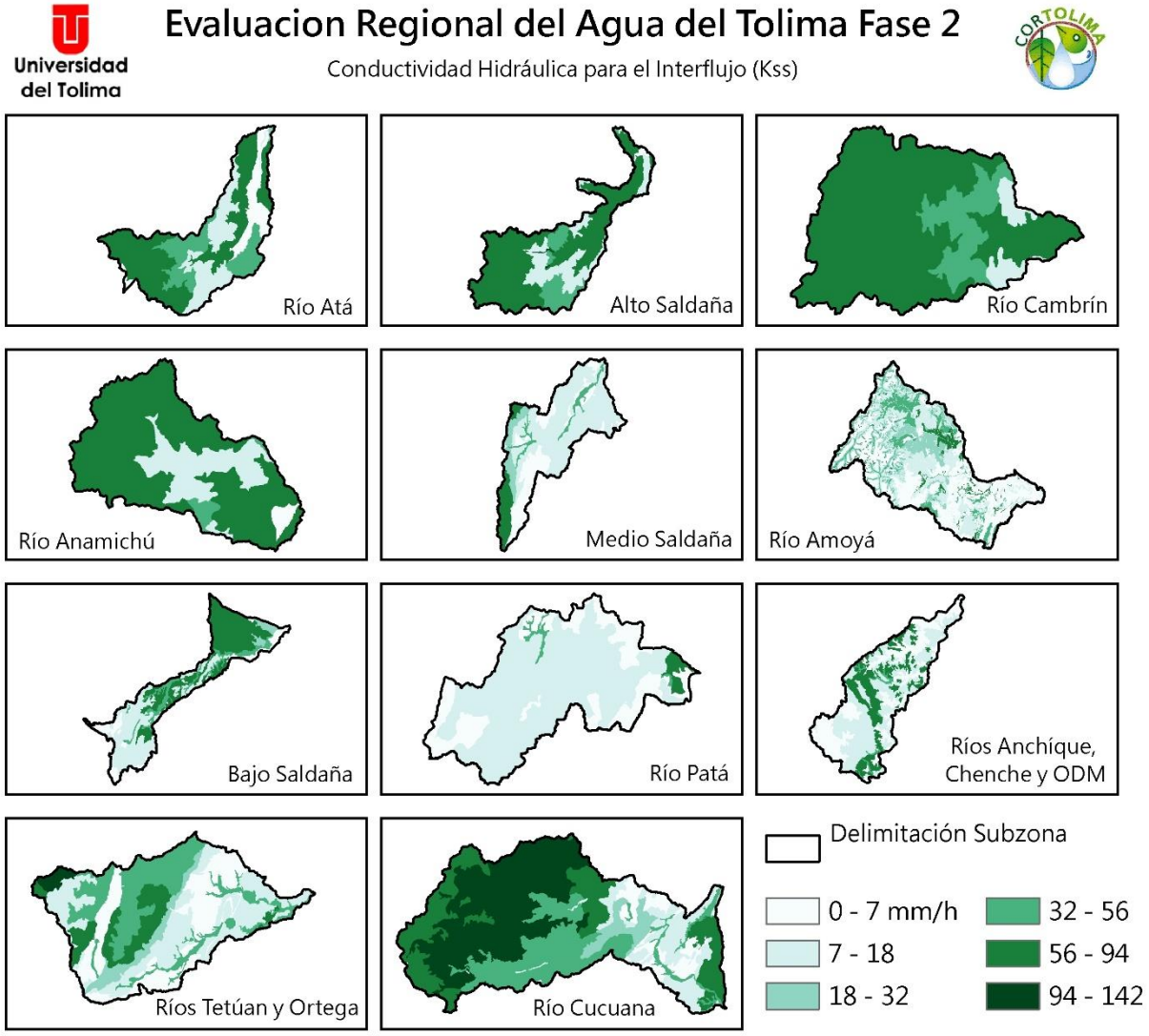


Figura 38. *Mapa de Conductividad Hidráulica para el Interflujo (Kss) para las subzonas hidrográficas de análisis*

5.2.2. Valores Modales de Conductividad Hidráulica Saturada del Acuífero (Ksa), Capacidad de Percolación del Substrato (Kp) y Capacidad de Percolación al Acuífero Profundo (Kps)

Para construir el mapa de conductividad hidráulica saturada del acuífero (Ksa), primero se construyó el mapa de unidades geológicas superficiales. Para la construcción del mapa, se integró información geológica de detalle generada en los POMCAS de los Ríos Amoyá (Cortolima, 2007), Mendarco (Cortolima, 2009), también se tuvieron en cuenta el mapa geológico a escala de 1:25.000 generado en el Plan de Manejo Ambiental del Acuífero del Sur del Tolima Fase 1 (Cortolima, 2018) y finalmente el mapa geológico a una escala 1:100.000 del Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2015). No se tuvo en cuenta la geología de los POMCAS de los Ríos Anamichú y Guanábano, ya que estos estudios usaron el mapa geológico del SGC (2015) para describir la geología superficial de estas cuencas.

Tabla 28. *Valores de referencia de ksa en función del tipo de roca*

	Materiales Geológicos	Conductividad Hidráulica (mm/h)
Depósitos no consolidados	Gravas finas a gruesas	10800
	Arenas y gravas	1080
	Arenas gruesas	360
	Arenas finas	7
	Arenas limosas	4
	Limos y loess	3
	Depósitos glaciales	0.4
	Arcillas	0.003
Rocas consolidadas	Rocas ígneas y metamórficas masivas	0.00001
	Esquistos	0.0001
	Areniscas laminadas	0.1
	Areniscas cementadas, no unidas	0.1
	Areniscas cristalinas, no unidas	0.1
	Tobas volcánicas	3.3
	Granitos y neises fracturados y / o erosionados	4
	Areniscas articuladas	0.1
	Dolomitas	42
	Basaltos vesiculares	42
	Calizas kársticas	360

Fuente: Verruijt, 1970, Freeze y Cherry (1979), Chapman (1996), Custodio y Llamas (2001), Zhang (2016)

Para determinar la permeabilidad en las unidades geológicas superficiales, se usaron diferentes fuentes de información para interpretar la conductividad hidráulica de rocas consolidadas y no consolidadas, que hacen parte del área englobada en la Evaluación Regional del Agua en el departamento del Tolima Fase 2 (***Tabla 28***). Para estimar la conductividad hidráulica en la zona en estudio se usaron las tablas de permeabilidad de Verruijt, 1970, Freeze y Cherry (1979), Chapman (1996), Custodio y Llamas (2001), Zhang (2016).

Para el caso de la capacidad de percolación del substrato (Kp) es pertinente asumir este valor como la décima parte de la conductividad hidráulica saturada del acuífero (Ksa) (Custodio y Llamas, 2001). En cuanto a la capacidad de percolación al acuífero profundo (Kps) a falta de información más precisa, se puede estimar como un décimo de la capacidad de percolación de substrato (Kp).

5.2.3. Valores Modales de Almacenamiento Estático (Hu)

La capacidad de almacenamiento estático (Hu) representa la capacidad de almacenamiento capilar del suelo más el almacenamiento superficial por efecto de la rugosidad del terreno (***Figura 42***). El almacenamiento capilar máximo del suelo está en función del contenido de humedad a capacidad de campo, el contenido de humedad en el punto de marchitez permanente, la densidad aparente del suelo y la profundidad de este. Su estimación está dada por la siguiente expresión:

Ecuación 7

$$H_u = (\rho_b * p * AW)/(\rho_w * 100) + A_s$$

Donde:

Hu es el contenido de agua útil más el almacenamiento superficial (mm), ρb es la densidad aparente del perfil de suelo (gr/cm3), ρw es la densidad del agua (gr/cm3), p es el valor mínimo entre el espesor del suelo y la profundidad efectiva de raíces (m), *AW* es el agua disponible para las plantas en el perfil de suelo en %, *As* es el almacenamiento superficial de agua (mm).

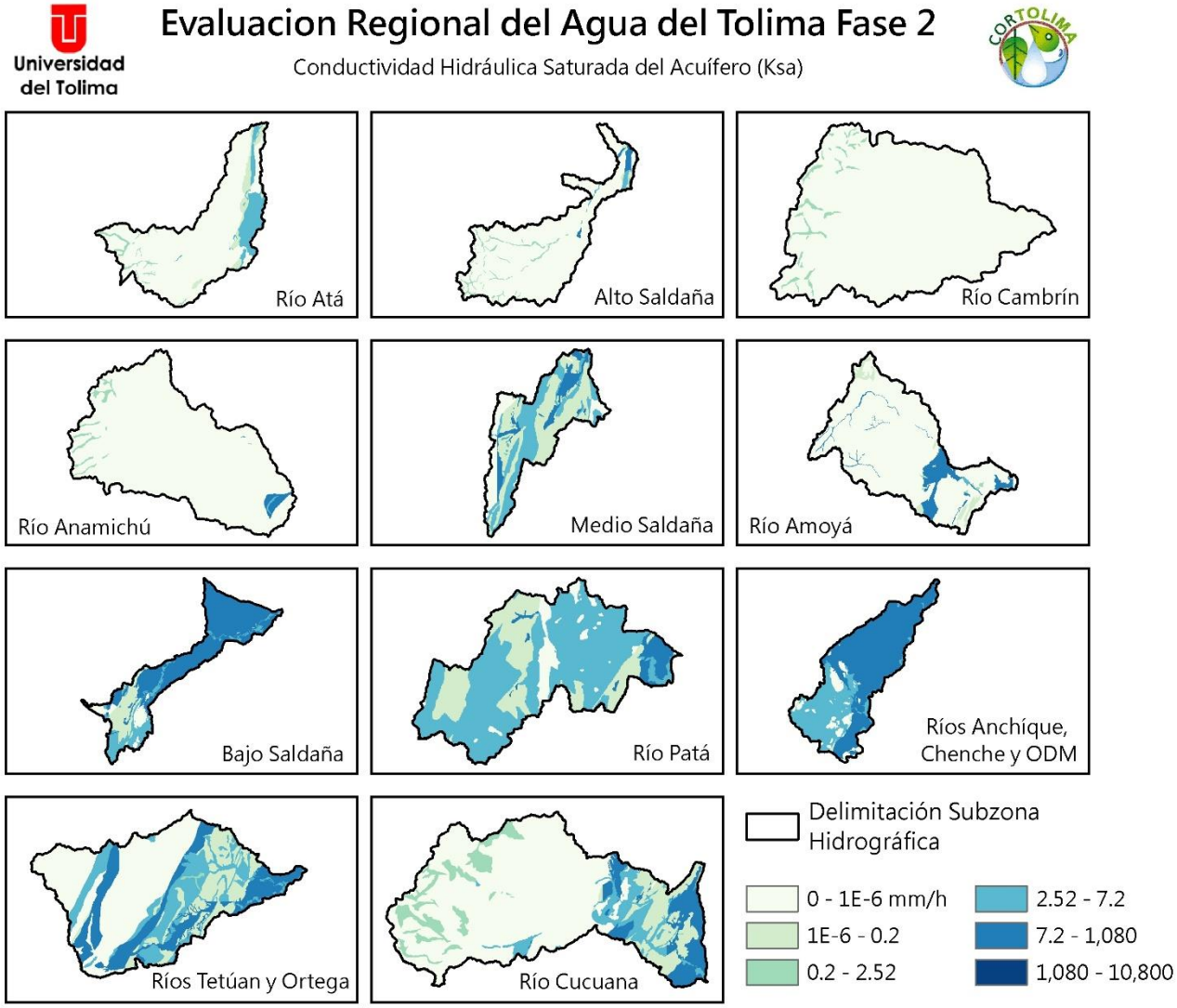

Universidad del Tolima
Evaluacion Regional del Agua del Tolima Fase 2
Conductividad Hidráulica Saturada del Acuífero (Ksa)
Río Atá
Alto Saldaña
Río Cambrín
Río Anamichú
Medio Saldaña
Río Amoyá
Bajo Saldaña
Río Patá
Ríos Anchíque, Chenche y ODM
Ríos Tetúan y Ortega
Río Cucuana
Delimitación Subzona Hidrográfica
0 - 1E-6 mm/h
1E-6 - 0.2
0.2 - 2.52
2.52 - 7.2
7.2 - 1,080
1,080 - 10,800

Figura 39. *Mapa de Conductividad Hidráulica Saturada del Acuífero (Ksa) para las subzonas hidrográficas de análisis*

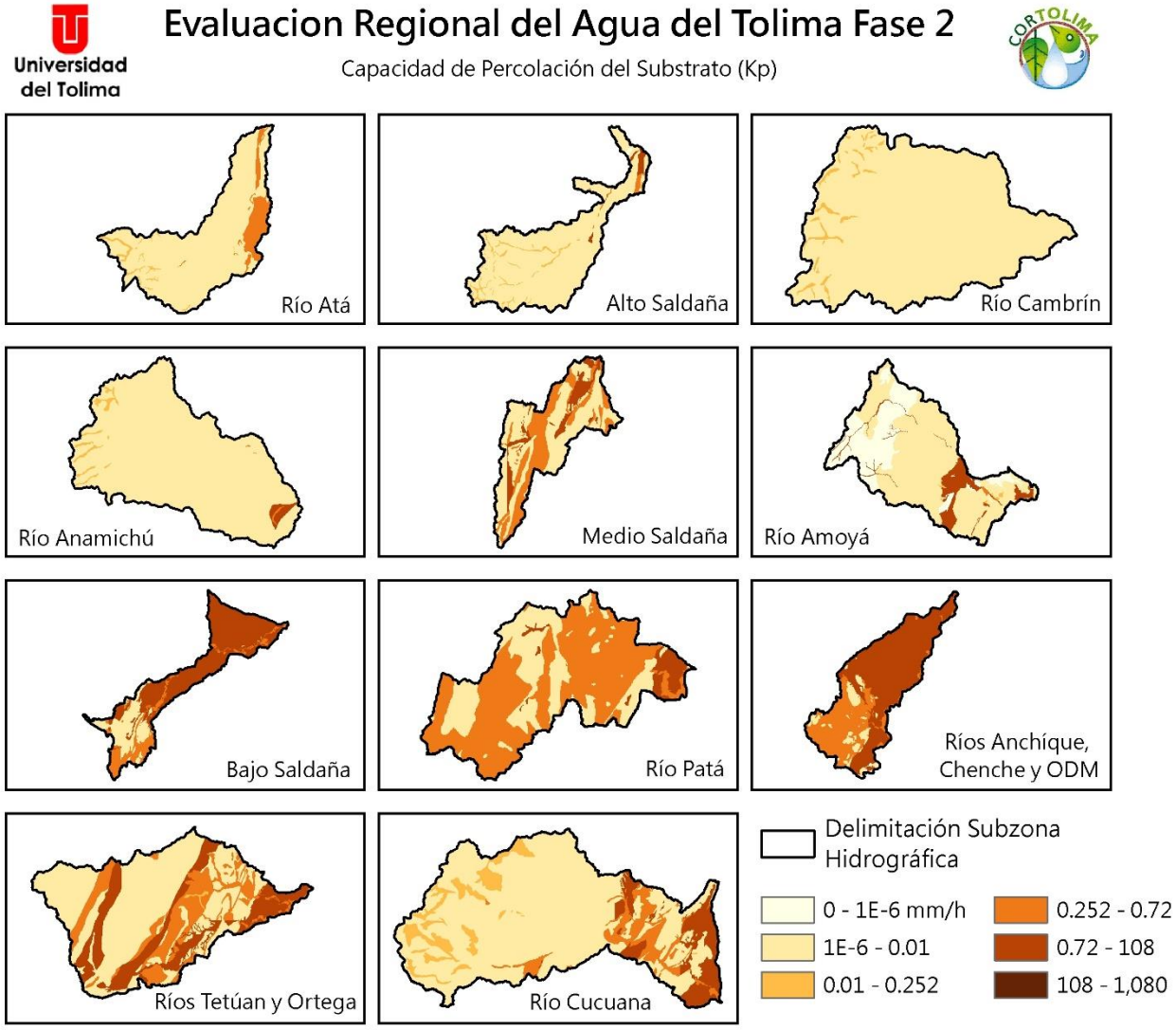


Figura 40. *Mapa de Capacidad de Percolación del Substrato (Kp) para las subzonas hidrográficas de análisis*

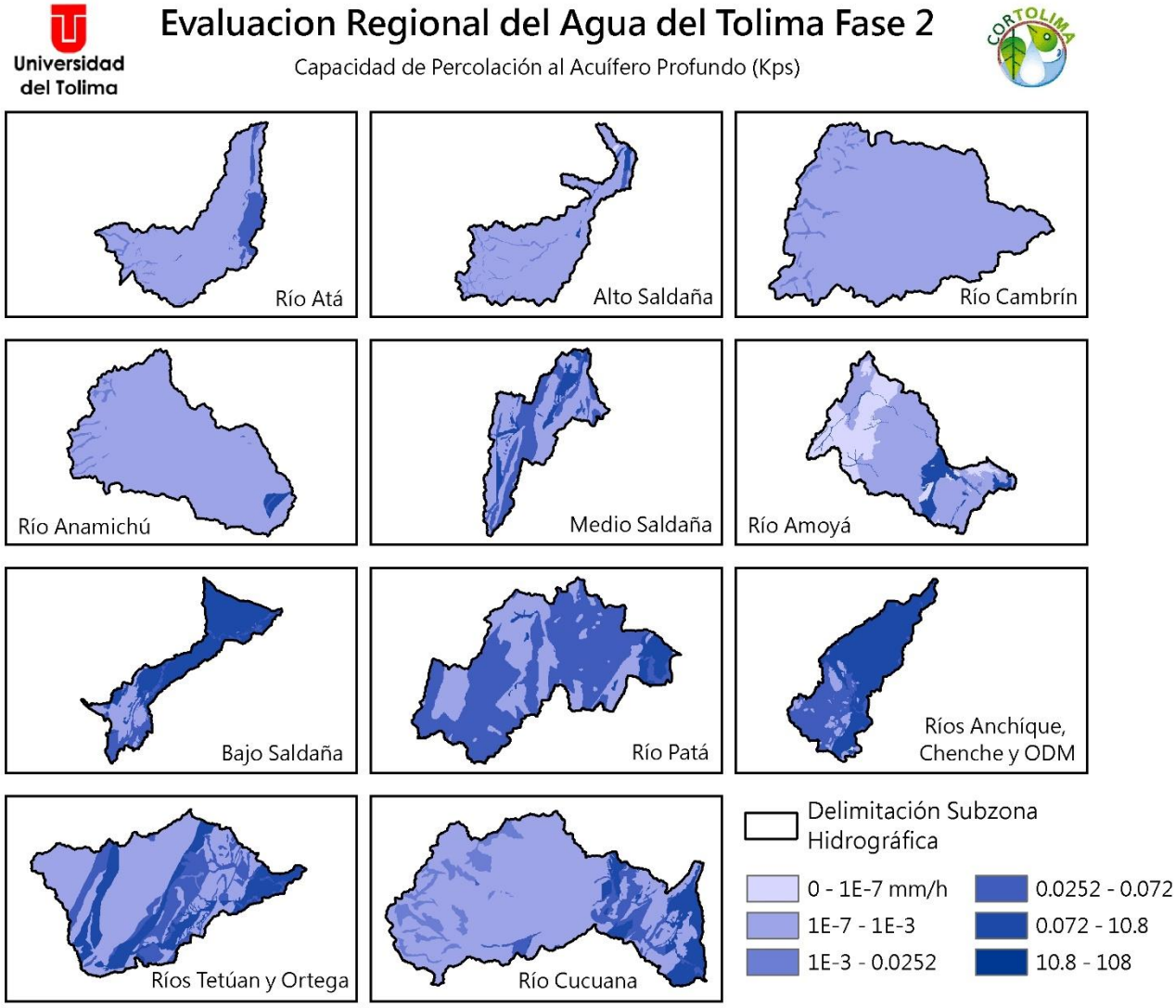


Figura 41. *Mapa de Capacidad de Percolación al Acuífero Profundo (Kps) para las subzonas hidrográficas de análisis*

Mediante las ecuaciones expuestas en Saxton & Rawls (2006), es posible estimar la densidad aparente del suelo (ρb), el contenido de humedad a capacidad de campo (θ_{33}, %) y el contenido de humedad en el punto de marchitez (θ_{1500}, %) a partir de información fácilmente disponible como la textura del perfil del suelo (contenidos de arenas, limos, arcillas) y el contenido de materia orgánica. Los estudios generales de suelos de los departamentos del Tolima (IGAC, 1997) y Huila (IGAC, 1996), así como el estudio de levantamiento de suelos a escala 1:25.000 de la cuenca del Río Amoyá (IGAC, 2018), ofrecen una descripción detallada de las propiedades físicas de cada perfil de referencia para las unidades cartográficas de suelo.

Para el cálculo del agua disponible para las plantas (AW) se considera como:

Ecuación 8

$$AW = \theta_{33} - \theta_{1500}$$

Los valores estimados de ρb, θ_{33} y θ_{1500} son ponderados en función de la profundidad de cada horizonte y la proporción del perfil por cada unidad cartográfica de suelo.

La profundidad efectiva de raíces (Pr) es considerada como la máxima profundidad a la cual la matriz del suelo es afectada por el sistema radicular. En FAO (2006) se estandarizan estos valores con base a un cultivo determinado, siendo esta una referencia inicial para establecer la profundidad efectiva del suelo en la capa superficial. El mapa de coberturas y uso de la tierra a escala 1:25:000 desarrollado por CORTOLIMA para el año 2019, brindan este importante insumo que permite espacializar en las unidades hidrográficas, el tipo de cobertura dominante sobre la superficie del suelo. En la ***Tabla 29***, se establece la profundidad de raíz (m) en función de la cobertura, estableciendo valores de referencia consultados en la literatura (FAO, 2006).

Para la estimación del espesor del suelo (Es), se implementó la metodología expuesta en Patton et al. (2018), la cual relaciona el espesor del suelo con la función de curvatura del terreno. Con esto, la profundidad del suelo (p) es determinada como:

Ecuación 9

$$p = \min(Pr, Es)$$

***Tabla 29**. Capacidad de almacenamiento superficial y profundidad de raíz por efecto del tipo de cobertura*

Tipo de Cobertura	Capacidad de Almacenamiento (mm)*	Profundidad de Raíz (m)**
Tejido urbano continuo, zonas industriales o comerciales, red vial y obras hidráulicas	0.5	0
Tejido urbano discontinuo y construcciones rurales	0.5	0
Zonas de extracción minera y zonas verdes urbanas	0.5	0
Instalaciones recreativas	0.5	0
Otros cultivos transitorios	1	1
Cereales	1	1.2
Oleaginosas y leguminosas	1	0.97
Hortalizas	1	0.5
Tubérculos	1	0.67
Cultivos permanentes herbáceos	1	1.2
Cultivos permanentes arbustivos	1	1.07
Cultivos permanentes arbóreos	1	1.13
Cultivos agroforestales y confinados	2	1
Pastos limpios	2	0.5
Pastos arbolados	2	0.5
Pastos enmalezados	6	0.5
Mosaico de cultivos	2	1
Mosaico de pastos y cultivos	2	0.8
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	2.5	0.7
Mosaico de pastos con espacios naturales	2.5	0.4
Mosaico de cultivos con espacios naturales	2.5	0.6
Bosque denso y bosque abierto	4.5	2
Bosque fragmentado con pastos y cultivos	4.5	2
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	4.5	2
Bosque de galería y ripario	4.5	2
Plantación forestal	3	1.8
Herbazal denso de tierra firme	1.16	0.56
Arracachal	2	0.5
Herbazal abierto	0.25	0.35
Arbustal denso	1.5	0.6
Arbustal abierto	1.25	0.55
Vegetación secundaria o en transición	2	0.7
Zonas arenosas naturales, tierras desnudas y degradadas, zonas quemadas	0	0
Afloramientos rocosos	0	0
Zonas glaciares y nivales	0	0
Humedales y zonas pantanosas, lagunas, lagos y ciénagas naturales, Cuerpos de agua artificiales	30	0
Ríos	0	0
Canales	0	0

Fuente: *(UPV, 2011; URA, 2003), **FAO (2006)

Por último, el almacenamiento superficial de agua (As) representa el agua retenida en la superficie del terreno por efecto de su rugosidad. Los factores que más afectan dicha rugosidad son la clase de cobertura y la pendiente topográfica de la superficie. A medida que la pendiente aumenta, hay menor probabilidad de almacenar agua en depresiones, por ello se ha asumido una relación lineal entre capacidad de almacenamiento superficial por pendiente y la pendiente del terreno (*SO*):

Ecuación 10

$$A_s\ por\ pendiente = -1.29 * S0 + 9.98$$

El almacenamiento por efecto de la cobertura es considerado a partir de estudios de modelación aplicada (UPV, 2011; URA, 2003) tomando como referencia el tipo de cobertura del suelo. En la ***Tabla 29*** se determinan los valores de capacidad de almacenamiento (mm) según el tipo de cobertura encontrado sobre las unidades hidrográficas.

5.3. Parámetros de Propagación del Flujo en Cauces

La propagación del flujo en cauces en el modelo hidrológico TETIS se realiza empleando el concepto de onda cinemática geomorfológica (Francés et al., 2007), y emplea nueve parámetros geomorfológicos relacionados mediante las siguientes expresiones potenciales:

Ecuación 11

$$\Lambda = \mathrm{k} * Q_b^{\varphi} \qquad d = C_d * (ys_0)^{\theta}$$

$$W_b = a_1 * Q_b^{a1} \qquad n = C_n * d^{\xi}$$

$$W = Q^{a2}$$

Donde:

Λ es el área acumulada de la cuenca, *Qb* es el caudal a sección llena, *Wb* es el ancho de la sección transversal a sección llena, *W* es el ancho de la sección transversal, *Q* es el caudal que circula por el cauce en un instante determinado, *d* es el diámetro de sedimentos, *y* la profundidad del flujo, *S0* la pendiente topográfica del cauce.

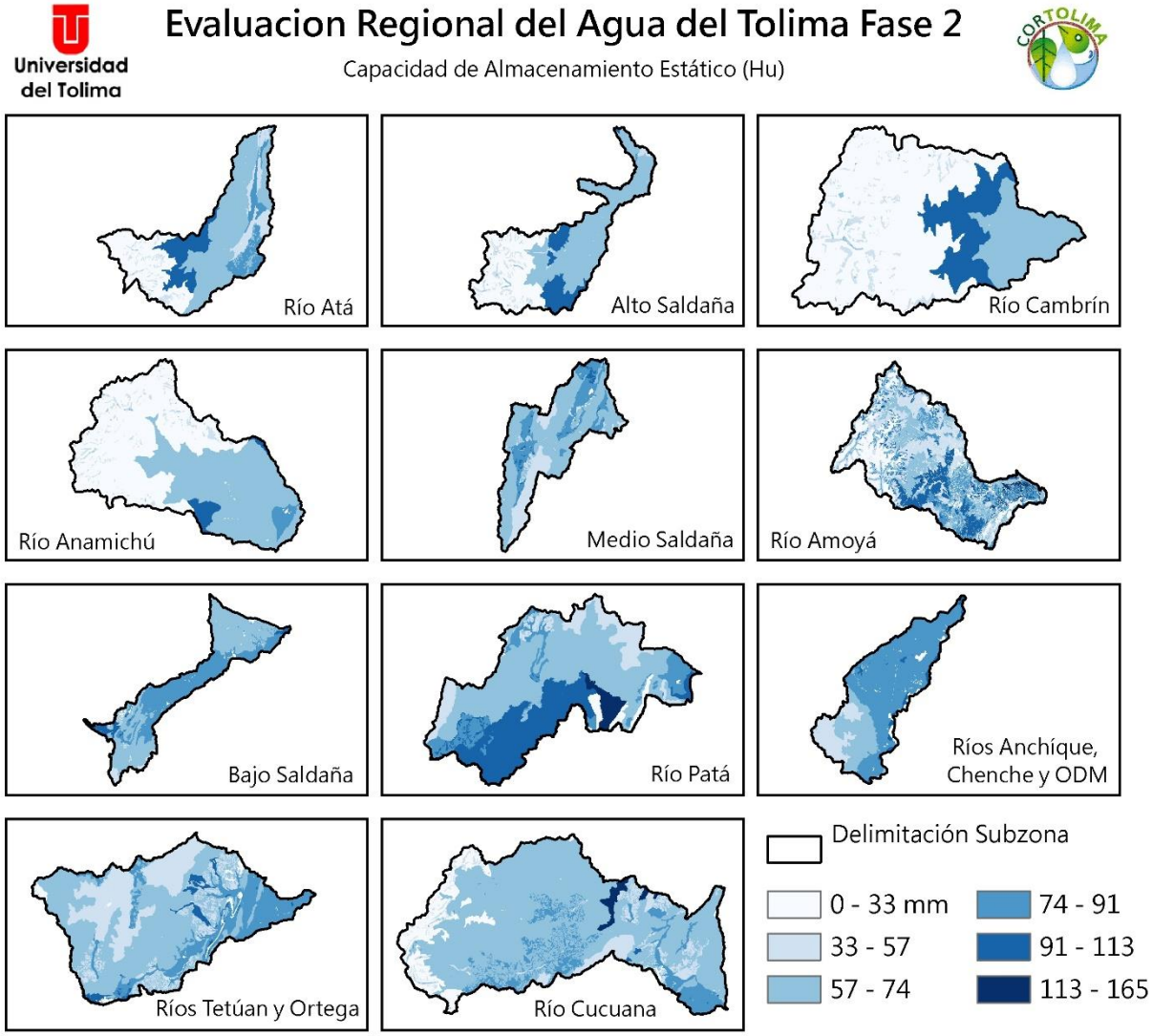


Figura 42. *Mapa de valores modales de Almacenamiento Estático (Hu) para las subzonas hidrográficas de análisis*

Los coeficientes y los exponentes de las ecuaciones anteriores pueden estimarse utilizando regresiones lineales a partir de un número pequeño de secciones transversales medidas en campo para cada región geomorfológica homogénea. Dado que sobre las unidades hidrográficas no se cuenta con un estudio geomorfológico detallado, Francés et al. (2007) recomienda utilizar valores medios recomendados para las distintas regiones homogéneas en las que se distribuye el área de estudio. Los valores recomendados y adoptados para el presente estudio se enuncian en la ***Tabla 30***.

El modelo TETIS, en su parte hidrológica, utiliza una estructura de parámetros efectivos separada en dos partes (Francés, et. al., 2007):

- Las características físicas del medio natural, estimadas según la información disponible y medida a una escala espacial definida.
- Los factores correctores.

Tabla 30. *Parámetros geomorfológicos adoptados*

Parámetro de Propagación	Rango	Adoptado
Coeficiente (K)	0.5 – 0.75	0.6
Exponente (φ)	0.65 – 0.8	0.75
Coeficiente (C_1)	0.5 – 5.75	3.26
Exponente (α_1)	0.34 – 0.55	0.5
Exponente (α_2)	0.05 – 0.2	0.2
Coeficiente (C_d)	0.5 – 50	20
Exponente (θ)	0.5 – 2.75	1
Coeficiente (C_n)	0.025 – 0.07	0.047
Exponente (ξ)	0.125 – 0.18	0.1667

Fuente: (Francés et al., 2007)

5.4. Parámetros de Evapotranspiración

La evapotranspiración es uno de los procesos de más difícil medición y/o estimación y uno de los que más afecta el balance de los recursos hídricos (URA, 2003). Debido a que son procesos separados (evaporación y transpiración), pero de ocurrencia simultánea, es difícil considerarlos de forma independiente por lo que comúnmente son tomados de forma conjunta. En suelos cultivados, la evapotranspiración depende principalmente de factores climatológicos como la temperatura, la humedad atmosférica, la velocidad del viento y la radiación solar sobre la superficie, que

dependiente del ciclo del cultivo, varía a medida que el dosel del cultivo interfiere con la radiación sobre el suelo (FAO, 2006).

Actualmente existen diversos métodos para la estimación de la evapotranspiración según el tipo de pérdidas que se podrían asumir dentro del complejo suelo – planta. Para el presente estudio de modelación, se toma el concepto de evapotranspiración de referencia (ETo) para representar de forma más precisa, las pérdidas en espacios que presentan algún tipo de cobertura vegetal, incorporando los índices de vegetación correspondientes.

5.4.1. Evapotranspiración de Referencia (ETo)

El método para la estimación de la ETo empleado es el FAO Penman Monteith, ampliamente reconocido como el método estándar único para el cálculo de la ETo a partir de un cultivo de referencia. Uno de los principales inconvenientes para su aplicación es el elevado número de variables y/o datos climatológicos a emplear, que por lo general son de difícil disposición en cuencas poco instrumentadas o con algún grado de ausencia de información en las series de tiempo. FAO (2006) incluye métodos para la estimación de la ETo a partir pocas variables climatológicas como la temperatura máxima y mínima, y de información geoespacial como la latitud y la altitud. De igual manera, esta metodología ha sido adoptada por el IDEAM para su reproducción y aplicación (Gómez & Cadena, 2017). La espacialización de la ETo para efectos de implementación del proceso de modelación hidrológica, es aportado por el componente de hidrología del presente estudio.

5.4.2. Índices de vegetación

Para modelar el efecto de la dinámica del desarrollo de la vegetación en la variabilidad temporal de la evapotranspiración se definen índices de cobertura, los cuales representan a escala mensual la variabilidad de los procesos de evaporación en un ciclo anual. Dichos índices relacionan la evapotranspiración de referencia (ETo) con la evapotranspiración máxima para cada tipo de cobertura de la tierra. En términos prácticos las coberturas se han dividido en categorías relevantes desde un punto de vista hidrológico, y a cada categoría se asigna un factor de evapotranspiración, según el grado de desarrollo y la capacidad de transpiración para cada cobertura. Los índices de vegetación para cada tipo de cobertura fueron tomados de FAO (2006) para los valores de referencia en suelos agrícolas y de SGC & EAFIT (2016) para territorios artificializados, bosques y áreas seminaturales, áreas húmedas y superficies de agua (***Tabla 31***).

Tabla 31. *Índices de vegetación por tipo de cobertura*

Cobertura	Índice de Vegetación (Kc)											
	Ene	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
Tejido urbano continuo, zonas industriales o comerciales, red vial y obras hidráulicas	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Tejido urbano discontinuo y construcciones rurales	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Zonas de extracción minera y zonas verdes urbanas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Instalaciones recreativas	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Otros cultivos transitorios	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
Cereales	0.6	0.6	1.15	1.15	0.92	0.77	0.6	0.6	1.15	0.92	0.77	1.02
Oleaginosas y leguminosas	1.03	0.63	0.43	0.84	1.11	1.11	0.75	1	1	0.75	0.75	1.03
Hortalizas	1	1	1	1	0.7	1	1.05	1.05	0.95	1	1	1
Tubérculos	1.08	1.08	1.08	1.08	0.88	0.88	1.08	1.08	1.08	1.08	0.88	0.88
Cultivos permanentes herbáceos	1.12	1.13	1.13	1.14	1.12	1.12	1.13	1.1	1.08	1.1	1.16	1.15
Cultivos permanentes arbustivos	0.86	0.86	0.86	0.87	0.88	0.9	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
Cultivos permanentes arbóreos	0.69	0.69	0.69	0.70	0.71	0.72	0.73	0.74	0.74	0.74	0.74	0.73
Cultivos agroforestales y confinados	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pastos limpios	1	1	1	1	1	1	1	1	1.1	1.1	1.1	1
Pastos arbolados	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.85	0.85	0.85	0.8
Pastos enmalezados	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mosaico de cultivos	0.9	0.85	0.89	0.95	0.89	0.91	0.88	0.91	0.96	0.91	0.88	0.94
Mosaico de pastos y cultivos	1	1	1	1	1	1	1.05	1.05	1	1	1	1
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	0.83	0.82	0.83	0.85	0.83	0.84	0.83	0.84	0.89	0.87	0.86	0.85
Mosaico de pastos con espacios naturales	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.85	0.85	0.85	0.8
Mosaico de cultivos con espacios naturales	0.75	0.73	0.75	0.78	0.75	0.76	0.74	0.76	0.78	0.76	0.74	0.77
Bosque denso y bosque abierto	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
Bosque fragmentado con pastos y cultivos	0.86	0.84	0.86	0.88	0.86	0.86	0.85	0.86	0.91	0.9	0.89	0.87
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64
Bosque de galería y ripario	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Plantación forestal	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
Herbazal denso de tierra firme	1	1	1	1	1	1	1	1	1.1	1.1	1.1	1
Arracachal	1.15	1.15	1.15	1.15	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.15
Herbazal abierto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Arbustal denso	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Arbustal abierto	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Vegetación secundaria o en transición	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Zonas arenosas naturales, tierras desnudas y degradadas, zonas quemadas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Afloramientos rocosos	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Zonas glaciares y nivales	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Humedales y zonas pantanosas, lagunas, lagos y ciénagas naturales, Cuerpos de agua artificiales	1.15	1.15	1.15	1.15	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.15
Ríos	1.15	1.15	1.15	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Canales	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

Fuente: (FAO, 2006; SGC & EAFIT, 2016)

Tabla 32. *Valores de capacidad de intercepción máxima por tipo de cobertura*

Cobertura	Capacidad de Intercepción (mm)
Tejido urbano continuo, zonas industriales o comerciales, red vial y obras hidráulicas	0
Tejido urbano discontinuo y construcciones rurales	0
Zonas de extracción minera y zonas verdes urbanas	0
Instalaciones recreativas	0
Otros cultivos transitorios	1
Cereales	1
Oleaginosas y leguminosas	1
Hortalizas	1
Tubérculos	1
Cultivos permanentes herbáceos	1
Cultivos permanentes arbustivos	1
Cultivos permanentes arbóreos	1
Cultivos agroforestales y confinados	5
Pastos limpios	0
Pastos arbolados	0
Pastos enmalezados	4
Mosaico de cultivos	5
Mosaico de pastos y cultivos	1
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	2
Mosaico de pastos con espacios naturales	0.5
Mosaico de cultivos con espacios naturales	1
Bosque denso y bosque abierto	15
Bosque fragmentado con pastos y cultivos	15
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	15
Bosque de galería y ripario	15
Plantación forestal	9
Herbazal denso de tierra firme	0.3
Arracachal	1
Herbazal abierto	0
Arbustal denso	1
Arbustal abierto	0.75
Vegetación secundaria o en transición	4
Zonas arenosas naturales, tierras desnudas y degradadas, zonas quemadas	0
Afloramientos rocosos	0
Zonas glaciares y nivales	0
Humedales y zonas pantanosas, lagunas, lagos y ciénagas naturales, Cuerpos de agua artificiales	0
Ríos	0
Canales	0

Fuente: (Helvey, 1967; Helvey & Patric, 1965; Tromble, 1988; UPV, 2011; URA, 2003; Verbeiren et al., 2016; Zinke, 1966)

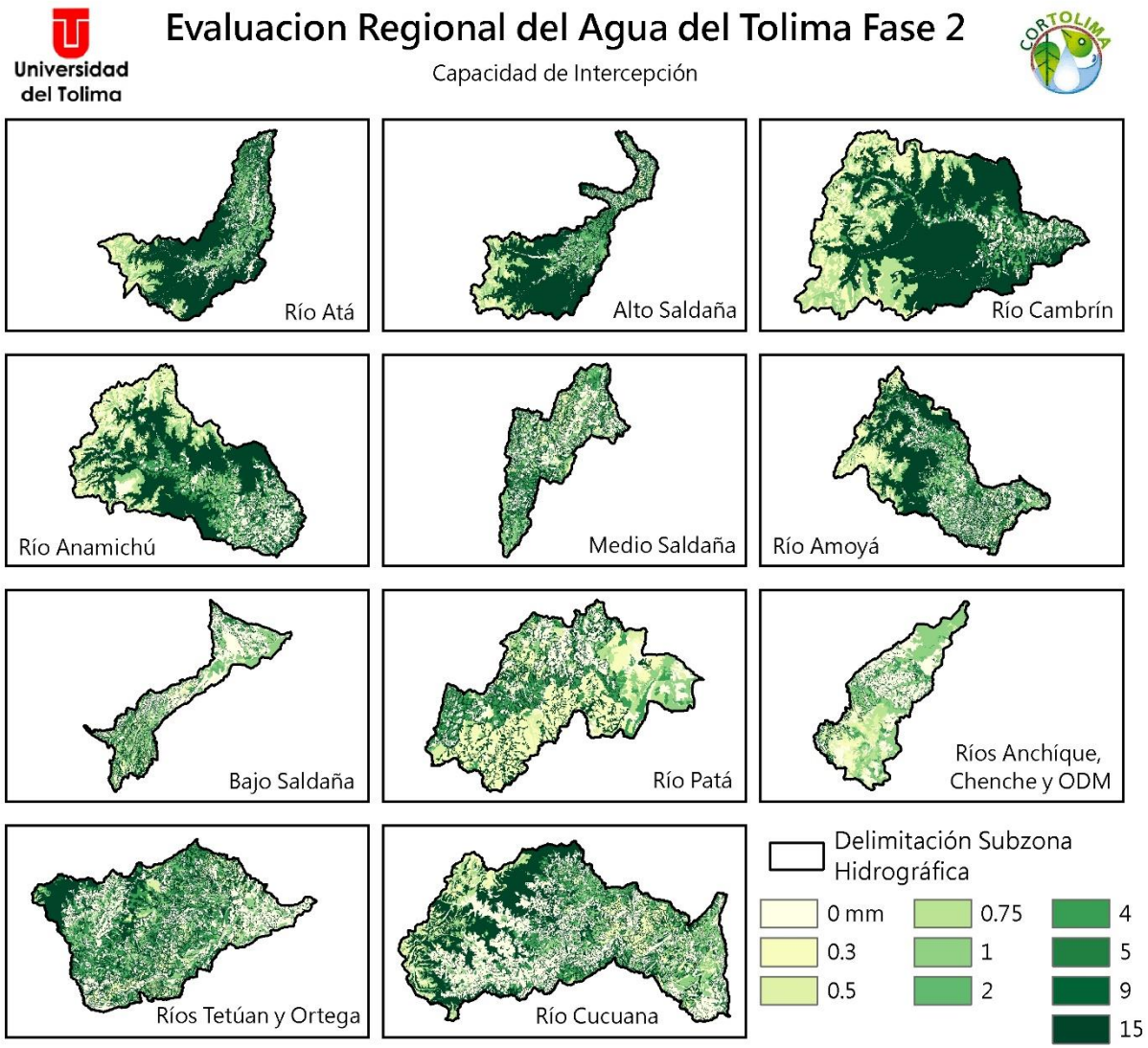


Figura 43. *Mapa de Capacidad de Intercepción por tipo de cobertura para las subzonas hidrográficas de análisis*

5.4.3. Capacidad de Intercepción

La intercepción es un proceso que afecta la disposición del agua en el ciclo hidrológico, considerándose como la captura, almacenamiento y disposición de agua en el follaje de la vegetación (Zinke, 1966) o como el proceso de redistribución aérea de la precipitación por la vegetación (Collins, 1970). Estudios tales como (Helvey, 1967; Helvey & Patric, 1965; Zinke, 1966), disponen de información concerniente a la capacidad de intercepción de la lluvia para coberturas arbóreas, así como (Tromble, 1988) para arbustos de pastizales áridos y semiáridos. En los procesos de modelación hidrológica, modelos como WetSpa cuentan con valores de intercepción máxima y mínima por determinada clase de cobertura (Verbeiren et al., 2016), al igual que en (UPV, 2011; URA, 2003) proporcionan valores argumentados bajo la experticia del modelador y la revisión de literatura para su asignación.

Los valores adoptados para las diferentes clases de cobertura se presentan en la ***Tabla 32***, así como su respectiva distribución espacial (***Figura 43***) para efectos de la modelación hidrológica.

5.4.4. Parámetros Sedimentológicos

La estimación de los parámetros sedimentológicos para el proceso de modelación hidrológica es asumida de acuerdo con la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE) desarrollada por el servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA SCS). El modelo hidrológico distribuido TETIS, contempla 6 parámetros de entrada siendo: la erosionabilidad del suelo (factor K), factor de cubierta vegetal (factor C), factor de prácticas de conservación (factor P), y la textura del suelo (porcentajes de arena, limo y arcilla). Como insumo base para la estimación de estos parámetros se consideró el Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento del Tolima (IGAC, 1997), el Estudio General de Suelos del Departamento del Huila (IGAC, 1996) y el Estudio de Levantamiento de Suelos a escala 1:25.000 de la Cuenca del Río Amoyá (IGAC, 2018).

La erosionabilidad del suelo (factor K) es estimada tomando como referencia la ecuación propuesta por Williams (1995) como alternativa metodológica a la ecuación de Wischmeier (1971). Esta ecuación contempla lo siguiente:

Ecuación 12

$$K_{USLE} = f_{csand} * f_{cl-si} * f_{orgc} * f_{hisand}$$

Donde:

K_{USLE} es el factor de erosionabilidad del suelo, f_{csand} es un factor que toma valores bajos de erosionabilidad para suelos con alto contenido de arena gruesa y valores altos de erosionabilidad en suelos con poca arena, $f_{cl\text{-}si}$ es un factor que toma valores bajos para suelos con altas proporciones de arcilla y limo, f_{orgc} es un factor que reduce la erosionabilidad para suelos con alto contenido de carbono orgánico, f_{hisand} un factor que reduce la erosionabilidad para suelos con contenido extremadamente alto de arena.

Los factores anteriores se calculan de la siguiente manera:

Ecuación 13

$$f_{csand} = \left(0.2 + 0.3 * exp\left[-0.256 * m_s * \left(1 - \frac{m_{silt}}{100}\right)\right]\right)$$

Ecuación 14

$$f_{cl-si} = \left(\frac{m_{silt}}{m_c + m_{silt}}\right)^{0.3}$$

Ecuación 15

$$f_{orgc} = \left(1 - \frac{0.25 * orgC}{orgC + exp[3.72 - 2.95 * orgC]}\right)$$

Ecuación 16

$$f_{hisand} = \left(1 - \frac{0.7 * \left(1 - \frac{m_s}{100}\right)}{\left(1 - \frac{m_s}{100}\right) + exp\left[-5.51 + 22.9 * \left(1 - \frac{m_s}{100}\right)\right]}\right)$$

Donde:

m_s es el porcentaje de contenido de arena, m_{silt} es el porcentaje de contenido de limo, m_c es el porcentaje de contenido de arcilla, $orgC$ es el porcentaje de contenido de carbono orgánico de la capa.

Estimando los valores del factor K para cada unidad cartográfica de suelo, se obtiene la distribución y representación espacial del parámetro como se muestra en la ***Figura 44***.

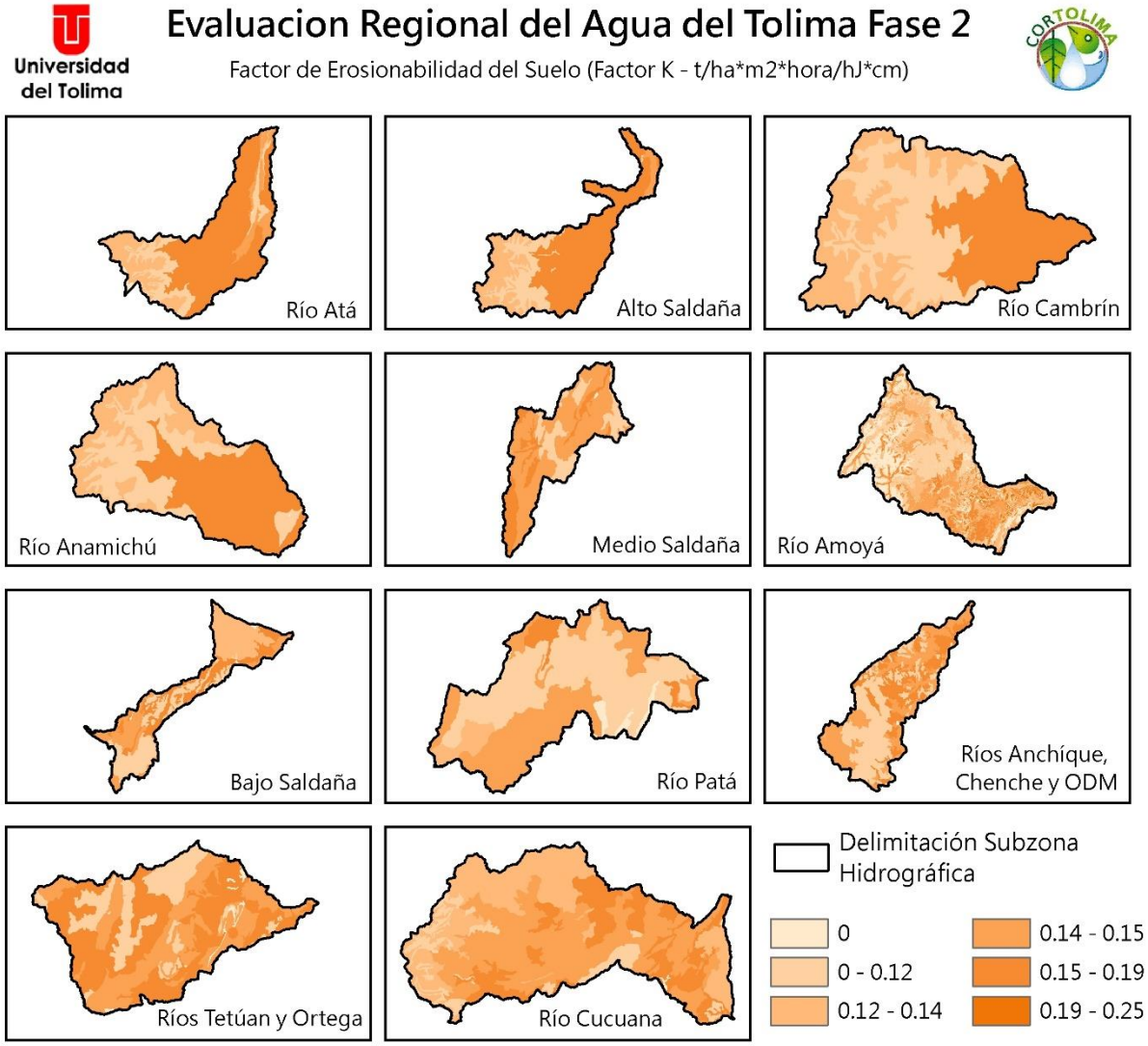


Figura 44. *Mapa de Factor de Erosionabilidad del Suelo (Factor K) para las subzonas hidrográficas de análisis*

Tabla 33. *Valores de factor de cubierta vegetal (factor C) por tipo de cobertura*

Cobertura	Factor C
Tejido urbano continuo, zonas industriales o comerciales, red vial y obras hidráulicas Tejido urbano discontinuo y construcciones rurales Zonas de extracción minera y zonas verdes urbanas Instalaciones recreativas Humedales y zonas pantanosas, lagunas, lagos y ciénagas naturales, Cuerpos de agua artificiales Ríos Canales	0
Pastos limpios Mosaico de pastos con espacios naturales	0.004
Bosque fragmentado con pastos y cultivos Bosque fragmentado con vegetación secundaria Bosque de galería y ripario	0.012
Bosque denso y bosque abierto	0.045
Pastos enmalezados	0.08
Pastos arbolados Plantación forestal Vegetación secundaria o en transición	0.15
Herbazal denso de tierra firme Arracachal Herbazal abierto Arbustal denso Arbustal abierto	0.2
Otros cultivos transitorios Cereales Oleaginosas y leguminosas Hortalizas Tubérculos Cultivos permanentes herbáceos Cultivos permanentes arbustivos Cultivos permanentes arbóreos Cultivos agroforestales y confinados Mosaico de cultivos; Mosaico de pastos y cultivos Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales Mosaico de cultivos con espacios naturales	0.25
Zonas arenosas naturales, tierras desnudas y degradadas, zonas quemadas Afloramientos rocosos Zonas glaciares y nivales	0.8

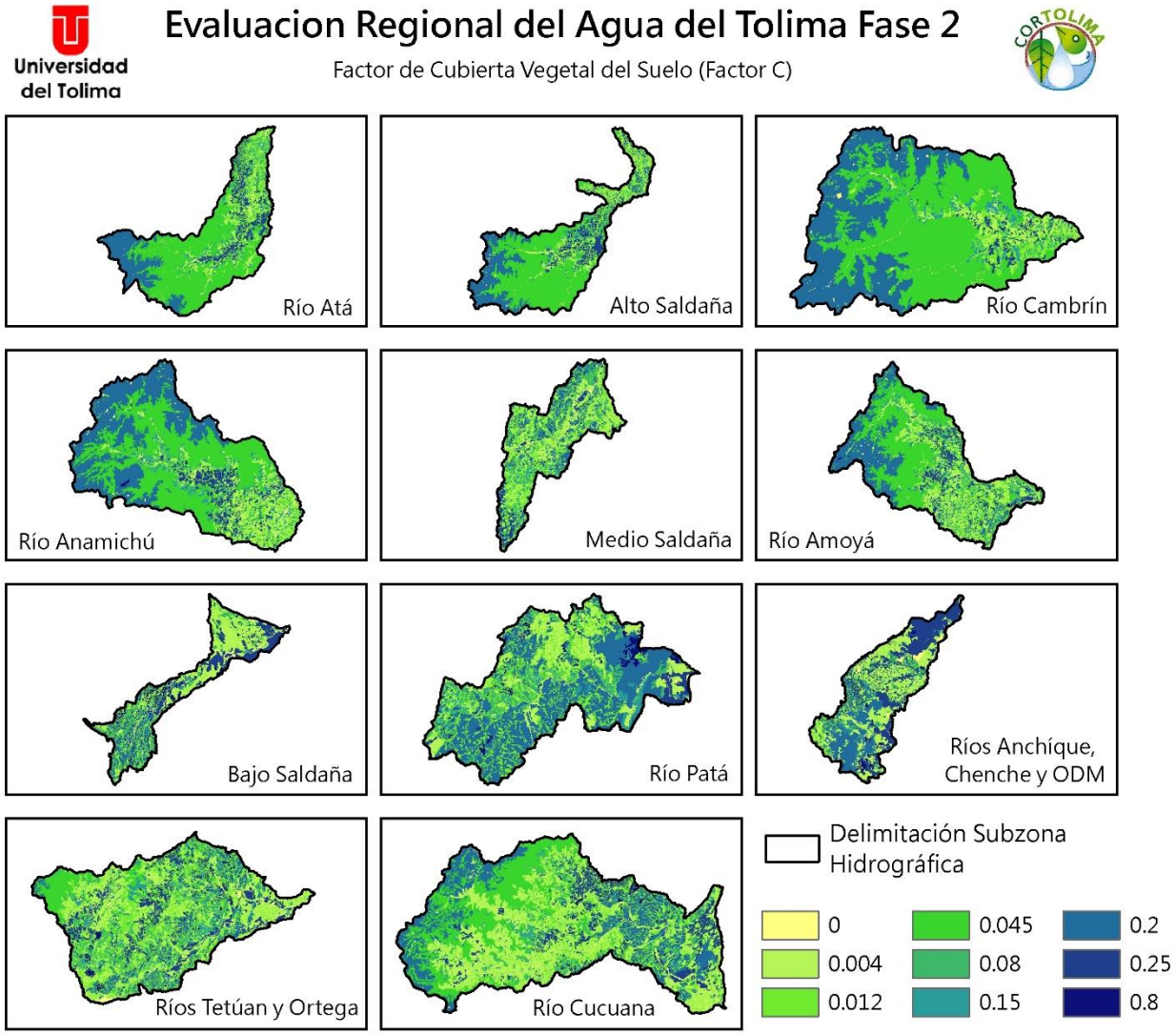


Figura 45. *Mapa de Factor de Cubierta Vegetal del Suelo (Factor C) para las subzonas hidrográficas de análisis*

El factor de cubierta vegetal (factor C) es asignado a partir de la revisión bibliográfica de acuerdo con el tipo de cobertura de la tierra existente. Esta categorización de coberturas es tomada del Mapa de cobertura y uso de la tierra a escala 1:25.000 generada por CORTOLIMA y Universidad del Tolima proyecto "Análisis de los cambios de cobertura y uso de la tierra para el departamento del Tolima Fase 1 (2020)". En la ***Tabla 33*** se muestran los diferentes valores de referencia consultados del factor de cubierta vegetal para cada tipo de cobertura, así como su representación espacial para cada subzona hidrográfica de análisis (***Figura 45***).

El factor de prácticas de conservación del suelo (factor P) es tomado de Wischmeier et al. (1978) y Kent et al. (1980) los cuales establecen valores del factor P de acuerdo con la pendiente, considerando la cantidad de suelo perdido implementando una práctica de conservación, y la que se perderá labrando según la máxima pendiente. Estos valores se presentan en la ***Tabla 34*** y se espacializan en la ***Figura 46***.

Tabla 34. *Valores de factor de prácticas de conservación del suelo (factor P) por pendiente*

Pendiente (%)	Factor P
1-2	0.6
3-5	0.5
6-8	0.5
9-12	0.6
13-16	0.7
17-20	0.8
21-25	0.9
> 25	0.97

Fuente: Wischmeier et al. (1978) y Kent et al. (1980)

Los parámetros de textura del suelo se toman de los valores reportados por unidad cartográfica del Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento del Tolima (IGAC, 1997), el Estudio General de Suelos del Departamento del Huila (IGAC, 1996) y el Estudio de Levantamiento de Suelos a escala 1:25.000 de la Cuenca del Río Amoyá (IGAC, 2018). Se asume un perfil anisotrópico en cada una de las capas del suelo estimando unas propiedades texturales equivalentes reemplazando en la *Ecuación 5*. En la ***Figura 47***, ***Figura 48*** y **Figura 49** se representa espacialmente los porcentajes de arena, limo y arcilla para cada subzona hidrográfica de análisis respectivamente.

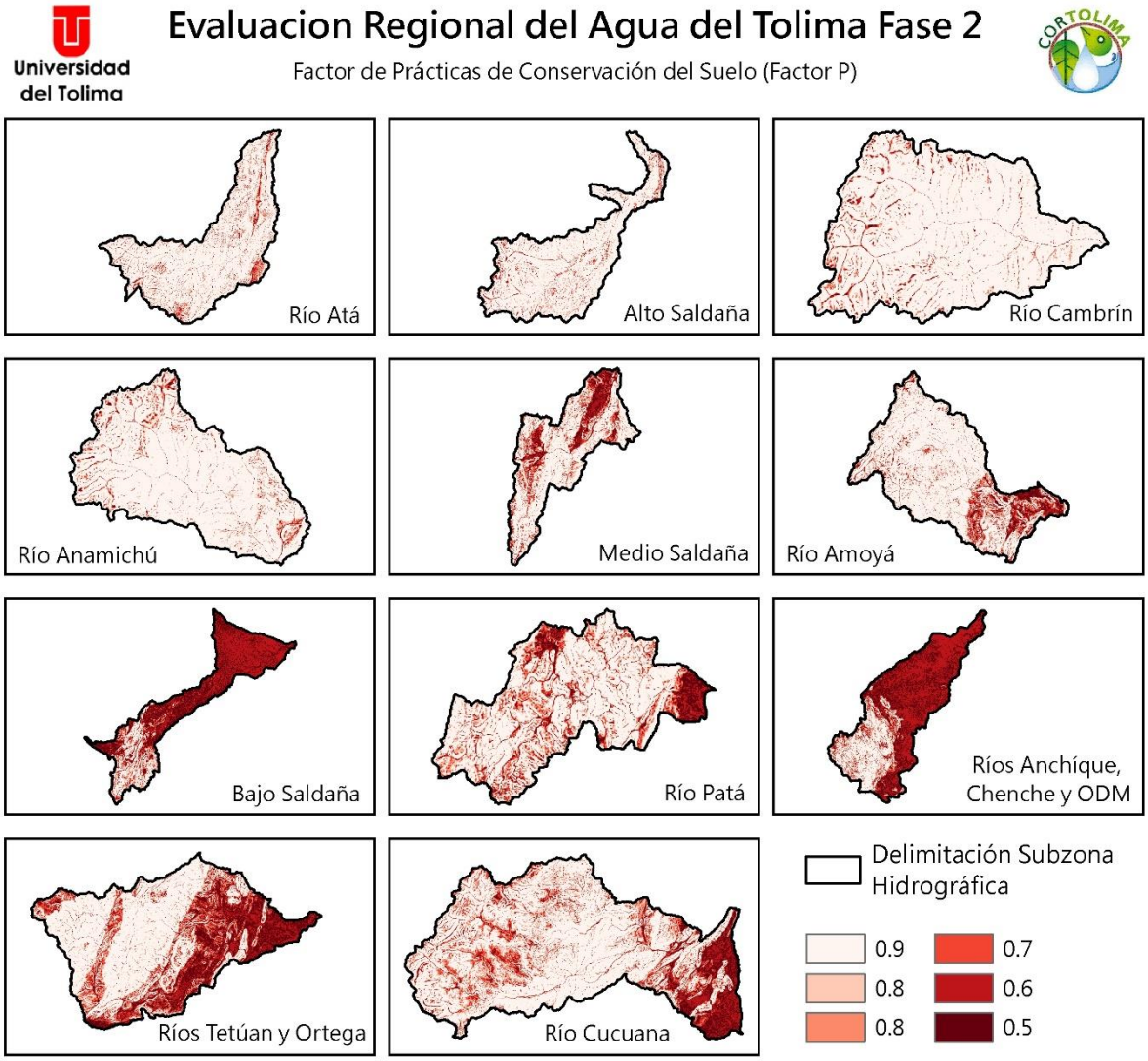


Figura 46. *Mapa de Factor de Cubierta Vegetal del Suelo (Factor C) para las subzonas hidrográficas de análisis*

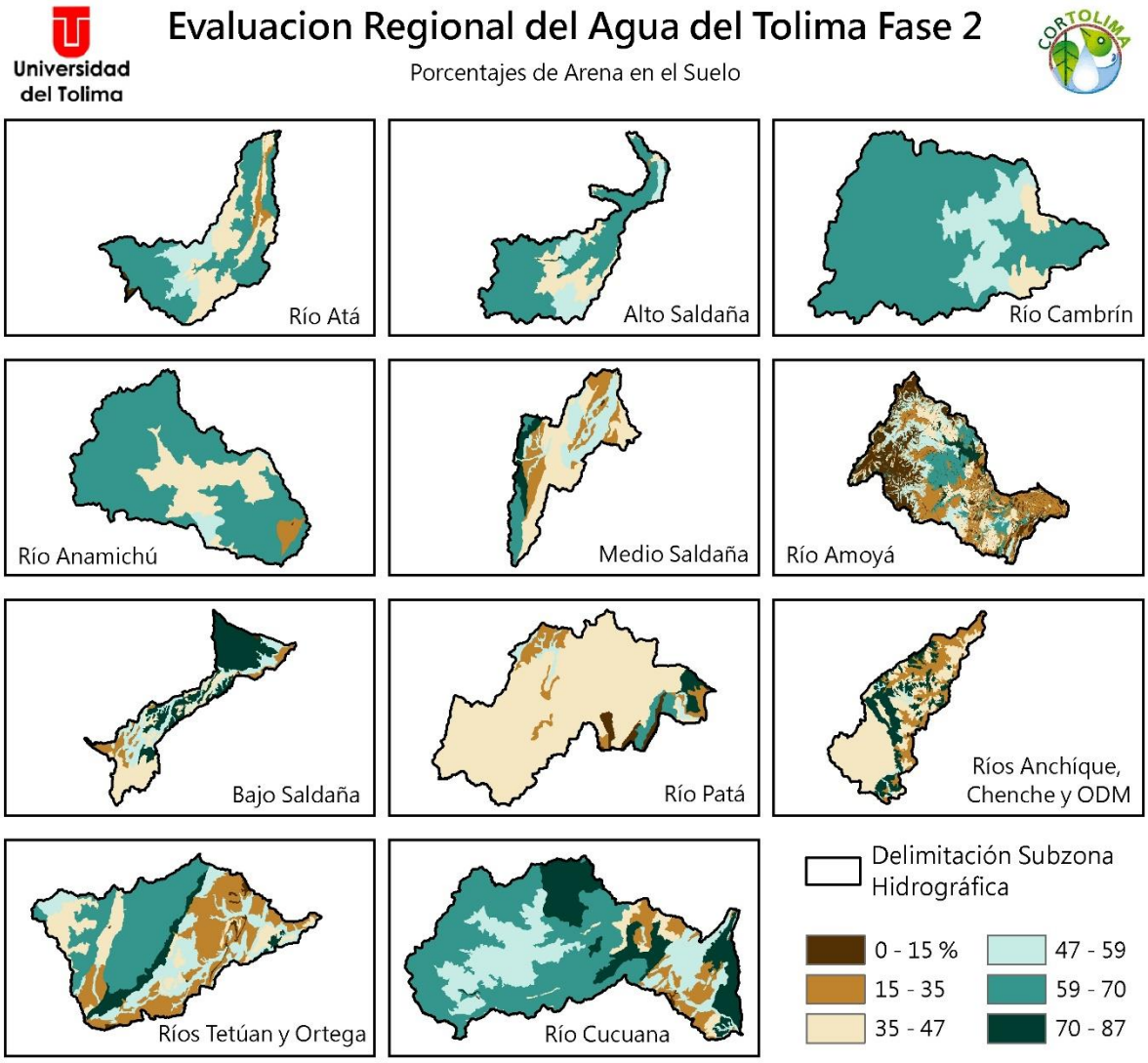

Universidad del Tolima
Evaluacion Regional del Agua del Tolima Fase 2
Porcentajes de Arena en el Suelo
Río Atá
Alto Saldaña
Río Cambrín
Río Anamichú
Medio Saldaña
Río Amoyá
Bajo Saldaña
Río Patá
Ríos Anchíque, Chenche y ODM
Ríos Tetúan y Ortega
Río Cucuana
Delimitación Subzona Hidrográfica
0 - 15 %
15 - 35
35 - 47
47 - 59
59 - 70
70 - 87

Figura 47. Mapa de Porcentajes de Arena para las subzonas hidrográficas de análisis

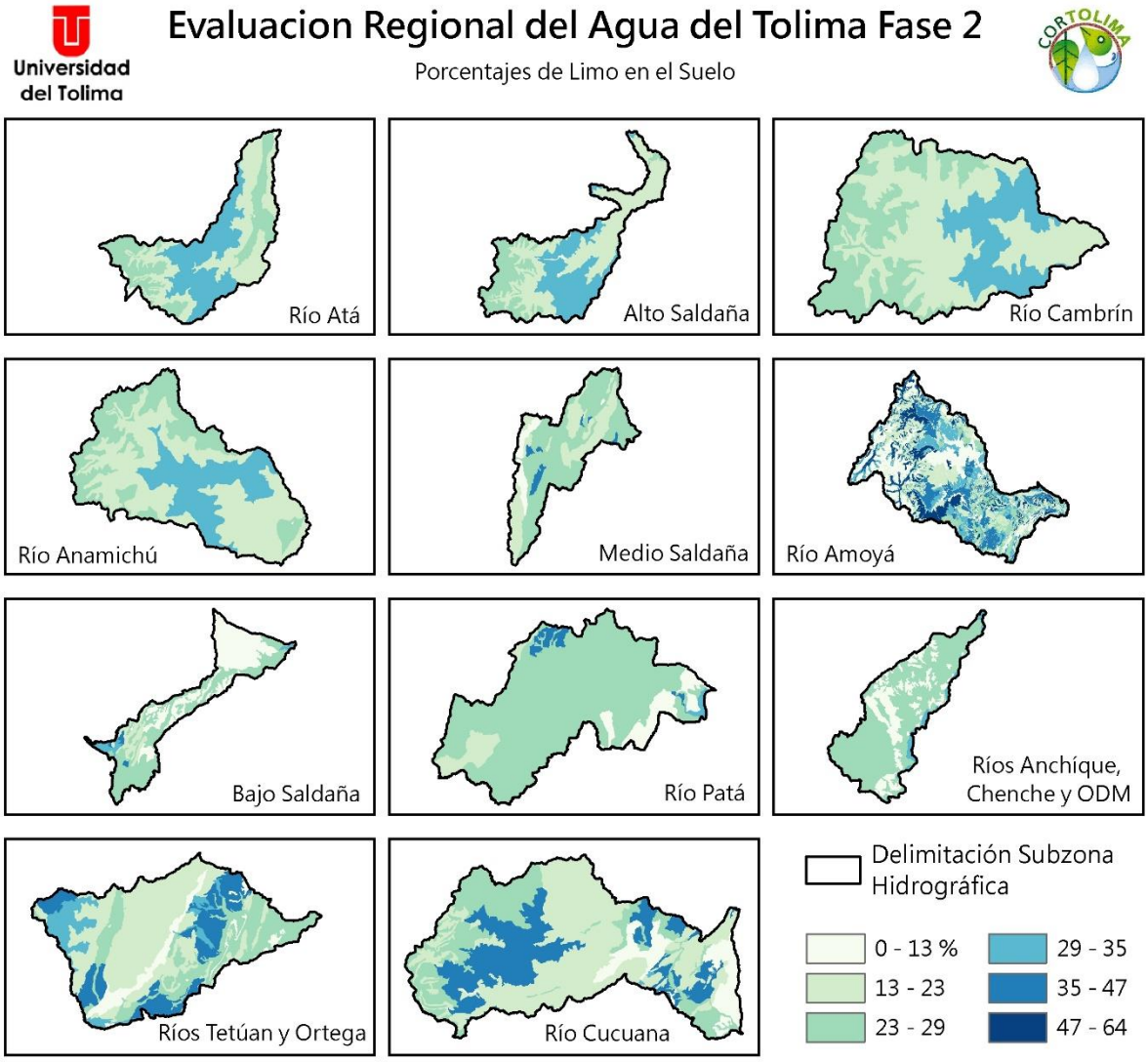


Figura 48. Mapa de Porcentajes de Limo para las subzonas hidrográficas de análisis

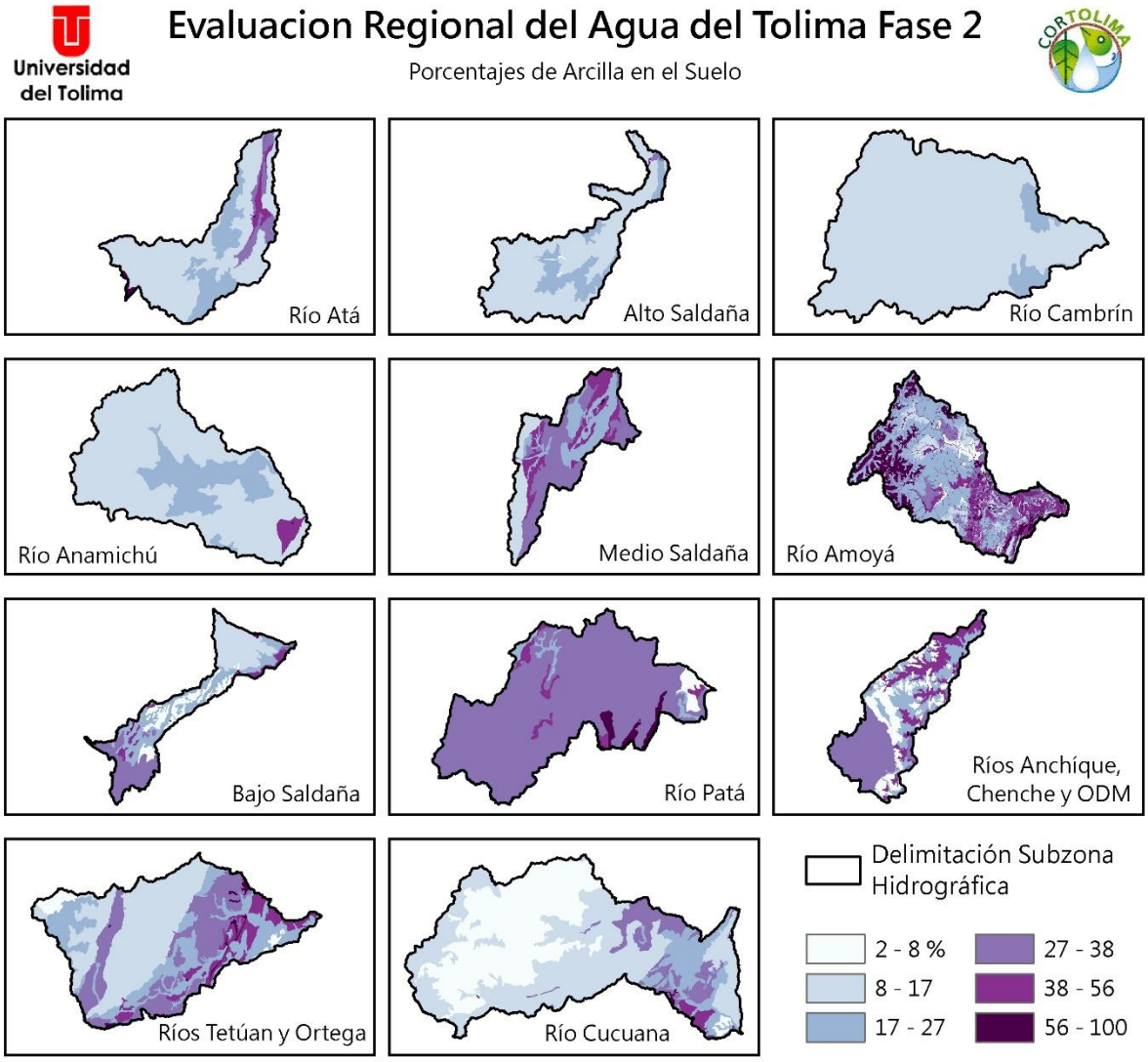


Figura 49. Mapa de Porcentajes de Arcilla para las subzonas hidrográficas de análisis

6. Resultados del Modelo Hidrológico Distribuido TETIS

En esta sección se presentan los resultados de la implementación del modelo hidrológico distribuido TETIS, realizada para el área de estudio de la evaluación regional del agua del departamento del Tolima Fase 2. En primer lugar, se describe el dominio de modelación, luego se describen los estadísticos implementados para evaluar la incertidumbre del modelado. Después se presenta un análisis de sensibilidad, el cual tiene como objetivo identificar los parámetros clave que afectan el rendimiento del modelo y que juegan un papel importante en la parametrización, calibración y optimización del modelo TETIS. Luego se presentan los parámetros calibrados y el ajuste de los estadísticos implementados para evaluar el ajuste del modelo hidrológico (periodo de calibración y validación). Posteriormente se muestra el contraste de los flujos superficiales observados y simulados, para las diferentes estaciones hidrométricas implementadas para evaluar el ajuste del modelo hidrológico, tanto para el periodo de calibración como de validación. Seguidamente se muestra el balance hídrico promedio anual calculado por el modelo TETIS. Finalmente se presenta las incertidumbres en el modelado, para el área de estudio de la evaluación regional del agua del departamento del Tolima Fase 2.

6.1. Estructura del Modelo Hidrológico Distribuido

Debido a que no se cuentan con estaciones de medición de caudal para calibrar el modelo, en cada subzona hidrográfica que hace parte del área de estudio de la evaluación regional del agua del departamento del Tolima Fase 2. Se implementaron dos modelos regionales para la cuantificación del balance hídrico: modelo 1. comprende la cuenca del Río Saldaña y la cual se encuentra subdividida por las subzonas hidrográficas de los Ríos Atá, Alto Saldaña, Cambrín, Anamichú, Amoyá, Tetuán-Ortega, Cucuana Medio Saldaña y Bajo Saldaña. Modelo 2. comprende las subzonas hidrográficas de los Ríos Patá, Anchique, Chenche y Directos al Magdalena.

El dominio para el modelo 1, se discretizó en una malla 2,695,680 celdas, constituidas por 1755 filas y 1536 columnas, mientras que el dominio para el modelo 2, se discretizó en una malla 618,969 celdas, constituidas por 807 filas y 767 columnas. Las celdas implementadas en estos dos modelos tienen una distribución uniforme y presentan una resolución espacial horizontal de 90 m.

6.2. Métricas Implementadas para Evaluar la Eficiencia del Modelo Hidrológico TETIS

Para evaluar la eficiencia de los dos modelos hidrológicos implementados, tanto para el periodo de calibración como de validación, valorar su robustez en diferentes condiciones de simulación hidrológica (periodos secos y húmedos) y definir su potencial aplicación para estimar la oferta hídrica en el estudio de la evaluación regional del agua del departamento del Tolima Fase 2, se implementaron métodos estadísticos y gráficos los cuales permiten evaluar el ajuste del modelo hidrológico espacio-temporalmente y los cuales se presentan a continuación:

- Se aplicaron siete métodos estadísticos, los cuales evalúan el ajuste del modelo hidrológico, tanto para el periodo de calibración como de validación en los diferentes puntos de control analizados: sesgo relativo (PBIAS), coeficiente de eficiencia de Nash-Sutcliffe (NSE), raíz cuadrada del error cuadrático medio (RMSE), coeficiente de determinación (R^2), índice de eficiencia de Kling-Gupta (KGE), error en el volumen total (EV) y porcentaje de sesgo en la pendiente del segmento medio de la curva de duración de caudales (FMSBIAS),

- Se implementaron 5 métodos gráficos, que permiten evaluar y visualizar las discrepancias entre los caudales observados y calculados por el modelo TETIS para el periodo de calibración y validación: contraste de hidrogramas diarios, comparación de curvas de permanencia de caudal diario para evaluar la relación entre la magnitud y la frecuencia de los caudales, diagramas de caja y bigote para visualizar la distribución de los caudales diarios, comparación promedio mensual y finalmente se aplicaron regresiones lineales a escala mensual.

- Análisis del balance hídrico

En la **Tabla 35**, se presentan las variables y ecuaciones de los estadísticos, como también el rango respectivo de valoración de cada estadístico implementado.

Tabla 35. *Criterios de usados para evaluar el desempeño del modelo hidrológico TETIS.*

Criterio	Ecuación	Rangos de valoración
Sesgo relativo % (PBIAS)	$PBIAS = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(Y_i^{obs} - Y_i^{sim})}{\sum_{i=1}^{n}(Y_i^{obs})}\right] * 100$	Satisfactorio: ± < 10% Bueno: ± 10 y 15% Aceptable: ± 15 y 25% Bajo desempeño: ± > 25%
Coeficiente de eficiencia de Nash Sutcliffe	$NSE = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(Y_i^{obs} - Y_i^{sim})^2}{\sum_{i=1}^{n}(Y_i^{obs} - \mu_{obs})^2}\right]$	Satisfactorio: > 0.75

Criterio	Ecuación	Rangos de valoración
(NSE)		Bueno: 0.5 – 0.75 Aceptable: 0 – 0.5 Bajo desempeño: < 0
Raíz del error cuadrático medio (m^3/s) (RMSE)	$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(Y_i^{obs} - Y_i^{sim})^2}{n}}$	----------
Coeficiente de determinación (R^2)	$R^2 = \frac{\sigma^2 Y_i^{obs} Y_i^{sim}}{\sigma^2 Y_i^{obs} \sigma^2 Y_i^{sim}}$	Satisfactorio: 0.75 – 1.00 Bueno: 0.65 – 0.75 Aceptable: 0.50 – 0.65 Bajo desempeño: < 0.5
Coeficiente de eficiencia de Kling–Gupta (KGE)	$KGE = 1 - \sqrt{(r-1)^2 + \left(\frac{\sigma_{sim}}{\sigma_{obs}} - 1\right)^2 + \left(\frac{\mu_{sim}}{\mu_{obs}} - 1\right)^2}$	Satisfactorio: > 0.75 Bueno: 0.5 – 0.75 Aceptable: 0 – 0.5 Bajo desempeño: < 0
Error en el volumen % (EV)	$EV = \frac{EV_{obs-} EV_{sim}}{EV_{obs}} x100$	----------
Sesgo en la pendiente del segmento medio de la CDC % (BIASFMS)	$BIASFMS = \left\lvert \frac{[log(QS_{0.2}) - log(QS_{0.7})] - [log(QO_{0.2}) - log(QO_{0.7})]}{[log(QO_{0.2}) - log(QO_{0.7})]} \right\rvert \cdot 100$	Satisfactorio: < 10% Bueno: 10 – 15% Aceptable: 15 – 25% Bajo desempeño: > 25%

Donde: Y_i^{sim}: Caudal simulado (m^3/s), Y_i^{obs} : caudal observado (m^3/s), μ_{sim}: caudal promedio simulado (m3/s), μ_{obs}: caudal promedio observado (m3/s), σ_{sim}: desviación estándar de Y_i^{sim}, σ_{obs}: desviación estándar de Y_i^{obs}, n: número de datos de caudal analizados, $\sigma Y_i^{obs} Y_i^{sim}$: covarianza de $Y_i^{obs}; Y_i^{sim}$, r: coeficiente de correlación de Pearson. EV_{obs}: volumen total de agua observado, EV_{sim}: volumen total de agua simulado, $QS_{0.2}$: Caudal excedido o igualado al 20 %, $QS_{0.7}$: Caudal excedido o igualado al 70 %.

6.3. Análisis de Sensibilidad

Previo a la calibración del modelo TETIS, se implementó un análisis de sensibilidad sobre toda el área de modelación del estudio de la evaluación regional del agua del departamento del Tolima Fase 2 (**Figura 50**). Este análisis permite identificar los parámetros que tienen un fuerte impacto en los resultados del modelo y, por lo tanto, influyen en la respuesta de este, al igual que permiten jerarquizar la secuencia de la calibración del modelo en el área de estudio. Para esta evaluación se implementó la metodología Shuffled Complex Evolution (Duan et al., 1992) y como función objetivo se usó el estadístico NSE (Nash y Sutcliffe, 1970), el cual fue previamente explicado en la sección 5.2.

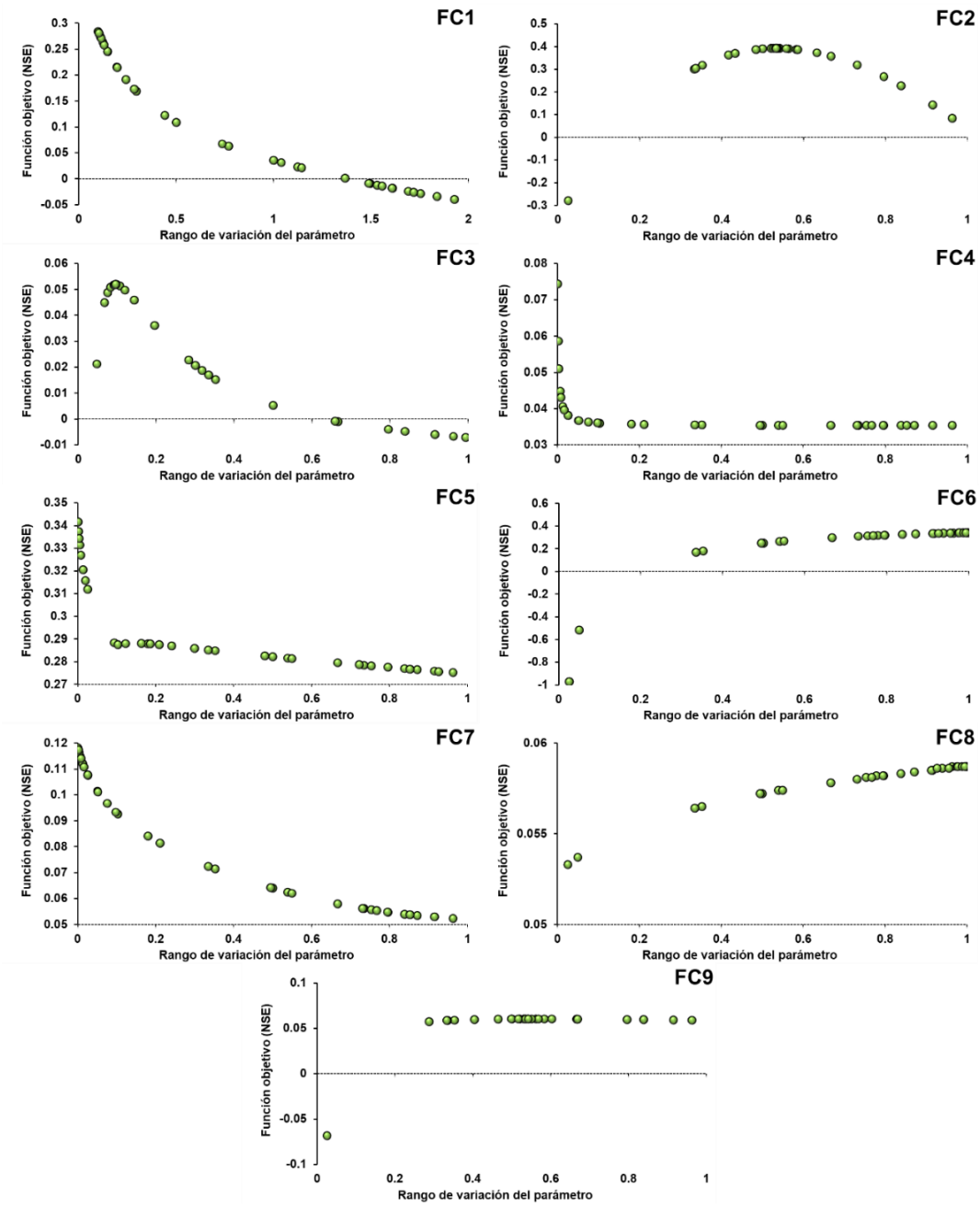


Figura 50. *Análisis de sensibilidad implementado para la evaluación regional del agua del departamento del Tolima Fase 2.*

En este análisis se los usaron nueve parámetros y/o factores de corrección (FC), que condicionan el flujo en las diferentes componentes del balance hídrico: almacenamiento estático máximo (FC1), evapotranspiración (FC2), infiltración (FC3), escorrentía directa (FC4), percolación (FC5), flujo subsuperficial (FC6), flujo subterráneo (FC7), flujo base (FC8) y velocidad del flujo en el cauce (FC9). Este análisis

permitió identificar los parámetros clave que afectan el rendimiento del modelo y que tienen un rol importante en la parametrización y optimización del modelo TETIS en la zona en estudio.

De acuerdo con el análisis de sensibilidad realizado, se confirma la importancia de los parámetros que controlan la componente de vertical del movimiento del agua en la zona no saturada como en el acuífero. Como se observa en la **Figura 50**, los parámetros de mayor repercusión en el ajuste del modelo TETIS, para el área de estudio de la evaluación regional del agua del departamento del Tolima Fase 2, organizados de acuerdo con su sensibilidad son los factores de corrección: evapotranspiración (FC2), percolación (FC5), flujo subsuperficial (FC6), almacenamiento estático máximo (FC1) y finalmente el flujo subterráneo (FC7).

6.4. Calibración y Validación del Modelo Hidrológico.

La modelación en el área de estudio de la evaluación regional del agua del departamento del Tolima Fase 2, se realizó para un periodo de 32 años (1990-2021) y a paso de tiempo diario. Para los modelos 1 y 2, la calibración se efectuó para un periodo de 11 años (1990-2000). La validación del modelo 1, se llevó a cabo para un periodo de 8 años (2001-2008), mientras que para el modelo 2, se realizó para un periodo de 7 años (2006-2012). Para la calibración y la validación del modelo TETIS, se tuvieron en cuenta periodos que contemplaran tanto periodos secos, húmedos y neutros, a fin de que el modelo pueda ser utilizado como una herramienta para la gestión y para el cálculo de oferta hídrica en diferentes épocas. Para la calibración y validación del modelo 2, se implementó un periodo de análisis inferior al año 2012, debido a que posteriormente a este periodo, se proyectaba el funcionamiento del embalse para el distrito de riego del triángulo del Tolima. Por lo tanto, para analizar las condiciones naturales sobre el Río Chenche, se decidió excluir los periodos posteriores al año 2012. El presente estudio de modelación no contempló el reservorio del distrito de riego, debido a que no se obtuvo la información necesaria, como es entrada-salida, área y capacidad del embalse. Tampoco se contó con información de curvas que relacionaran la cota y el volumen del reservorio, las cuales son requeridas como variables de entrada en el modelo TETIS.

Para evaluar el desempeño de la calibración y la validación del modelo hidrológico, se contemplaron solo estaciones hidrométricas, que se caracterizaran por poseer tendencias adecuadas en los datos de caudal y pocos datos faltantes en sus series. Por lo tanto, con este criterio solo se utilizaron las series de caudal de las estaciones hidrométricas que se presentan en la **Figura 51B**. La descripción de las estaciones implementadas para la calibración y validación del modelo hidrológico se presentan en la **Tabla 36**.

Para la calibración del modelo TETIS a un paso de tiempo diario, se realizó primero una calibración manual por medio de la metodología de aproximaciones sucesivas, permitiendo establecer inicialmente los rangos de ajuste lógicos y/o adecuados para cada parámetro. Posteriormente de obtener el rango de ajuste adecuado para cada parámetro, se implementa la metodología Shuffled Complex Evolution (SCE-UA), la cual permite automatizar la calibración, a fin de para obtener el valor ajustado final para cada parámetro.

El método de calibración automático del modelo TETIS, contempla una estructuración de parámetros a partir de factores correctores. Los factores correctores absorben la propagación de los errores en el modelado del balance hídrico. Es razonable suponer que el factor corrector sea común para todas las zonas de la cuenca, o al menos para un número limitado de regiones dentro de la cuenca. Además, siendo todas las celdas del mismo tamaño, los efectos de escala son iguales para toda la cuenca. La ecuación que describe la estructura separada del parámetro efectivo se presenta a continuación:

$$\theta^*_{i,j} = R_i \theta_{i,j}, \qquad j = 1,...,n \qquad i = 1,...,p \qquad \textit{(Eq.1)}$$

Donde: $\theta^*_{i,j}$ es el parámetro efectivo *i*-enésimo para la celda *j*, *Ri* es el factor corrector del parámetro *i*, común para todas las celdas, $\theta_{i,j}$ es el parámetro estimado para la celda *j*, *n* es el número total de celdas y *p* es el número total de parámetros por celda.

La ventaja principal de utilizar esta estructura de parámetros es que, en la fase de calibración, se reduce notablemente el número de variables que deben ser ajustadas, siendo sólo necesario calibrar los p factores correctores, en vez de np valores (número de parámetros por número de celdas). De este modo, el modelo hidrológico TETIS podrá ser calibrado a través del ajuste de cinco variables de estado inicial y nueve parámetros: almacenamiento estático (H-1), agua en superficie (H-2), almacenamiento gravitacional (H-3), nivel del acuífero (H-4) y cauce a sección llena (H-5). Los parámetros se encuentran representados por nueve factores correctores: almacenamiento estático máximo (FC1), evapotranspiración (FC2), infiltración (FC3), escorrentía directa (FC4), percolación (FC5), flujo subsuperficial (FC6), flujo subterráneo (FC7), flujo base (FC8) y velocidad del flujo en el cauce (FC9).

En la **Tabla 37**, se presenta la descripción de cada parámetro, el rango de sensibilidad, se detallan las valores mínimos-máximos en el que se movieron los factores correctores, y finalmente se especifican los valores calibrados para los modelos 1 y 2, mientras que en la **Tabla 38**, se muestra la descripción de los estados iniciales y los valores ajustados para los dos modelos implementados

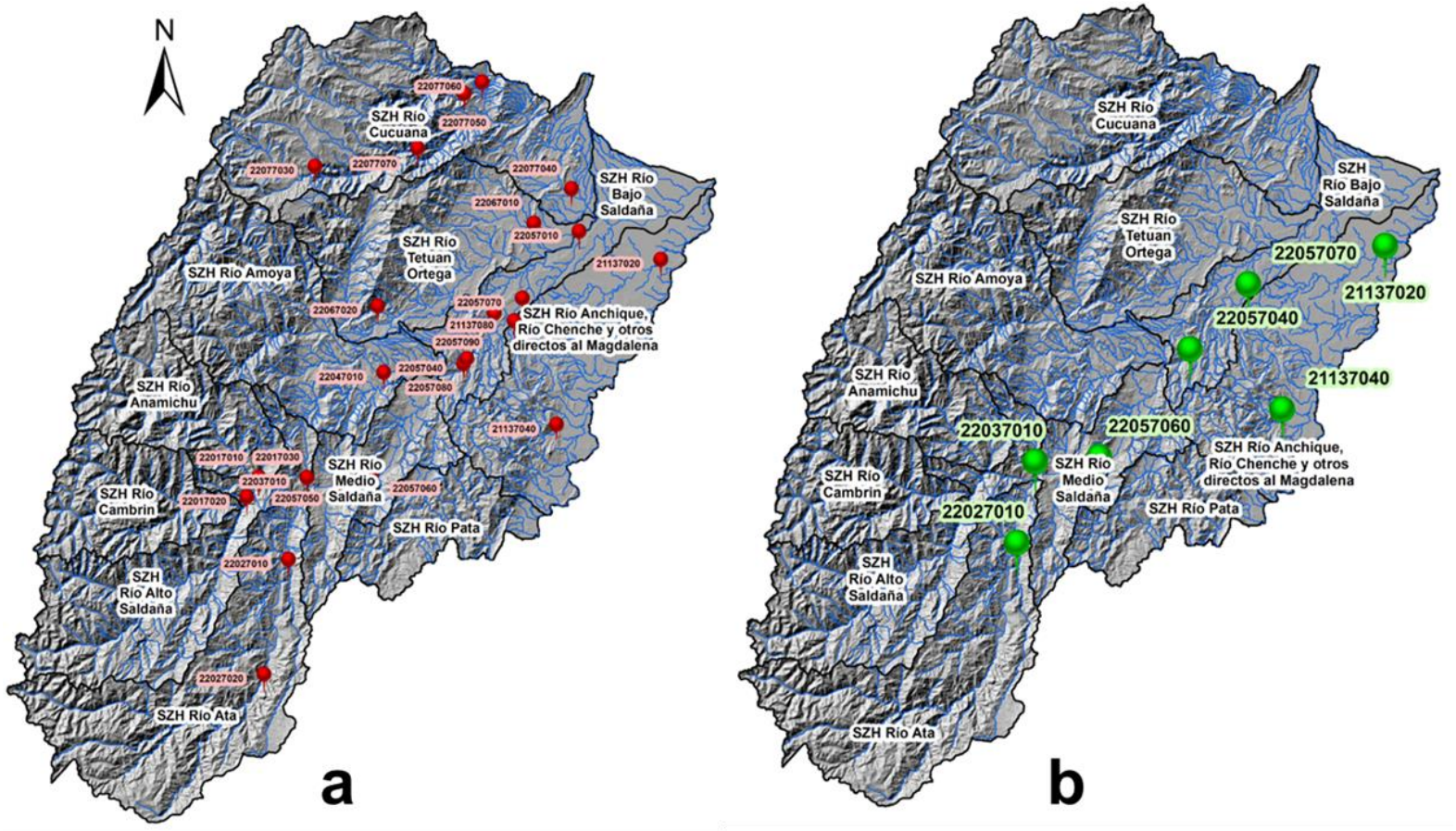


***Figura 51**. Localización de las estaciones de medición de caudal. a. Ubicadas espacialmente dentro del área de estudio de la evaluación regional del agua del departamento del Tolima Fase 2. b. Implementadas en la calibración y validación del modelo hidrológico TETIS.*

Tabla 36. *Estaciones de medición de caudal con su respectivo código del IDEAM, utilizadas para evaluar la incertidumbre del modelo hidrológico distribuido TETIS.*

Subzona Hidrográfica	Código (IDEAM) estación de Caudal	Implementadas en el periodo de calibración	Implementadas en el periodo de validación
SZH Río Anchique, Río Chenche y otros directos al Magdalena	21137020	X	X
	21137040	----------	X
	21137080	----------	----------
SZH Río Anamichú	22017010	----------	----------
	22017030	----------	----------
SZH Río Atá	22027010	X	X
	22027020	----------	----------
SZH Río Amoyá	22047010	----------	----------
SZH Río Alto Saldaña	22017020	----------	----------
	22037010	X	----------
SZH Río Medio Saldaña	22057050	----------	----------
	22057060	X	X
SZH Río Bajo Saldaña	22057010	----------	----------
	22057040	X	X
	22057070	X	X
	22057080	----------	----------
	22057090	----------	----------
SZH Río Tetuán Ortega	22067010	----------	----------
	22067020	----------	----------
SZH Río Cucuana	22077030	----------	----------
	22077040	----------	----------
	22077050	----------	----------
	22077060	----------	----------
	22077070	----------	----------

Tabla 37. *Factores correctores calibrados, sensibilidad, rango y valor ajustado para los modelos 1 y 2.*

Factor Corrector (R_i)	Parámetro $\theta^*_{i,j}$	Sensibilidad	Valor mínimo	Valor máximo	Valor calibrado modelo 1	Valor calibrado modelo 2
FC1	Almacenamiento estático máximo	*4*	*0*	*2.0*	*0.9*	*0.1*
FC2	Evapotranspiración	*1*	*0*	*1.0*	*0.9*	*0.8*
FC3	Infiltración	*8*	*0*	*10*	*10*	*10*
FC4	Escurrimiento superficial	*6*	*0*	*10*	*0.1*	*10*
FC5	Percolación	*2*	*0*	*10*	*10*	*0.1*
FC6	Flujo subsuperficial	*3*	*0*	*10*	*0.8*	*10*
FC7	Flujo subterráneo profundo	*5*	*0*	*1.0*	*0.1*	*0.001*
FC8	Flujo base	*7*	*0*	*10,000*	*8,500*	*5.0*
FC9	Velocidad en la red fluvial	*9*	*0*	*1.0*	*0.5*	*30*

Tabla 38. *Variables de estado inicial, rango y valor ajustado para los modelos 1 y 2.*

Factor Corrector (R_i)	Parámetro $\theta^*_{i,j}$	Valor mínimo	Valor máximo	Valor calibrado modelo 1	Valor calibrado modelo 2
H-1	Almacenamiento estático (%)	*0*	*100.0*	*79.0*	*30.3*
H-2	Agua en superficie (mm)	*0*	*1.0*	*0*	*0*
H-3	Almacenamiento gravitacional (mm)	*0*	*1000.0*	602.6	123.3
H-4	Nivel de agua subterránea (mm)	*0*	*100.0*	80.9	776.0
H-5	Cauce a sección llena (%)	*0*	*100.0*	23.9	0.001

Como se observa en la **Tabla 37**, los parámetros de mayor repercusión para el ajuste de los modelos 1 y 2, fueron los factores de corrección que controlan el movimiento vertical del agua en el perfil del suelo y en el acuífero. Para el modelo 1, fueron los factores de corrección (FC2, FC5 y FC6), mientras que para el modelo 2 fueron (FC1, FC5 y FC8). Se emplearon valores altos, en los parámetros de infiltración (FC3) y percolación (FC5), para el modelo 1, debido a que la parte Media y Baja del Río Saldaña, se presenta una interacción espacio-temporal importante con el componente subterráneo, ya que, para en este sector de la cuenca, el acuífero del sur Tolima presenta un espesor considerable. Por este motivo, para representar adecuadamente los caudales en esta zona, se requiere un mayor tiempo de tránsito del agua en el perfil del suelo, como en el acuífero, por lo tanto, los FC 3 y 5 se calibraron con valores altos.

En la **Tabla 39**, se presenta los resultados de los siete estadísticos implementados, para evaluar la eficiencia del modelado para reproducir los caudales diarios observados, en los periodos de calibración y validación, en los siete puntos de control evaluados. En la **Tabla 40**, se muestra los resultados del análisis estadístico implementado, para evaluar los caudales a escala mensual en los puntos de control analizados.

Como se observa en las **Tabla 39** y **Tabla 40,** el modelo TETIS reproduce adecuadamente los caudales observados en régimen natural, para las épocas de calibración y validación respectivamente. Representando aceptablemente los procesos de flujo diario en el área de estudio de la evaluación regional del agua del departamento del Tolima Fase 2, ya que se obtuvo en promedio para todos los puntos analizados un NSE: 0.27 y KGE: 0.41 para el periodo de calibración, mientras que, para el periodo de validación, se obtuvo un NSE: 0.43 y KGE: 0.65. Los errores en el volumen observado y calculado promedio diario, tanto para el periodo de calibración y validación, presentaron un rango de variación de ± 23% en los diferentes sectores evaluados.

De acuerdo con el estadístico PBIAS, para el periodo de calibración, los caudales calculados por el modelo TETIS en los siete puntos de medición evaluados, subestiman los caudales diarios observados. En el periodo de validación, se presenta una coyuntura diferente, el modelo TETIS sobreestima los caudales observados en varios puntos de control evaluados, a excepción de las estaciones 22027010 y 21137020, las cuales presentaron subestimación. Es importante resaltar que el sesgo porcentual evaluado a escala diaria y mensual en los siete puntos analizados, para el periodo de calibración y validación, presentaron errores entre -11 y +22 %.

Los hidrogramas observados y calculados a escala diaria en los siete puntos de medición analizados, para el periodo de calibración se presentan en la **Figura 52**,

mientras que los hidrogramas observados y calculados para el periodo de validación se presentan en la **Figura 53**. En las **Figura 52** y **Figura 53**, se observa que el modelo TETIS representa adecuadamente los periodos moderadamente a severamente secos y húmedos como también los periodos neutros. Hay algunas dificultades con el ajuste de los caudales esencialmente en periodos extremadamente húmedos y secos, los cuales no logran ser capturados adecuadamente por el modelo hidrológico distribuido. Esto se debe fundamentalmente, a que en el área de estudio de la evaluación regional del agua del departamento del Tolima Fase 2, se presenta una gran variabilidad espacial en la precipitación, la cual no es capturada adecuadamente por las estaciones que se encuentran localizadas en la cuenca, y por otro lado, cuando se presentan eventos exceso hídrico, principalmente hacia parte alta de la cuenca de Río Saldaña se generan variaciones cinemáticas en el flujo encauzado a una escala temporal (horaria o minutal), la cual es inferior al paso de tiempo empleado en este estudio.

En las **Figura 54**, **Figura 55**, **Figura 56**, **Figura 57**, **Figura 58**, **Figura 59**, se presentan las curvas de permanencia y diagramas de cajas y bigote de los caudales diarios observados y calculados en los siete puntos de medición para el periodo de calibración. En las, **Figura 60**, **Figura 61**, **Figura 62**, **Figura 63**, **Figura 64**, **Figura 65**, se muestran las curvas de permanencia y diagramas de cajas y bigote de los caudales diarios calculados y observados en el periodo de validación. De acuerdo con los resultados de las curvas de permanencia del caudal evaluadas en los 7 puntos de medición, tanto para el periodo de calibración y validación, los modelos hidrológicos regionales implementados para el área en estudio representan adecuadamente las tendencias temporales y las fluctuaciones observadas en el caudal diario. Las mayores discrepancias entre el volumen total de agua calculado y observado se manifiestan en la parte alta del área en estudio, presentando errores ~20%. Hacia el sector medio del área en estudio se presentan errores ~6% y finalmente en la parte baja, se presentan errores ~12%. Los dos modelos implementados en el área estudio, presentaron un ajuste regional del flujo de agua adecuado, ya que se obtuvo a escala general, errores en el volumen diario calculado y observado, al igual que sesgos en la pendiente del segmento medio de la CDC de ± 25% de error, en los diferentes puntos de control evaluados para el periodo de calibración.

Las curvas de permanencia calculadas con el TETIS presentan una mayor disimilitud para caudales excedidos o igualados entre 0 y 20%, los cuales representan los caudales en periodos de exceso hídrico y entre 80 y 100%, los cuales representan los caudales en periodos de déficit hídrico. Para caudales excedidos o igualados entre 20 y 80 %, que es el principal interés de la evaluación de los recursos hídricos en el marco de la evaluación regional del agua, el modelo TETIS reproduce adecuadamente los caudales diarios en estos percentiles. Los diagramas de caja y bigote entre los caudales diarios observados y calculados para los siete puntos control analizados, muestran que para el

cuartil inferior (q1), mediana (q2) y cuartil superior (q3), el modelo reproduce razonablemente la distribución del caudal para estos percentiles.

***Tabla 39**. Análisis estadístico diario entre los caudales diarios observados y calculados en los 7 puntos de control evaluados.*

Período	Estadísticos	Est. 22027010	Est. 22037010	Est. 22057060	Est. 22057040	Est. 22057070	Est. 21137020	Est. 21137040
Calibración	NSE	0.18	0.27	0.23	0.37	0.32	0.27	----------
	KGE	0.53	0.35	0.41	0.51	0.43	0.27	----------
	PBIAS (%)	22.8	11.5	6.68	-0.08	12.8	14.7	----------
	R^2	0.67	0.29	0.27	0.37	0.38	0.56	----------
	RMSE (m^3/s)	22.7	3.8	76.8	89.1	109.4	5.74	----------
	EV (%)	-22	-11.5	-6.6	0.08	-12.8	-8.6	----------
	BiasFMS (%)	9.4	21.2	21.9	22.2	25	5.1	----------
Validación	NSE	0.37	----------	0.25	0.4	0.42	0.29	0.25
	KGE	0.41	----------	0.43	0.58	0.5	0.26	0.26
	PBIAS (%)	19.8	----------	-0.1	-11.2	-0.85	11.34	-3.51
	R^2	0.53	----------	0.27	0.44	0.42	0.33	0.25
	RMSE (m^3/s)	30.5	----------	87.5	93.4	110.4	7.92	9.45
	EV (%)	-23	----------	-3.1	6.1	-3.8	-2.6	0.4
	BiasFMS (%)	18.4	----------	13.2	11.6	9.6	53.2	20.6

***Tabla 40**. Análisis estadístico entre los caudales mensuales observados y calculados en los 7 puntos de control evaluados.*

Período	Estadísticos	Est. 22027010	Est. 22037010	Est. 22057060	Est. 22057040	Est. 22057070	Est. 21137020	Est. 21137040
Calibración	NSE	0.17	0.57	0.35	0.55	0.45	0.5	----------
	KGE	0.68	0.57	0.66	0.76	0.67	0.60	----------
	PBIAS (%)	22	11.7	6.6	-0.1	12.8	14.15	----------
	R^2	0.64	0.63	0.45	0.59	0.59	0.61	----------
	RMSE (m^3/s)	17.7	2	48.5	50.9	67.3	2.47	----------
Validación	NSE	0.44	----------	0.36	0.52	0.61	0.47	0.60
	KGE	0.54	----------	0.68	0.78	0.74	0.48	0.66
	PBIAS (%)	19.7	----------	-0.3	-11.1	-0.9	11.14	-3.3
	R^2	0.67	----------	0.46	0.65	0.62	0.54	0.60
	RMSE (m^3/s)	22	----------	53.5	57.4	62.3	4.3	3.9

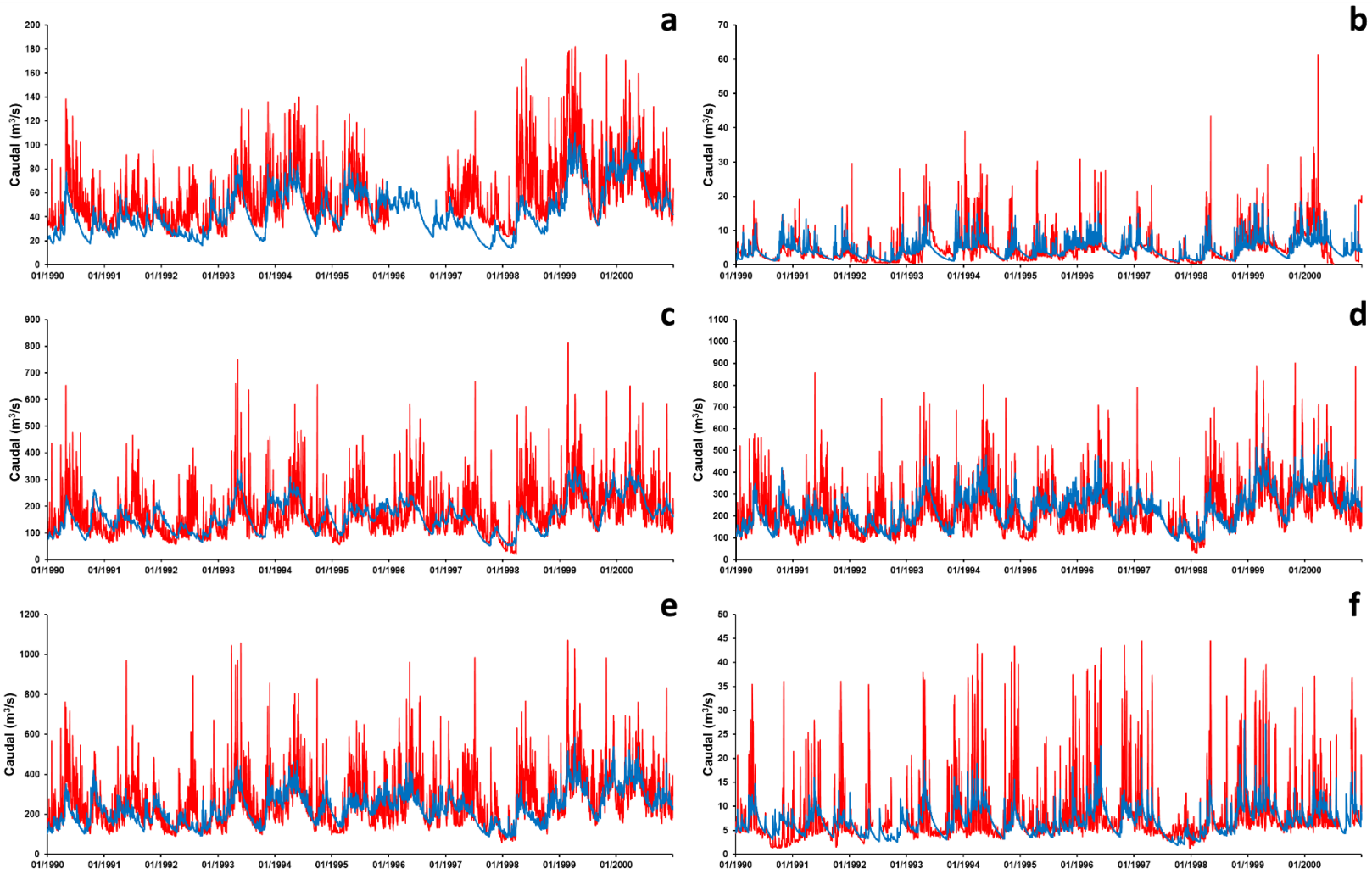


Figura 52. *Hidrogramas calculados (azul) y observados (rojo) obtenidos para el periodo de calibración en las estaciones hidrométricas: a.22027010, b. 22037010, c. 22057060, d. 22057040, e. 22057070, f. 21137020.*

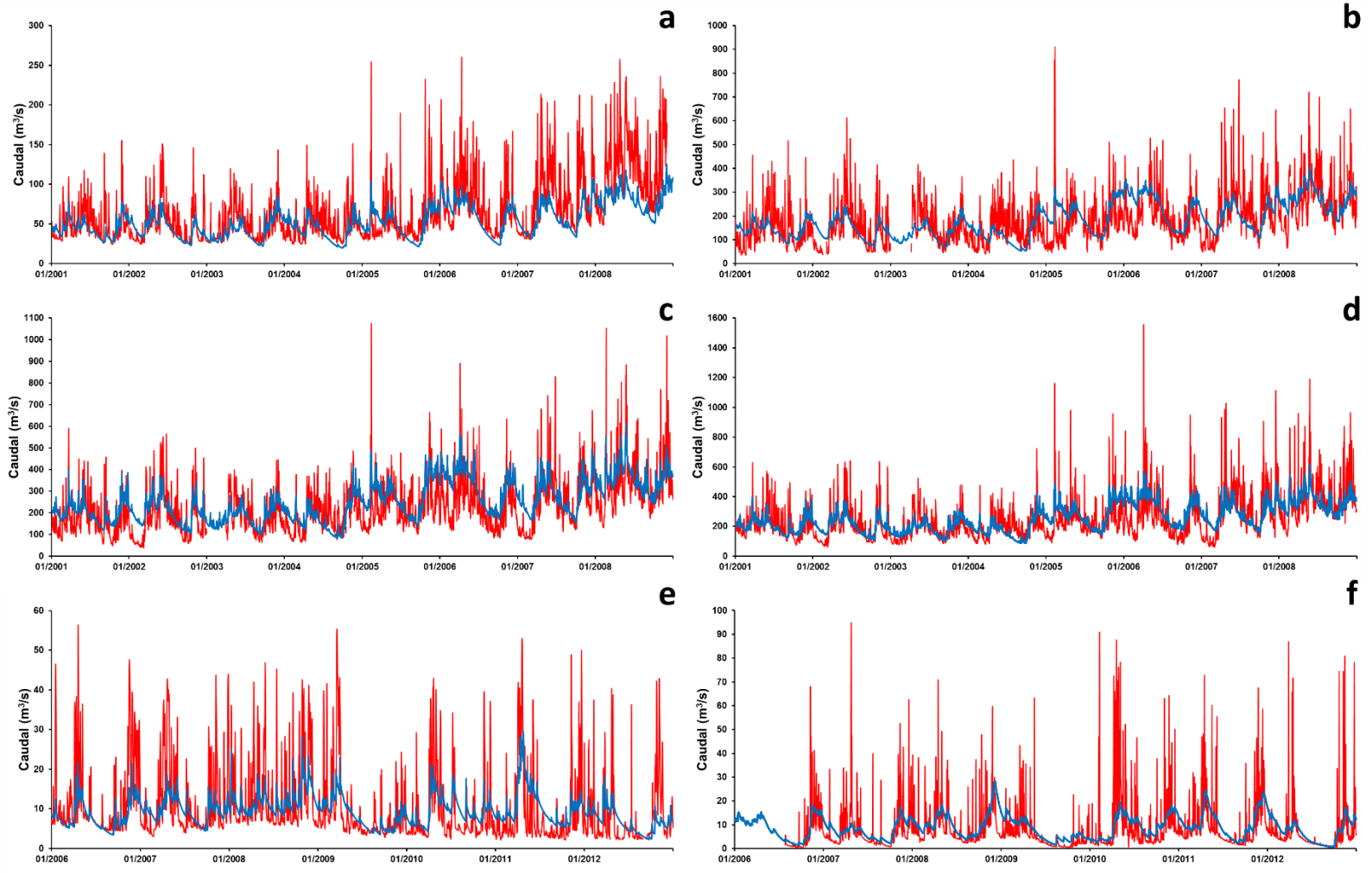


Figura 53. *Hidrogramas calculados (azul) y observados (rojo) obtenidos para el periodo de validación en las estaciones hidrométricas: a. 22027010, b. 22057060, c. 22057040, d. 22057070, e. 21137020, f. 21137040*

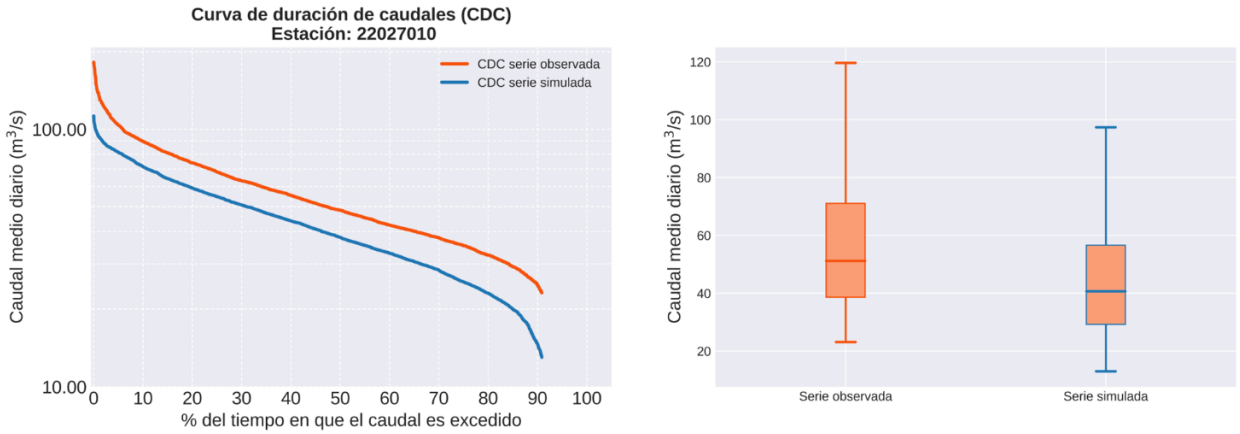


Figura 54. *Curva de permanencia y diagrama de cajas-bigotes de caudal diario calculado por el modelo TETIS (azul) y observado (rojo) para el periodo de calibración en la estación hidrométrica 22027010*

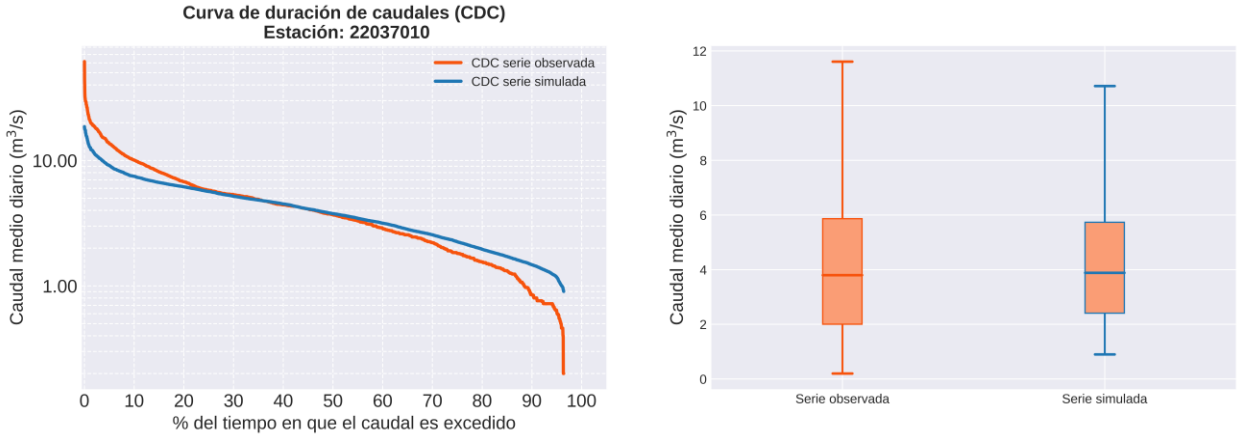


Figura 55. *Curva de permanencia y diagrama de cajas-bigotes de caudal diario calculado por el modelo TETIS (azul) y observado (rojo) para el periodo de calibración en la estación hidrométrica 22037010*

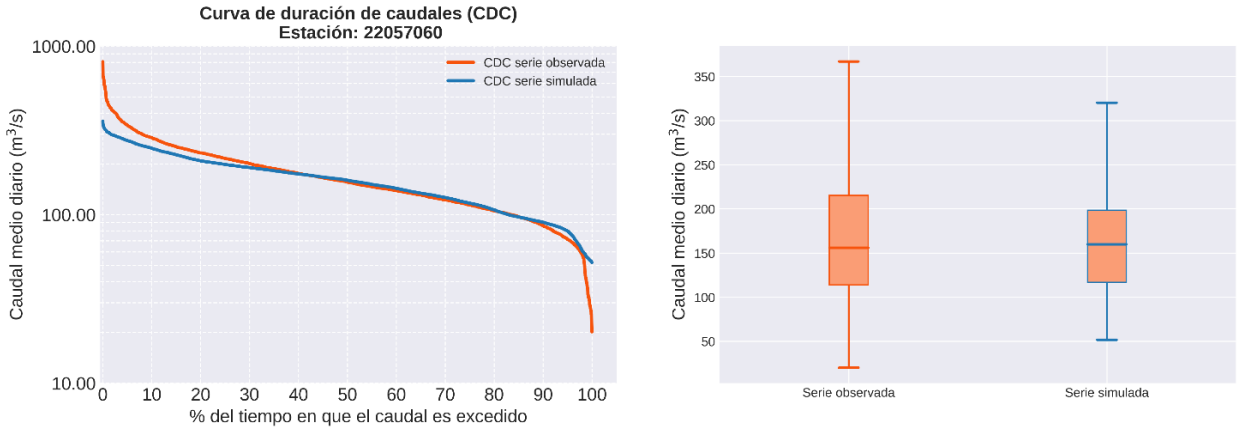


Figura 56. *Curva de permanencia y diagrama de cajas-bigotes de caudal diario calculado por el modelo TETIS (azul) y observado (rojo) para el periodo de calibración en la estación hidrométrica 22057060*

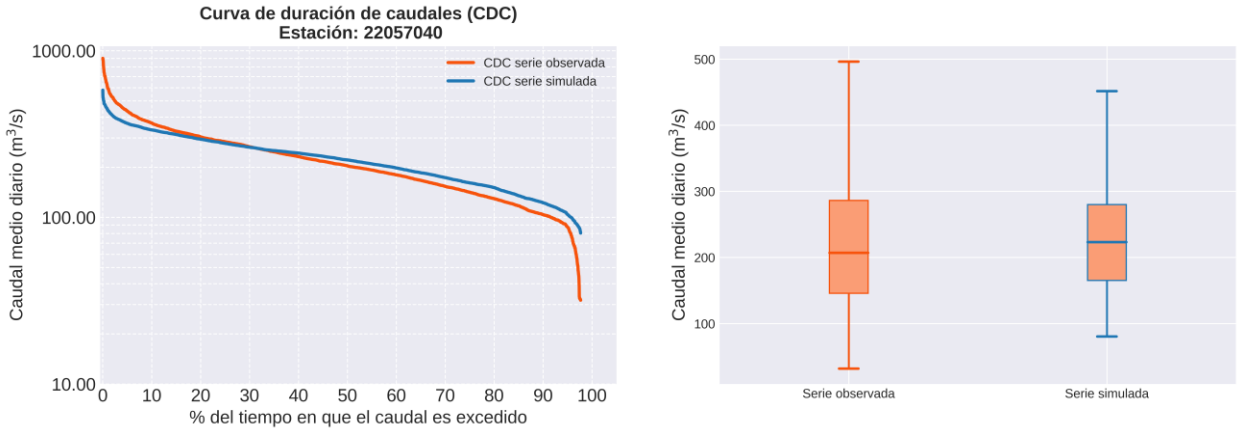


Figura 57. *Curva de permanencia y diagrama de cajas-bigotes de caudal diario calculado por el modelo TETIS (azul) y observado (rojo) para el periodo de calibración en la estación hidrométrica 22057040*

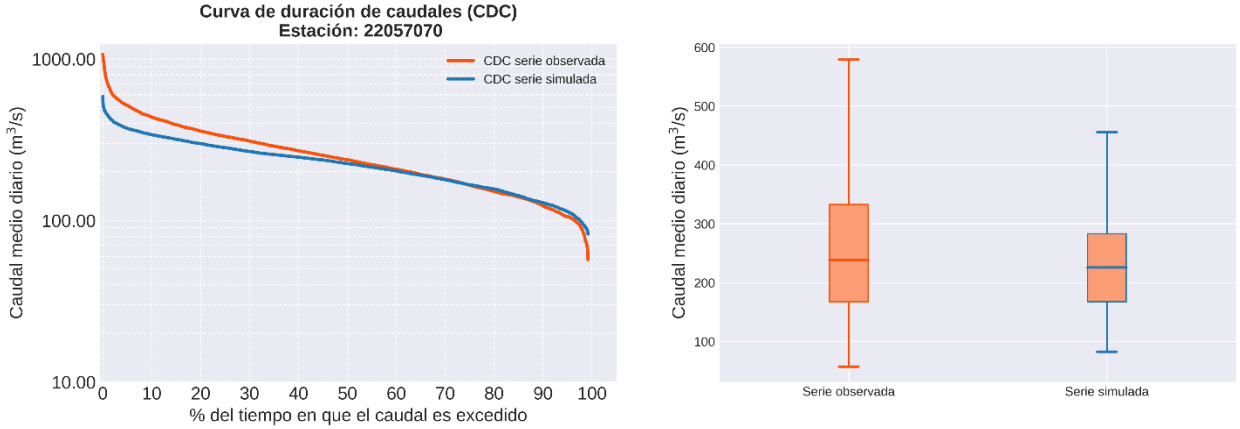


Figura 58. *Curva de permanencia y diagrama de cajas-bigotes de caudal diario calculado por el modelo TETIS (azul) y observado (rojo) para el periodo de calibración en la estación hidrométrica 22057070*

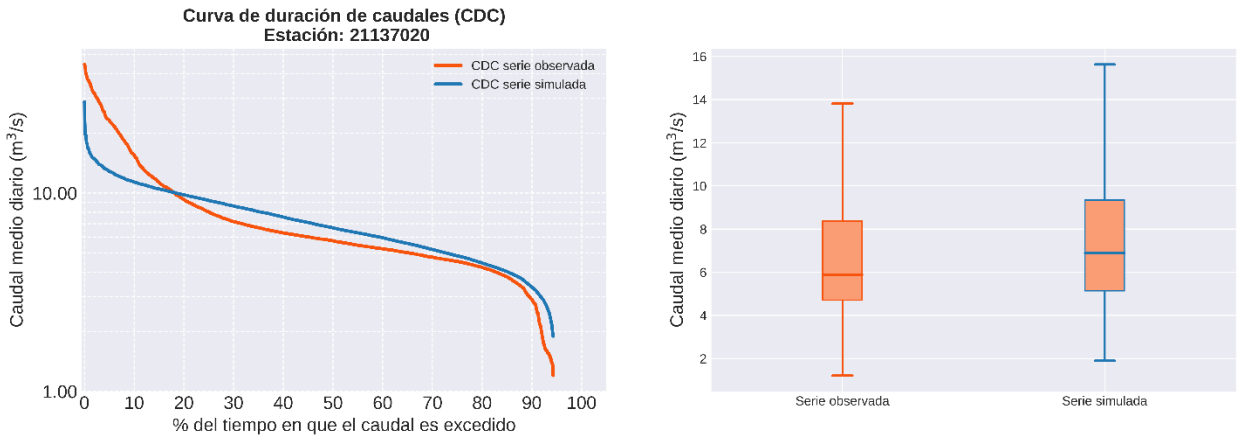


Figura 59. *Curva de permanencia y diagrama de cajas-bigotes de caudal diario calculado por el modelo TETIS (azul) y observado (rojo) para el periodo de calibración en la estación hidrométrica 21137020*

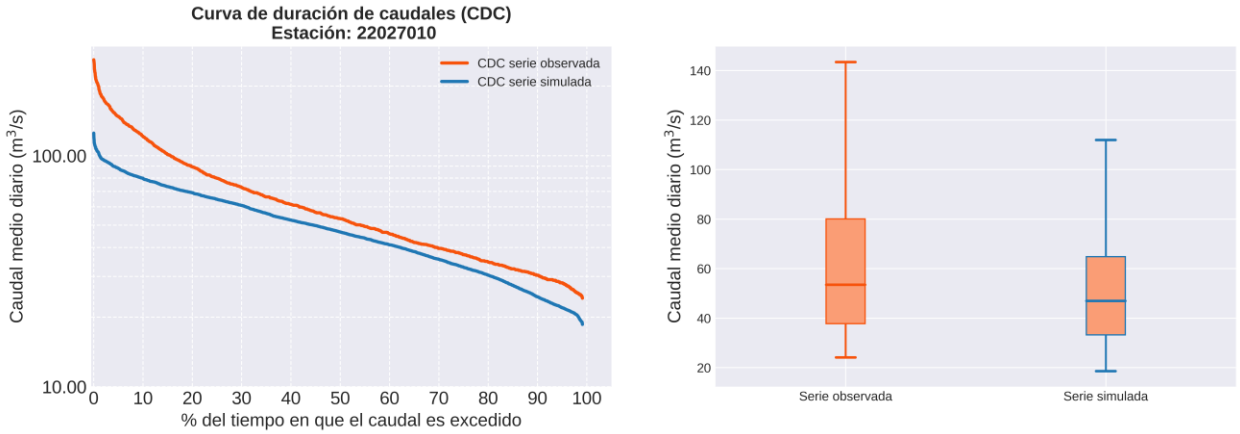


Figura 60. *Curva de permanencia y diagrama de cajas-bigotes de caudal diario calculado por el modelo TETIS (azul) y observado (rojo) para el periodo de validación en la estación hidrométrica 22027010*

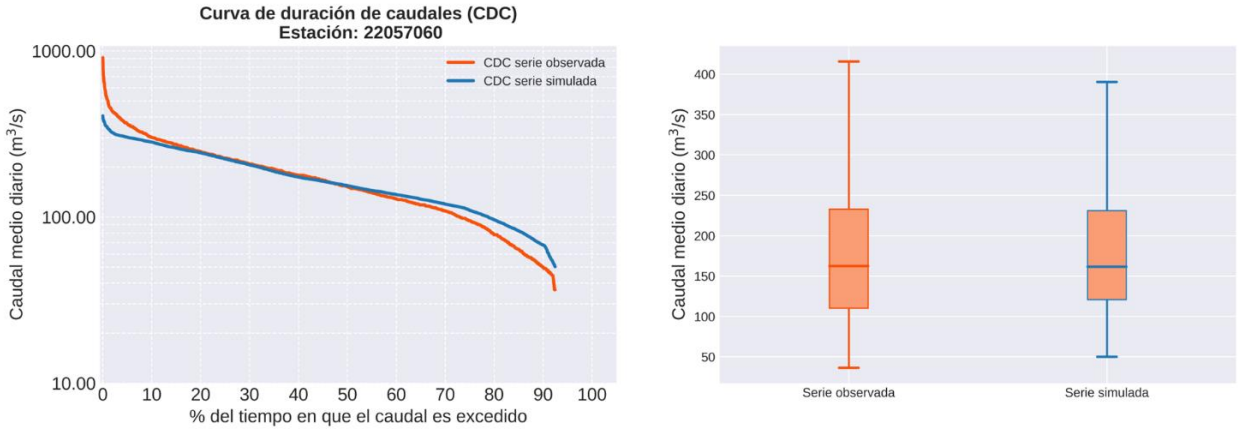


Figura 61. *Curva de permanencia y diagrama de cajas-bigotes de caudal diario calculado por el modelo TETIS (azul) y observado (rojo) para el periodo de validación en la estación hidrométrica 22057060*

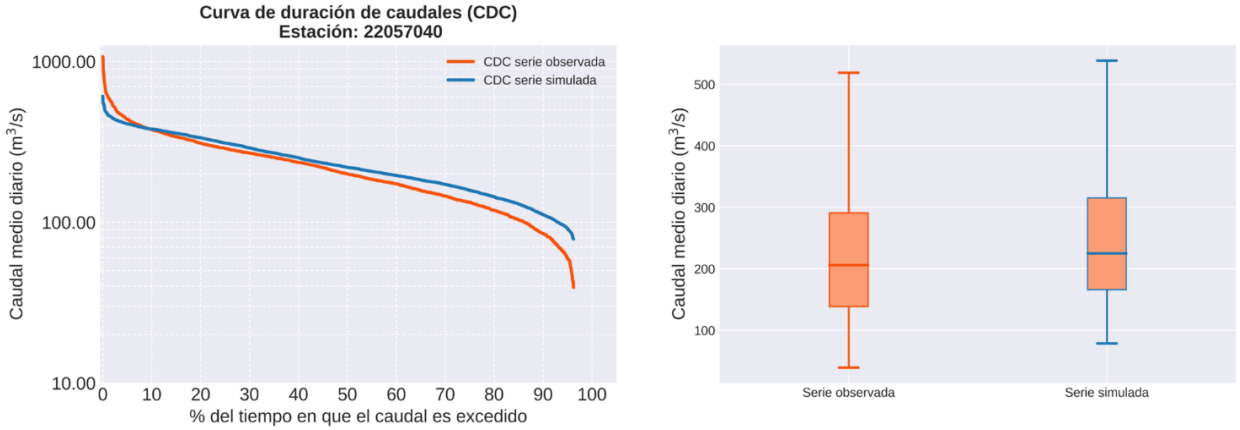


Figura 62. *Curva de permanencia y diagrama de cajas-bigotes de caudal diario calculado por el modelo TETIS (azul) y observado (rojo) para el periodo de validación en la estación hidrométrica 22057040*

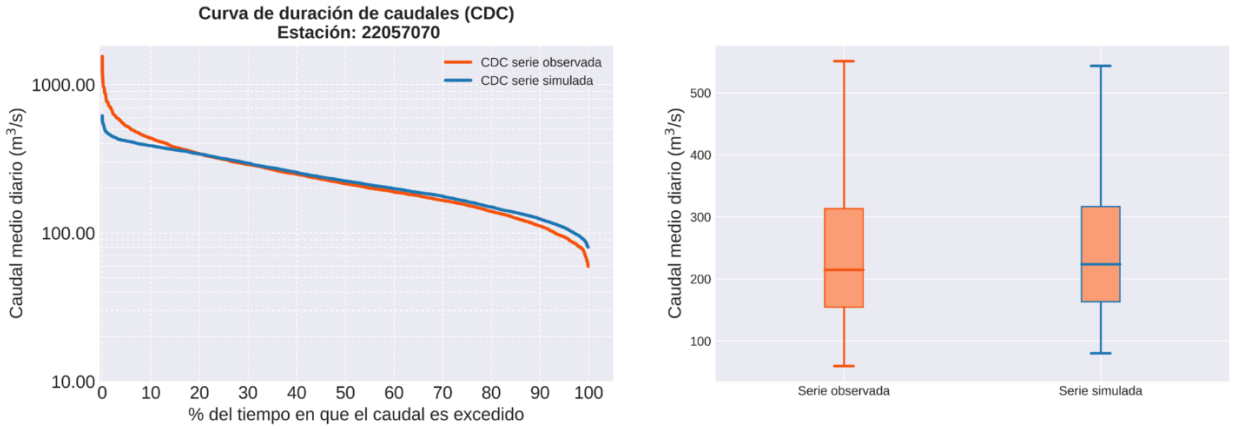


Figura 63. *Curva de permanencia y diagrama de cajas-bigotes de caudal diario calculado por el modelo TETIS (azul) y observado (rojo) para el periodo de validación en la estación hidrométrica 22057070*

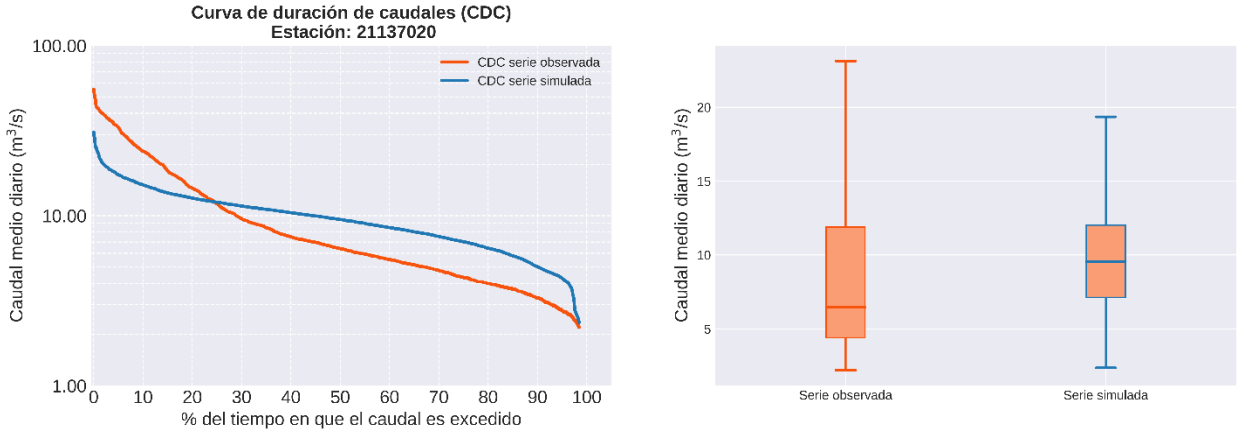


Figura 64.*Curva de permanencia y diagrama de cajas-bigotes de caudal diario calculado por el modelo TETIS (azul) y observado (rojo) para el periodo de validación en la estación hidrométrica 21137020*

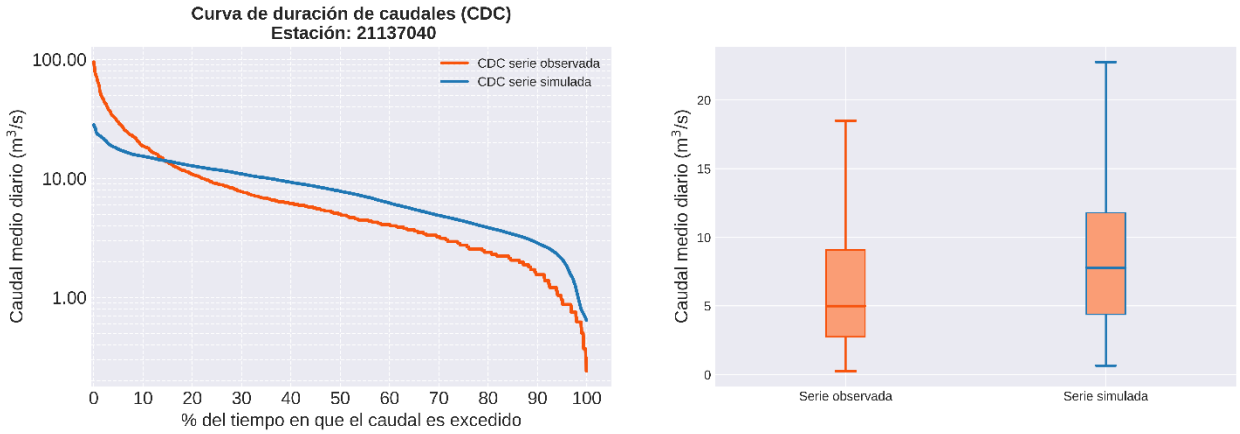


Figura 65. *Curva de permanencia y diagrama de cajas-bigotes de caudal diario calculado por el modelo TETIS (azul) y observado (rojo) para el periodo de validación en la estación hidrométrica 21137040*

En las **Figura 66** y **Figura 67**, se presenta una comparación entre los caudales promedio mensual calculados y observados, para el periodo de calibración y validación respectivamente. En las **Figura 66** y **Figura 67**, se observa que, en los siete puntos de medición evaluados, se distingue el mes de mayo como el mes que presenta los caudales más altos, mientras que los caudales más bajos se presentan esencialmente en el mes de septiembre. Por otro lado, se observa que el modelo tiende a subestimar estacionalmente los caudales, fundamentalmente en los meses de exceso hídrico, como son los meses de abril, mayo y junio, mientras para el periodo de verano diciembre, enero y febrero, el modelo TETIS sobreestima el caudal para estos periodos.

Se realizó un análisis de regresión lineal entre los datos de caudal mensual observados y calculados, para el periodo de calibración (**Figura 68**) y para el periodo de validación (**Figura 69**). Este análisis revela un ajuste satisfactorio entre los caudales observados y simulados, obteniendo correlaciones significativas >0.65, para todos los puntos de medición evaluados, tanto para el periodo de calibración y validación. A escala general los datos de caudal (**Figura 68** y **Figura 69**), se encuentran debajo de la línea de 45°, lo que indica que el caudal observado mensual, es subestimado por el modelo TETIS la mayor parte del tiempo en el periodo de simulación evaluado.

De acuerdo con los resultados anteriormente presentados, los parámetros calibrados en el modelo TETIS, reproducen adecuadamente las características regionales del flujo de agua, tanto en la parte alta, media y baja del área en estudio de la evaluación regional del agua para el departamento del Tolima Fase 2. Los errores en el volumen total de agua observada y simulada a escala regional fueron menores al 20%. Estos errores son mayores fundamentalmente en la parte alta de la zona de estudio, la cual presenta una gran ausencia de información hidrometeorológica.

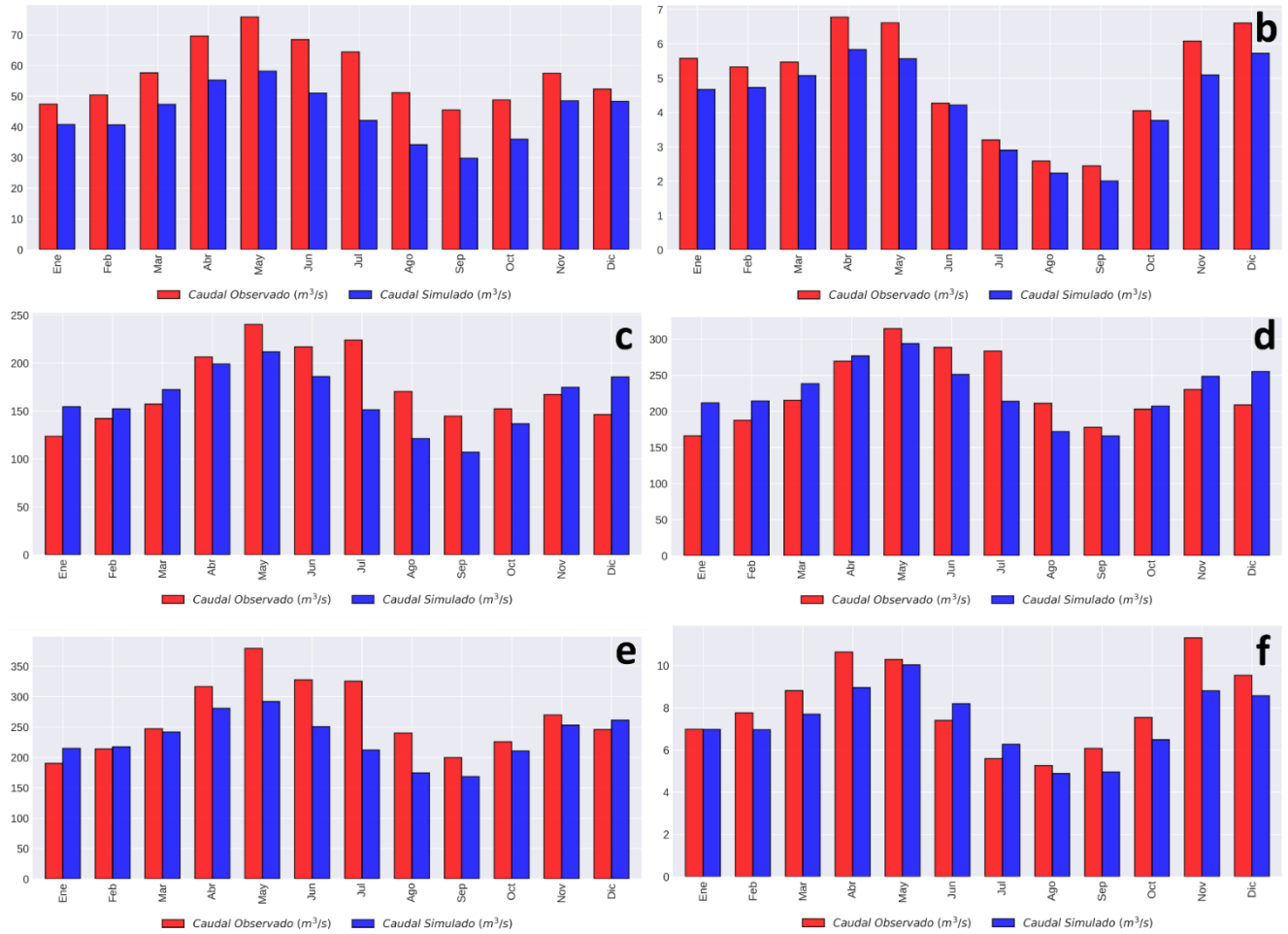


***Figura 66**. Comparación del caudal promedio mensual para el período 1990-2000 en las estaciones hidrométricas: a.22027010, b. 22037010, c. 22057060, d. 22057040, e. 22057070, f. 21137020*

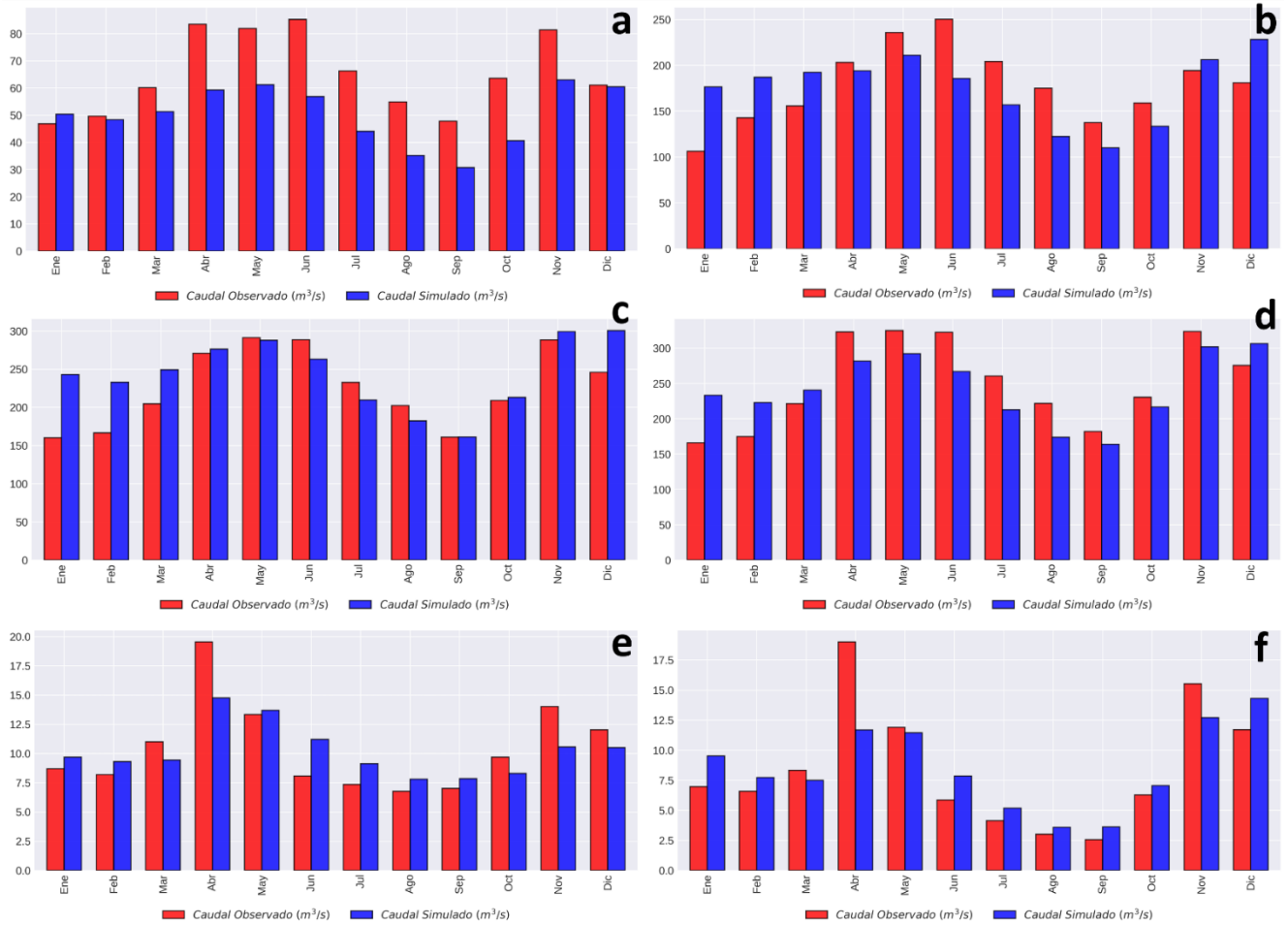


Figura 67*. Comparación del caudal promedio mensual. Período 2001-2008 estaciones hidrométricas: a.22027010, b. 22057060, c. 22057040, d. 22057070. Período 2006-2012 estaciones hidrométricas: e. 21137020, f.21137040*

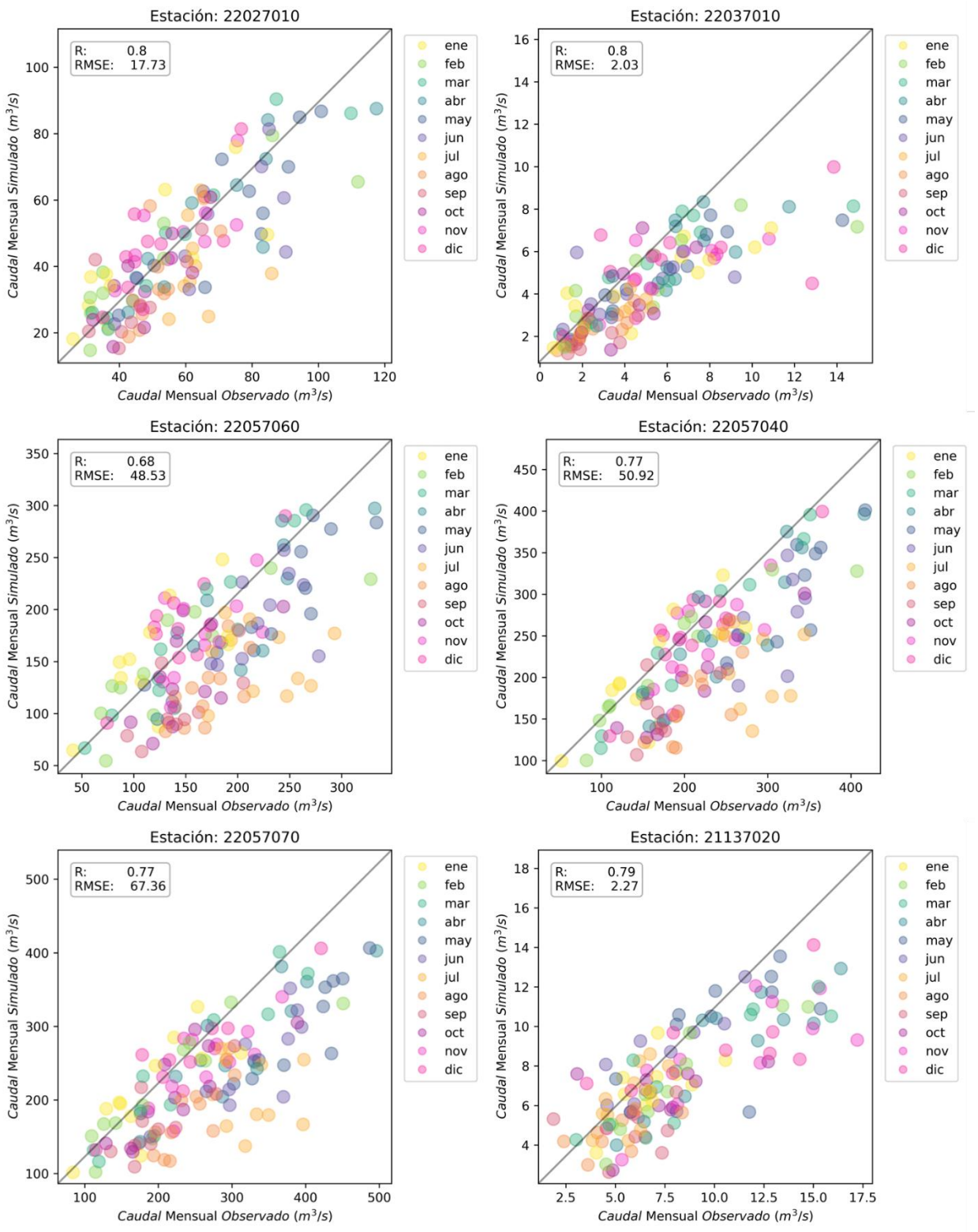


Figura 68. *Regresiones lineales entre los caudales mensuales observados y calculados por el modelo TETIS para el periodo de calibración*

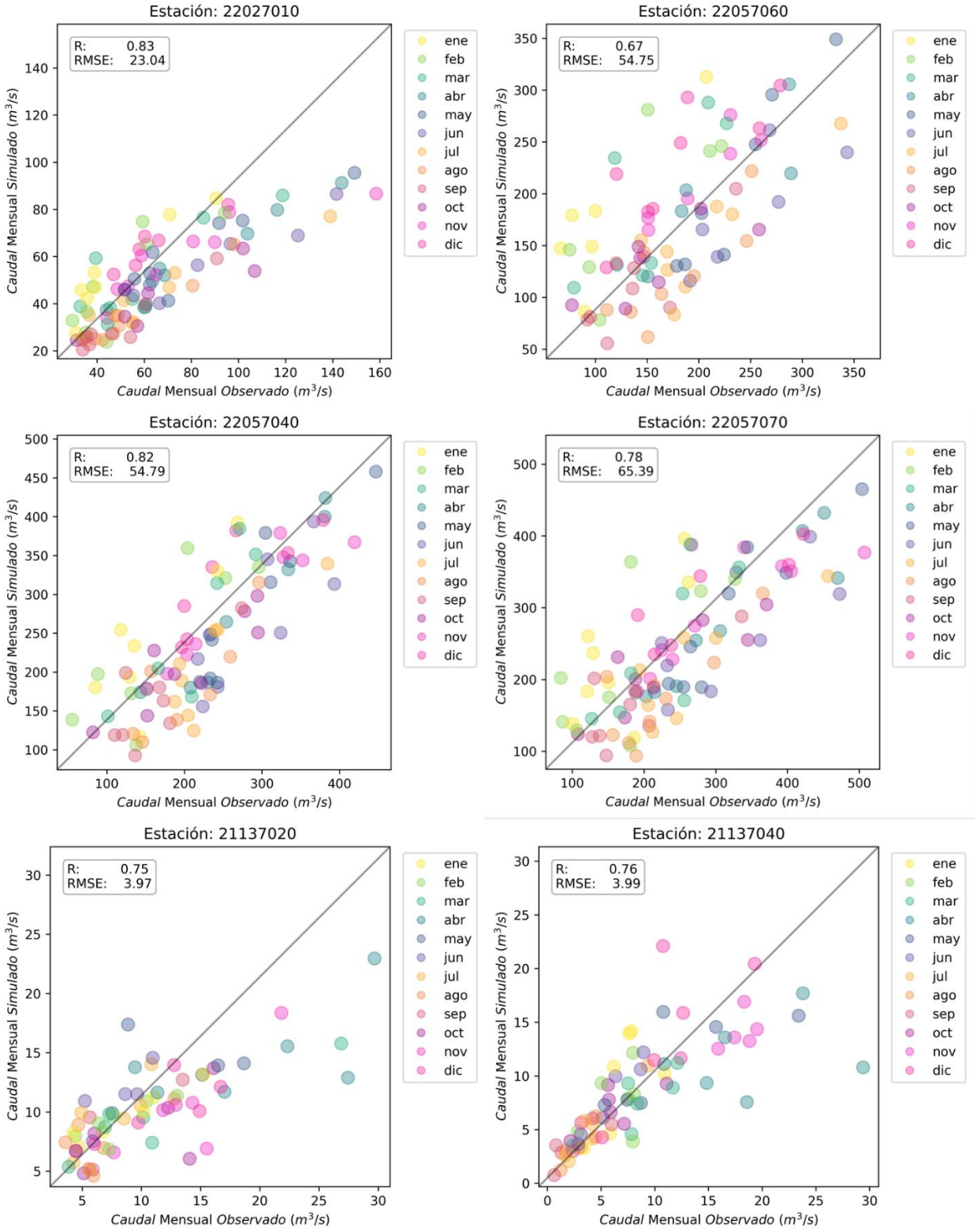


Figura 69. *Regresiones lineales entre los caudales mensuales observados y calculados por el modelo TETIS para el periodo de validación*

6.5. Resultados del balance hídrico

A continuación, se presentan los resultados del balance hídrico promedio anual (**Figura 70**), calculado a través del modelo hidrológico TETIS para el periodo 1990-2021, y el cual fue previamente calibrado y validado, para toda el área de modelación del estudio de la evaluación regional del agua para el departamento del Tolima Fase 2. De acuerdo con los resultados, entran al sistema por precipitación 2024 mm, se evapotranspira alrededor del 51% del agua que representa 1056 mm. Se escurren superficialmente 6% que son 134 mm, mientras que subsuperficialmente se escurren 34% (695 mm), se descargan del acuífero libre y/o freático hacia el cauce 7% que representan 142 mm y finalmente se recargan al acuífero semiconfinado 2% (37 mm).

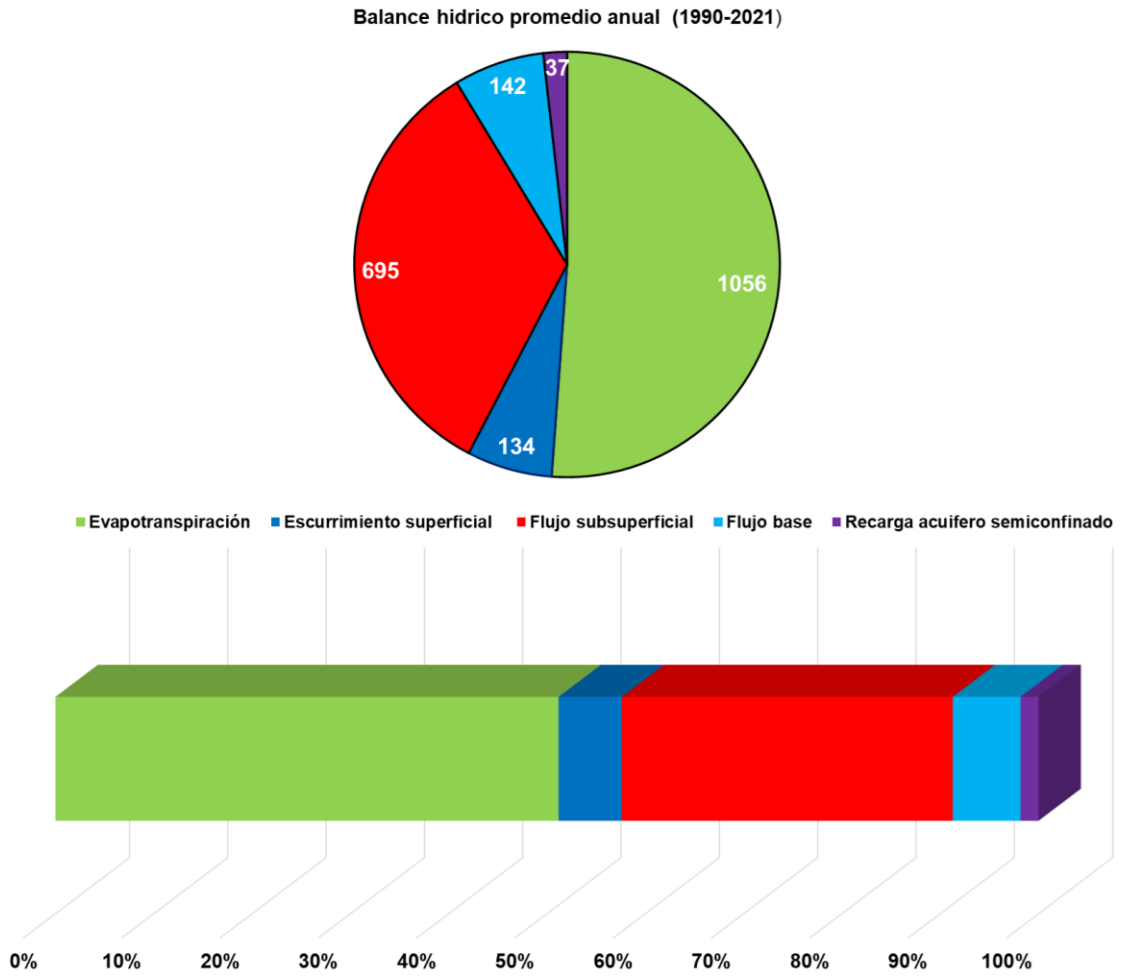


***Figura 70**. Balance hídrico promedio anual para el periodo 1990-2021, calculado para el área de modelación de la evaluación regional del agua para el departamento del Tolima Fase 2.*

6.6. Incertidumbres en la modelación hidrológica

El modelado hidrológico realizado con el modelo TETIS en el área de estudio de la evaluación regional del agua del departamento del Tolima Fase 2, está sujeto a incertidumbres de muchas fuentes, como a la selección de diferentes enfoques de modelado hidrológico, estructura del modelo, datos de entrada y parámetros (Lespinas et al., 2014). Por otro lado, los datos de caudal observado con los que evaluó la incertidumbre del modelado presentaron discrepancias temporales, ya que en varias estaciones de medición se encontraron que no concuerdan con los patrones de variabilidad del caudal con la precitación observada. También los mapas de entrada que requiere el modelo TETIS para calcular el balance hídrico diario tienen discrepancias, debido a las diferentes fuentes de información que presentan diferente resolución espacial, como la información de tipos del suelo y geología que tienen una escala 1:100,000 y no son adecuadas para el estudio de detalle implementado en el estudio regional del agua del departamento del Tolima Fase 2.

Por otro lado, conceptualmente el modelo TETIS, tanto en la zona no saturada como en el acuífero no confinado, suponen que la descarga por flujo (subsuperficial y base), como depósitos lineales, los cuales se relacionan con un coeficiente de descarga que, para el caso del TETIS, es la conductividad hidráulica horizontal (Francés et al., 2007). Esto significa que la descarga de agua en la zona no saturada como en el acuífero, es proporcional al almacenamiento que hay en cada componente. Es importante señalar que los gradientes del movimiento de agua tanto en el suelo como en el acuífero son tipo no-lineal, por lo tanto, este tipo de suposiciones conceptuales generan que no se cuantifique adecuadamente el movimiento vertical de agua en la zona no saturada y la variación de niveles en el componente subterráneo.

Todas las incertidumbres anteriormente mencionadas pueden afectar significativamente la precisión del modelo para predecir el comportamiento del balance hídrico. Debido a estas problemáticas anteriormente mencionadas, se cuantificaron las incertidumbres intrínsecas del modelo, por medio de diferentes métodos gráficos y estadísticos para tener una idea de la magnitud de los errores generados.

7. Oferta Hídrica

7.1. Oferta Hídrica Total Superficial (OHTS)

La Oferta hídrica total superficial (OHTS) se define como el volumen de agua por unidad de tiempo que drena por la superficie y que no se infiltra o evapotranspira. En la Evaluación Regional del Agua se determinó a partir de simulación hidrológica a escala diaria en el periodo 1990 a 2021, calculada mediante los modelos hidrológicos distribuidos que fueron implementados en las 9 subzonas hidrográficas. La OHTS se expresa en términos de caudal (m^3/s), escorrentía (mm), y rendimiento hídrico ($l/s/km^2$). Para caracterizar y sintetizar la variabilidad y tendencia de la oferta hídrica, se calculó para cada unidad de análisis el diagrama de percentiles mensuales de caudal que expresa una representación gráfica de la distribución interanual de los caudales medios diarios cada mes del año hidrológico, y se aplicó la prueba de Mann-Kendall (Hussain et al.; 2019) para las series anuales de caudales medios, máximos y mínimos diarios.

7.2. Oferta Hídrica Total Disponible (OHTD)

La oferta hídrica total disponible se define como el resultado de sustraer el caudal ambiental a la oferta hídrica total superficial. Con el fin de mantener una coherencia metodológica con el Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2018), el caudal ambiental (CA) se estableció como el caudal característico Q85 de la curva de duración de caudales diarios, en las unidades de análisis con índice de regulación hídrica (IRH) mayor o igual a 0.70, y se definió como el caudal característico Q75 de la curva de duración de caudales diarios para las unidades hidrográficas de análisis con IRH menor a 0.70. En los casos de unidades hidrográficas cuya curva de duración de caudales presenta caudales nulos (0.00 m3/s) en los percentiles Q75 y Q85 se adopta un caudal ambiental de referencia equivalente al 25% del caudal medio multianual para año medio (en año hidrológico medio y húmedo) y año seco (en año hidrológico seco).

El año hidrológico medio corresponde a los caudales medios mensuales del periodo 1990 a 2021, el año hidrológico seco corresponde al episodio histórico de la fase cálida del fenómeno ENSO más severo del que se tiene registro (Año hidrológico 2015/2016), y el año hidrológico húmedo fue definido como un episodio extremo de la fase fría del fenómeno ENSO (Año hidrológico 2010/2011).

A continuación, se presentan los valores de OHTS y OHTD para cada unidad hidrográfica de análisis en las subzonas hidrográficas de los ríos Bajo Saldaña, Alto Saldaña, Amoyá, Anamichú, Anchique-Chenche, Atá, Cambrín, Medio Saldaña y Patá para el periodo histórico 1990 a 2021.

8. OHTS y OHTD en la Subzona Hidrográfica del río Patá

8.1. Unidad de Análisis: Directos Magdalena Patá

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 39.3, 60.9 y 26.8 l/s/km² para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 145.5 % de aumento, un 225.4 % de aumento, y un 99.0 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 16.2, 26.9 y 9.3 l/s/km² respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 60.1, 99.7 y 34.4 % con relación al valor medio anual (Figura 71). La escorrentía anual es de 852.1 mm, con valores máximos mensuales de 105.3, 163.1, y 69.3 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 72).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
0.61	**0.34**	**0.27**	**0.93**	**0.34**	**0.59**	**0.39**	**0.23**	**0.16**

Tabla 41. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Directos Magdalena Patá

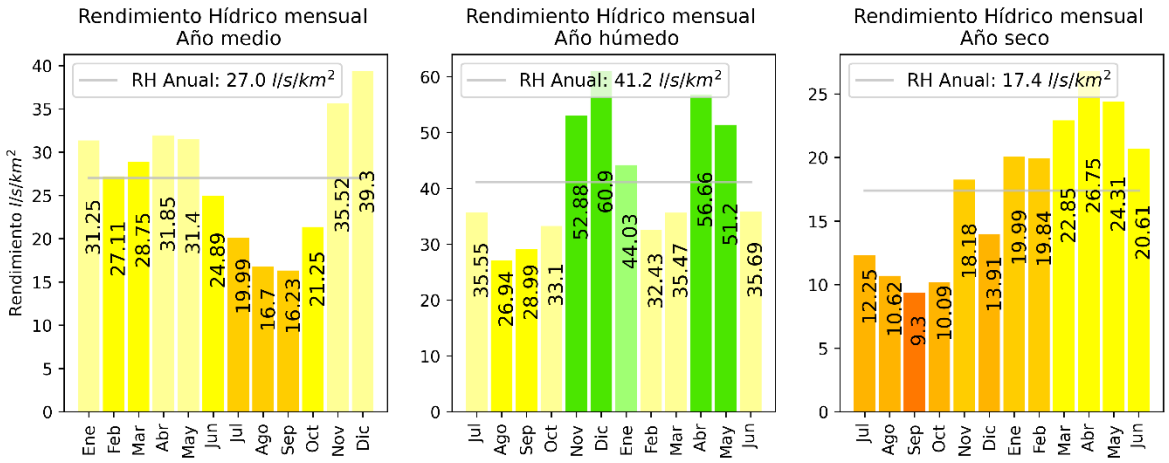


Figura 71. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Directos Magdalena Patá

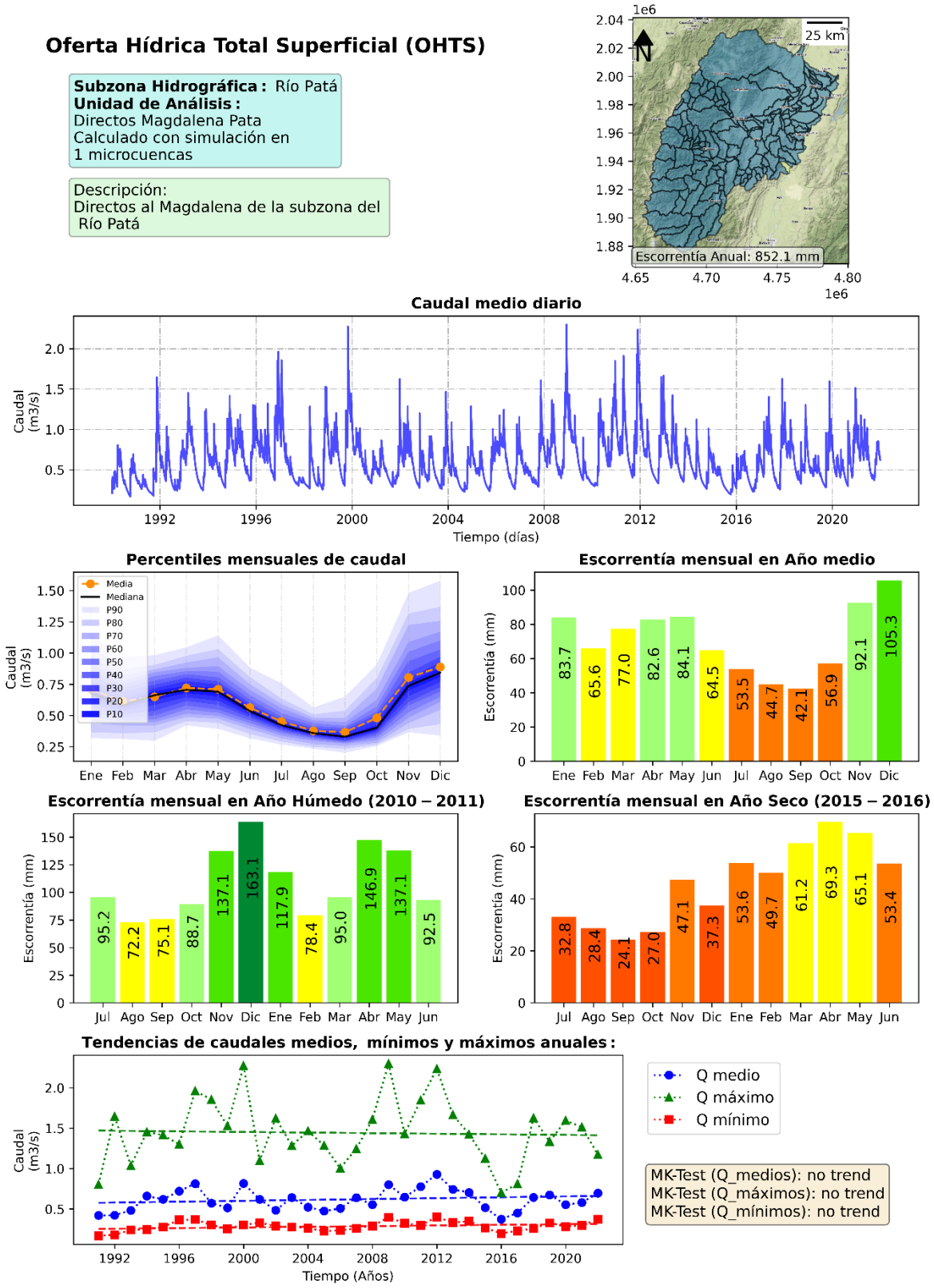


Figura 72. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Directos Magdalena Patá

8.2. Unidad de Análisis: Rio Patá 8

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 56.4, 94.1 y 41.9 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 166.2 % de aumento, un 277.1 % de aumento, y un 123.3 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 13.9, 21.1 y 5.6 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 40.8, 62.0 y 16.5 % con relación al valor medio anual (Figura 73). La escorrentía anual es de 1,071.1 mm, con valores máximos mensuales de 146.3, 243.9, y 108.5 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas en los caudales mínimos anuales, y no se identifican tendencias en los caudales medios y máximos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 74).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
25.17	**8.89**	**16.28**	**43.71**	**8.89**	**34.82**	**15.34**	**2.24**	**13.10**

Tabla 42. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Patá 8

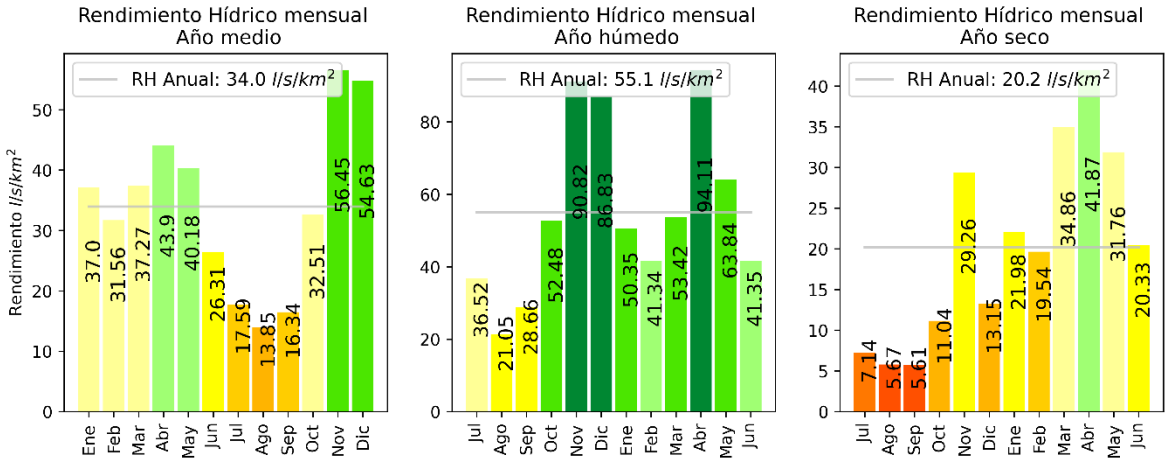


Figura 73. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Patá 8

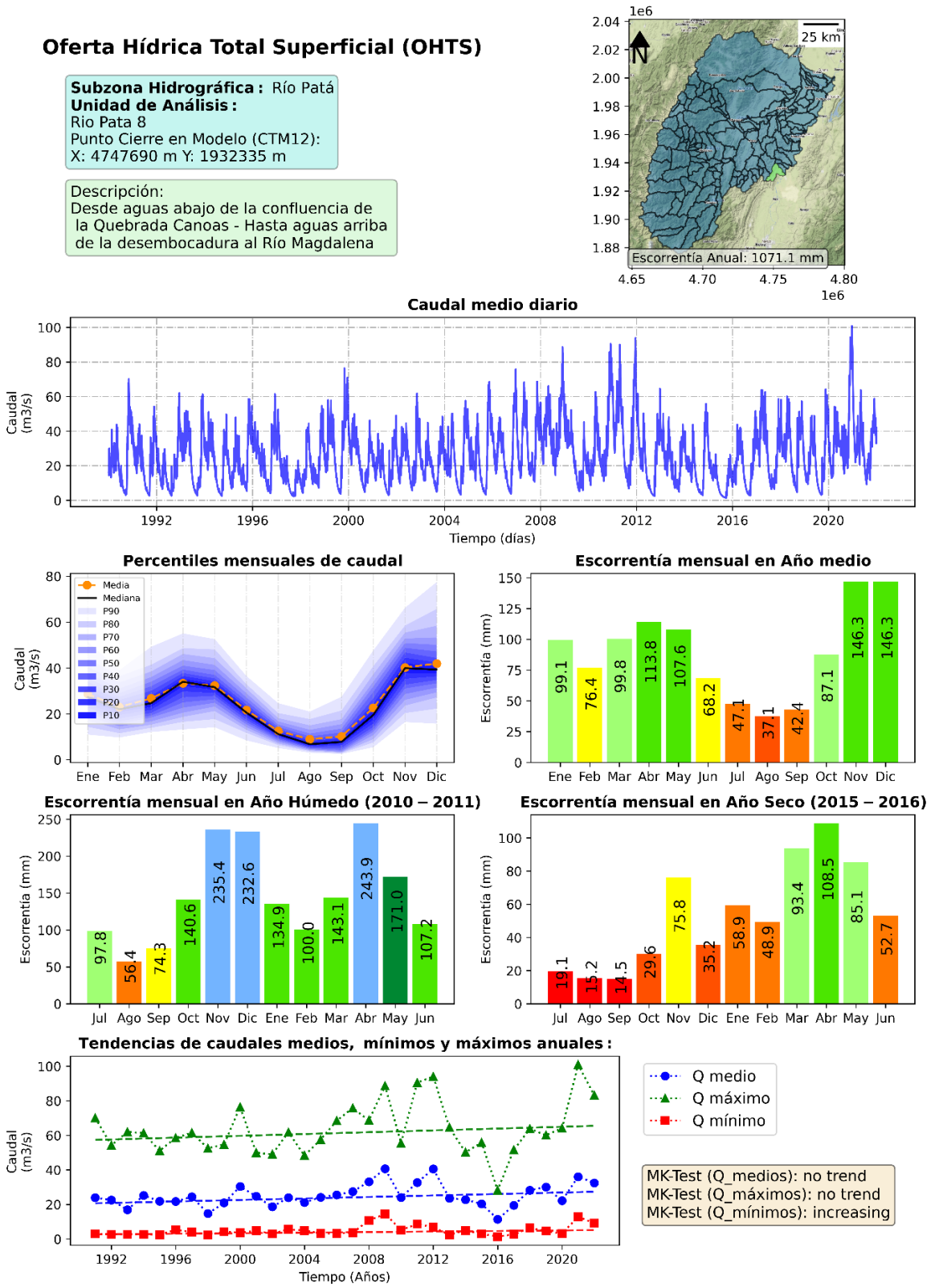


Figura 74. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Patá 8

8.3. Unidad de Análisis: Quebrada Canoas

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 63.5, 102.3 y 48.2 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 174.6 % de aumento, un 281.1 % de aumento, y un 132.4 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 12.3, 24.3 y 2.9 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 33.8, 66.8 y 8.0 % con relación al valor medio anual (Figura 75). La escorrentía anual es de 1,147.6 mm, con valores máximos mensuales de 170.2, 274.0, y 124.9 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas en los caudales mínimos anuales, y no se identifican tendencias en los caudales medios y máximos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 76).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
3.00	**1.04**	**1.96**	**5.11**	**1.04**	**4.08**	**1.78**	**0.34**	**1.44**

Tabla 43. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Canoas

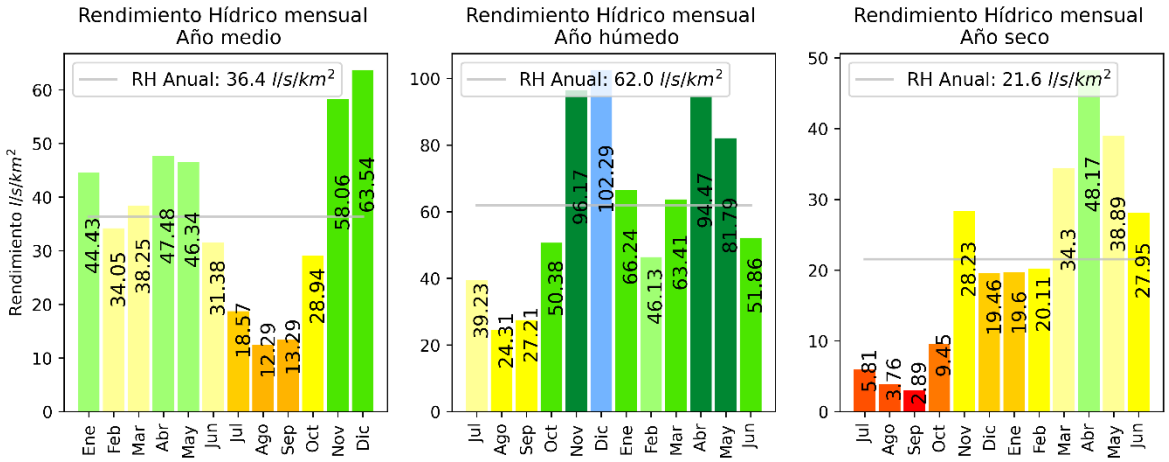


Figura 75. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Canoas

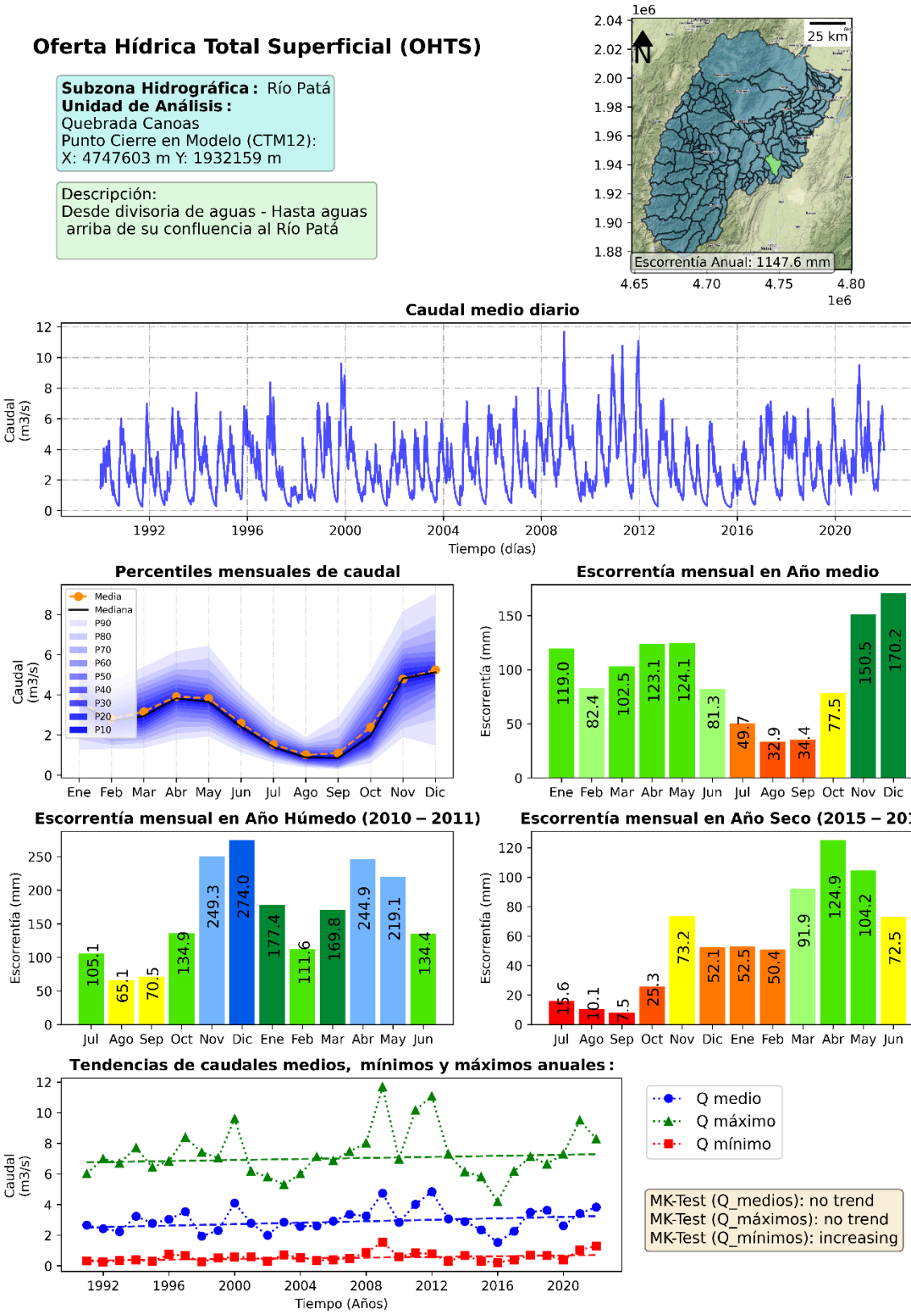


Figura 76. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Canoas

8.4. Unidad de Análisis: Rio Patá 7

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 78.5, 137.8 y 62.5 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 177.4 % de aumento, un 311.5 % de aumento, y un 141.4 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 14.1, 22.3 y 3.9 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 31.8, 50.4 y 8.9 % con relación al valor medio anual (Figura 77). La escorrentía anual es de 1,394.8 mm, con valores máximos mensuales de 203.4, 357.1, y 162.1 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 78).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
19.84	**6.73**	**13.11**	**34.82**	**6.73**	**28.09**	**12.18**	**1.48**	**10.70**

Tabla 44. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Patá 7

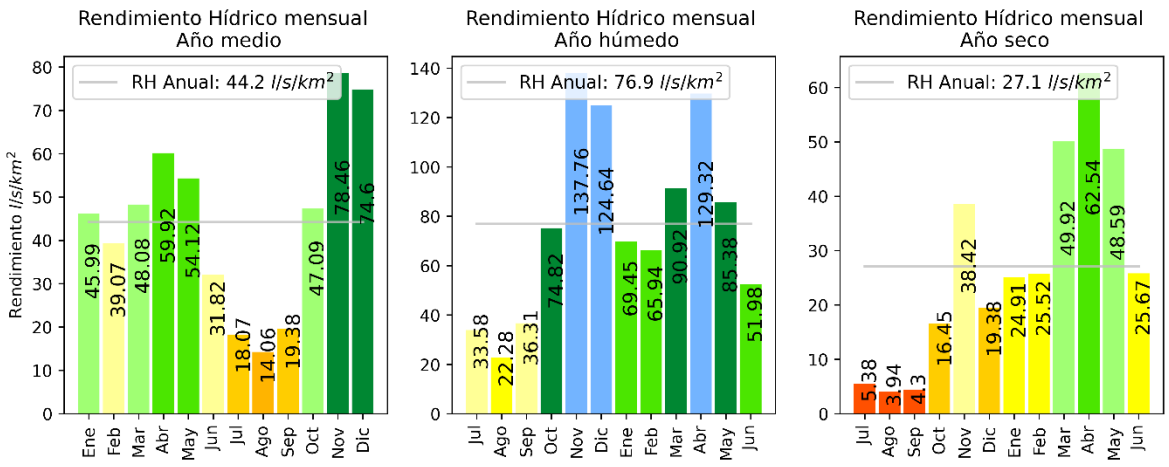


Figura 77. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Patá 7

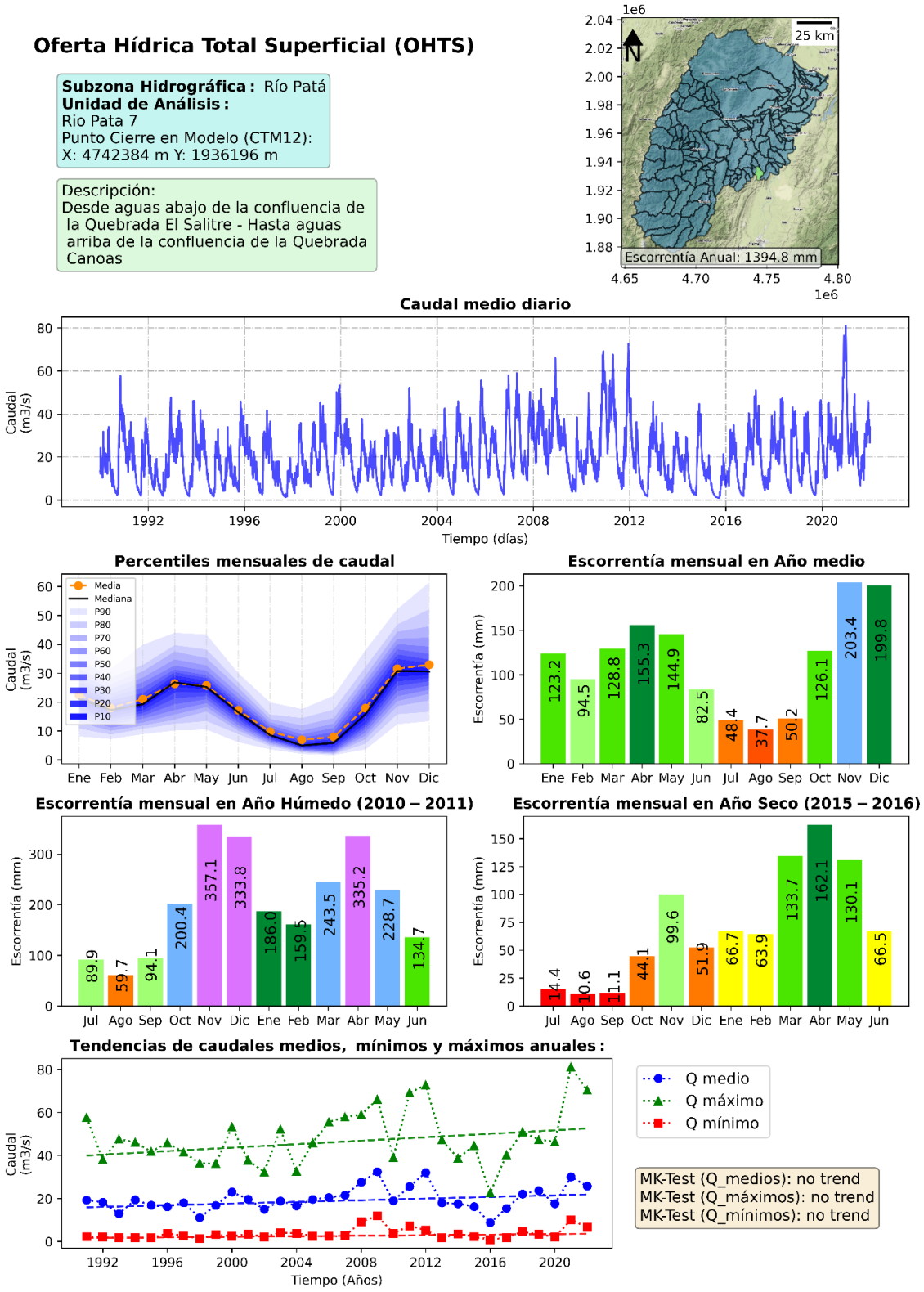


Figura 78. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Patá 7

8.5. Unidad de Análisis: Quebrada Salitre

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 80.6, 135.0 y 63.5 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 175.9 % de aumento, un 294.8 % de aumento, y un 138.6 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 14.0, 25.2 y 2.6 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 30.6, 55.0 y 5.7 % con relación al valor medio anual (Figura 79). La escorrentía anual es de 1,444.7 mm, con valores máximos mensuales de 215.8, 361.6, y 164.5 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas al incremento de los caudales medios y mínimos anuales, y los caudales máximos anuales no evidencian tendencias según la prueba Mann-Kendall (Figura 80).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
1.15	**0.37**	**0.78**	**2.03**	**0.37**	**1.66**	**0.72**	**0.09**	**0.63**

Tabla 45. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Salitre

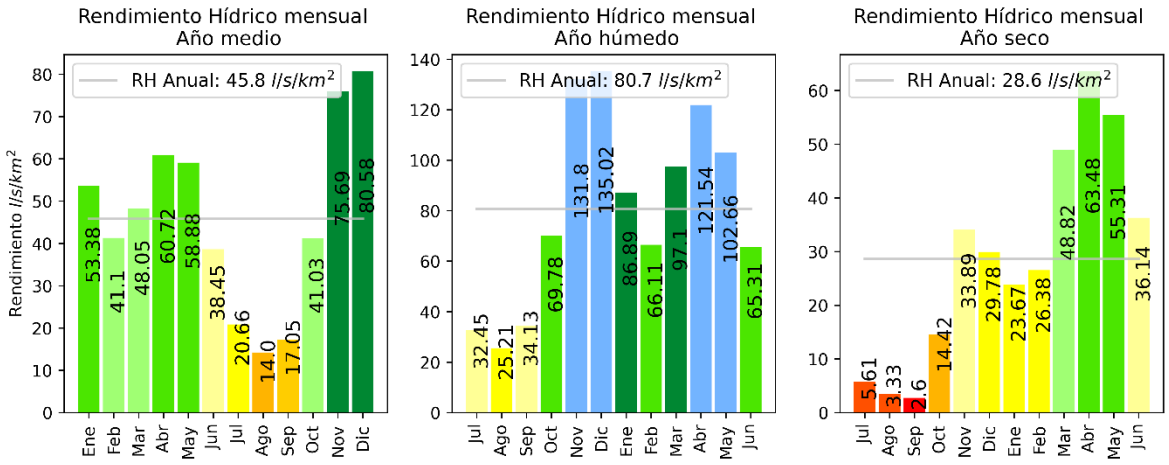


Figura 79. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Salitre

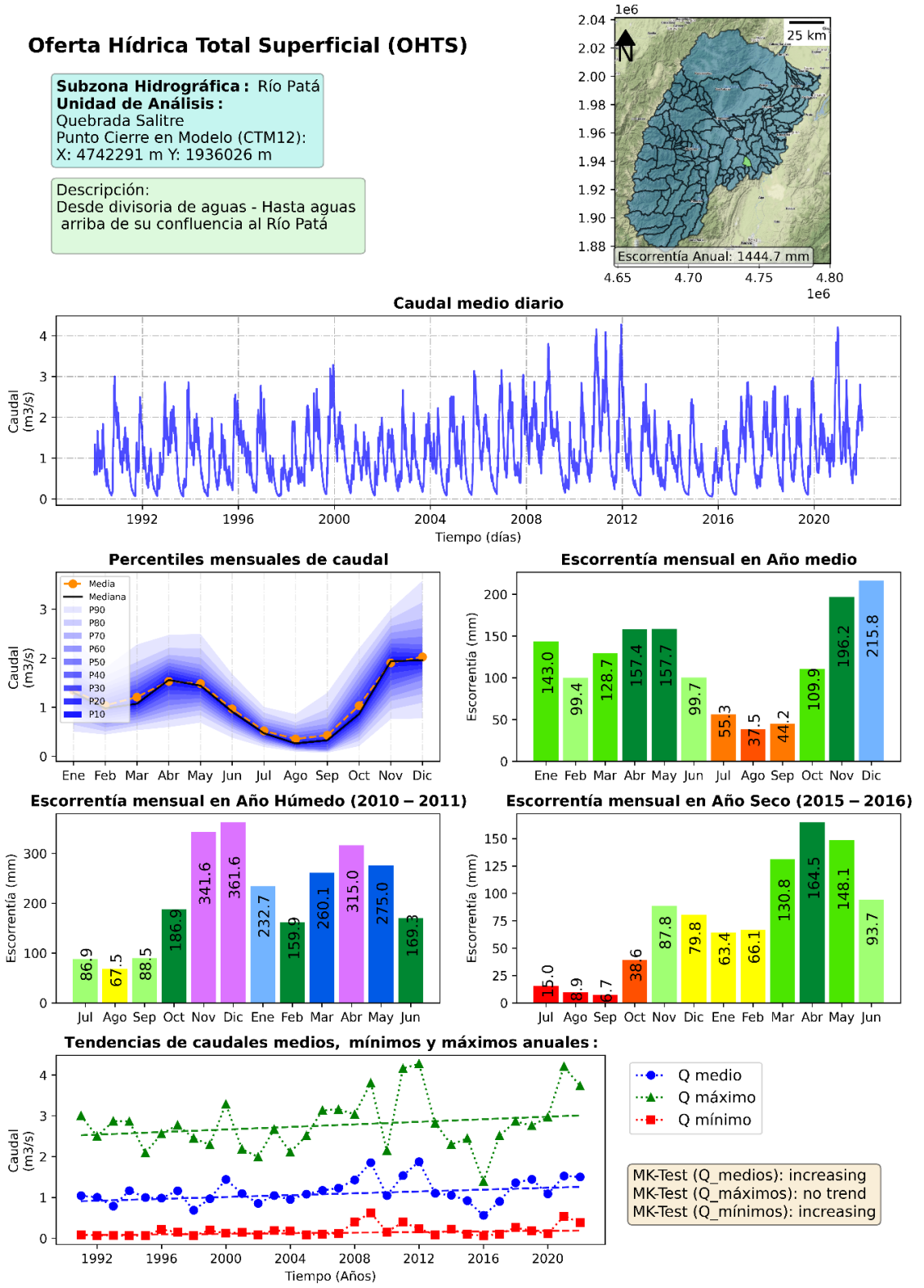


Figura 80. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Salitre

8.6. Unidad de Análisis: Rio Patá 6

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 81.7, 138.8 y 64.1 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 181.4 % de aumento, un 308.0 % de aumento, y un 142.3 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 12.0, 23.6 y 0.9 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 26.6, 52.4 y 2.1 % con relación al valor medio anual (Figura 81). (). La escorrentía anual es de 1,421.2 mm, con valores máximos mensuales de 218.9, 370.7, y 166.2 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 82).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
17.26	**5.90**	**11.36**	**30.31**	**5.90**	**24.42**	**10.59**	**1.23**	**9.35**

Tabla 46. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Patá 6

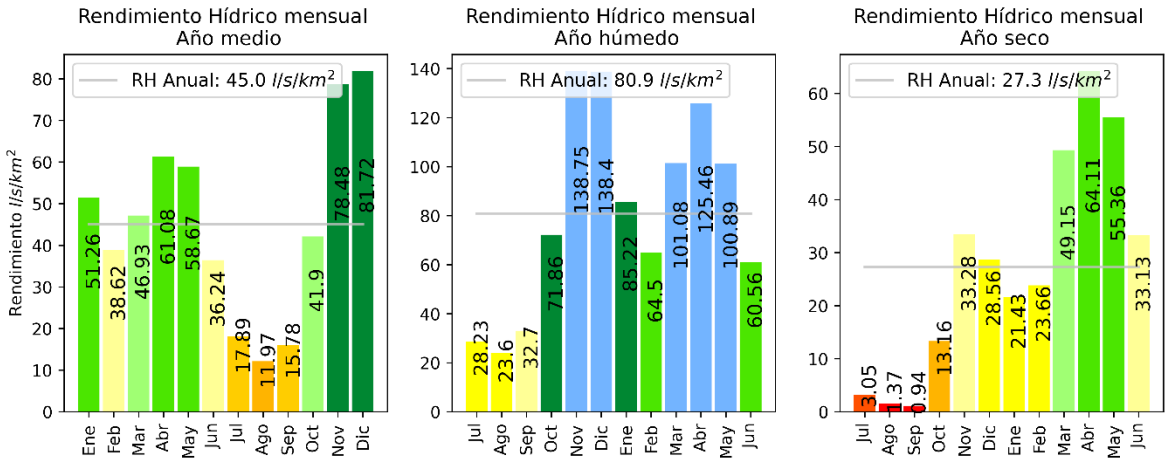


Figura 81. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Patá 6

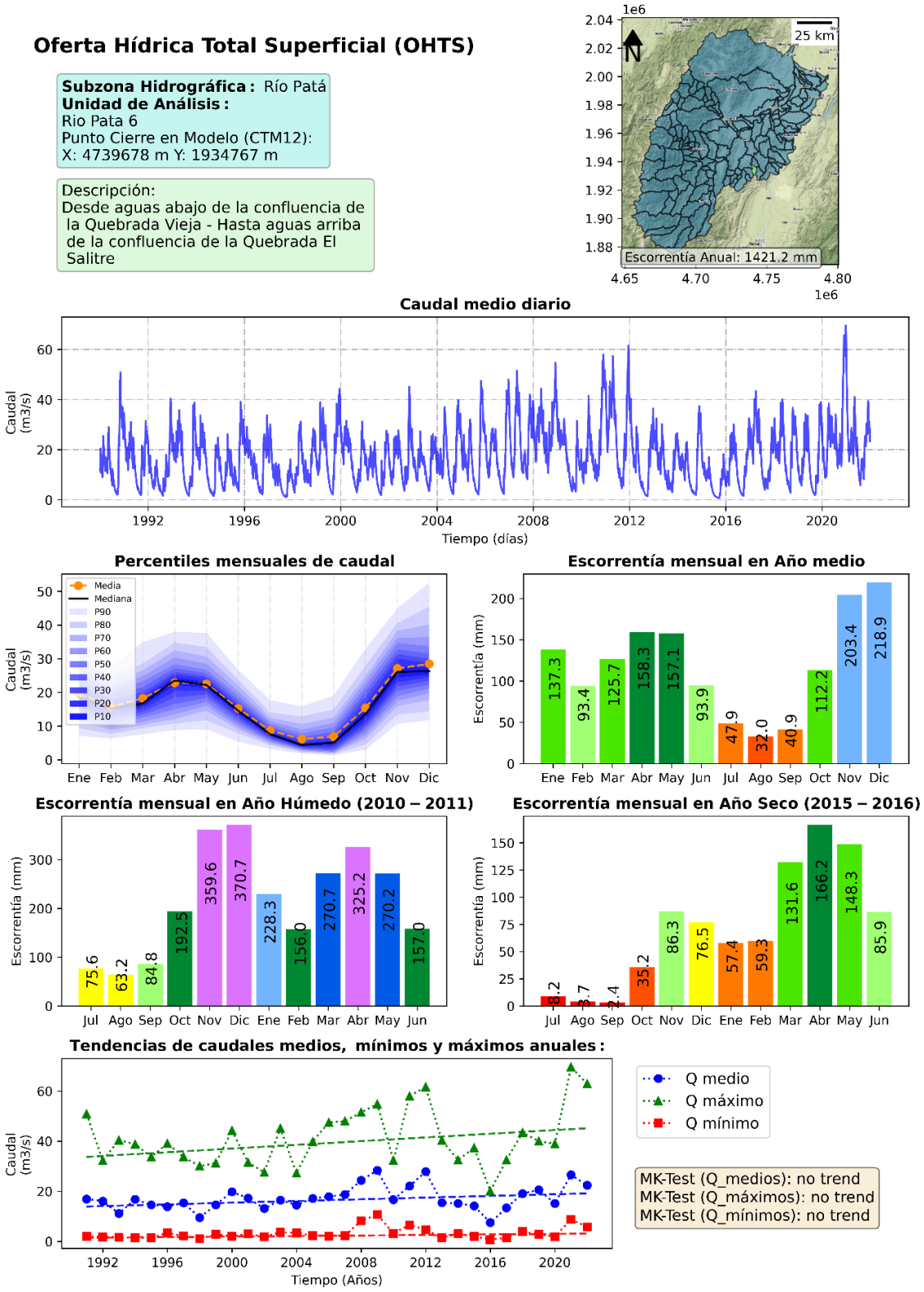


Figura 82. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Patá 6

8.7. Unidad de Análisis: Quebrada Vieja

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 85.6, 138.9 y 68.3 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 163.7 % de aumento, un 265.6 % de aumento, y un 130.6 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 18.2, 29.5 y 2.8 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 34.8, 56.5 y 5.3 % con relación al valor medio anual (Figura 83). La escorrentía anual es de 1,649.1 mm, con valores máximos mensuales de 229.3, 371.6, y 177.0 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 84).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
4.30	**1.55**	**2.74**	**7.38**	**1.55**	**5.82**	**2.67**	**0.39**	**2.28**

Tabla 47. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Vieja

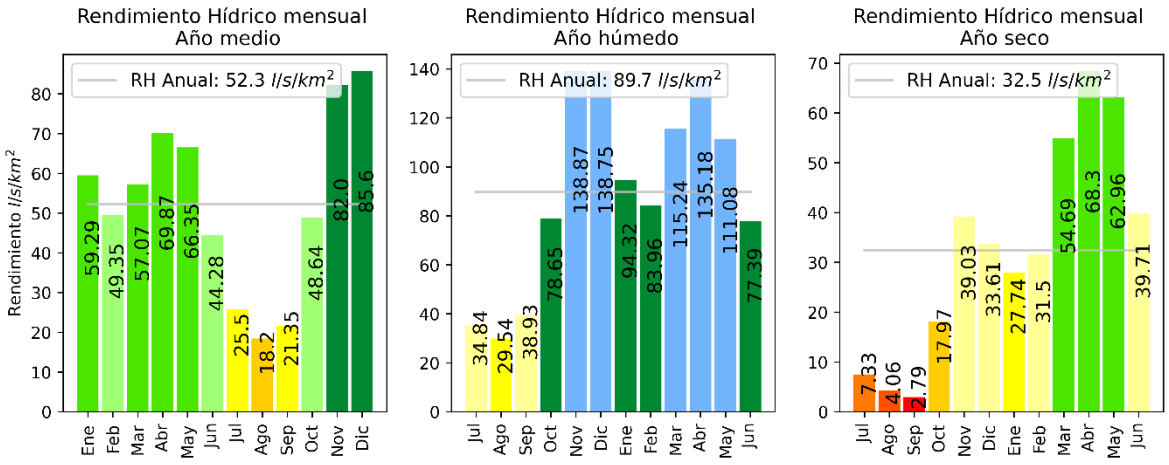


Figura 83. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Vieja

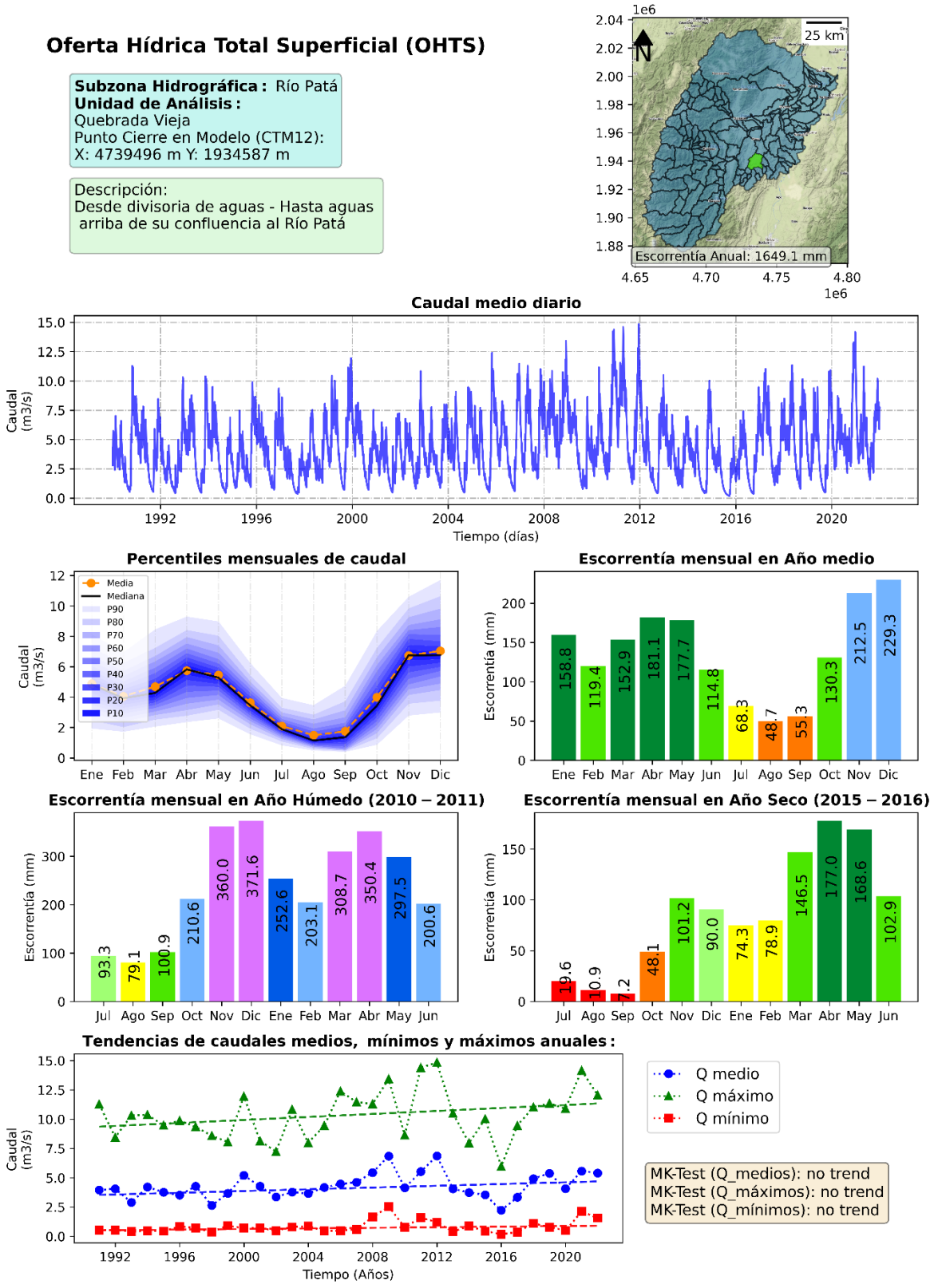


Figura 84. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Vieja

8.8. Unidad de Análisis: Rio Patá 5

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 88.8, 148.7 y 70.3 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 175.0 % de aumento, un 292.9 % de aumento, y un 138.5 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 14.9, 28.3 y 1.6 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 29.3, 55.7 y 3.1 % con relación al valor medio anual (Figura 85). La escorrentía anual es de 1,601.4 mm, con valores máximos mensuales de 237.9, 398.2, y 182.2 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 86).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
12.32	**4.13**	**8.19**	**21.79**	**4.13**	**17.66**	**7.53**	**0.81**	**6.72**

Tabla 48. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Patá 5

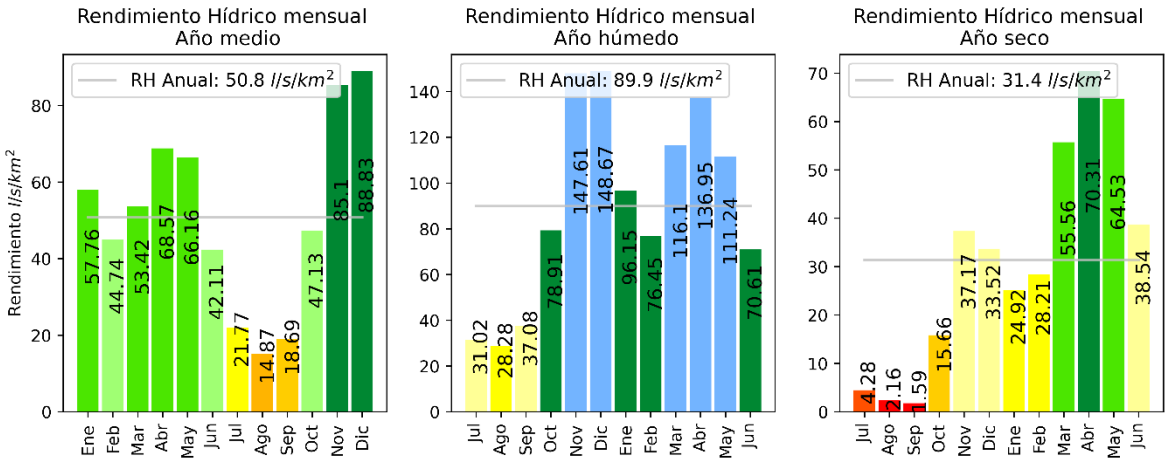


Figura 85. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Patá 5

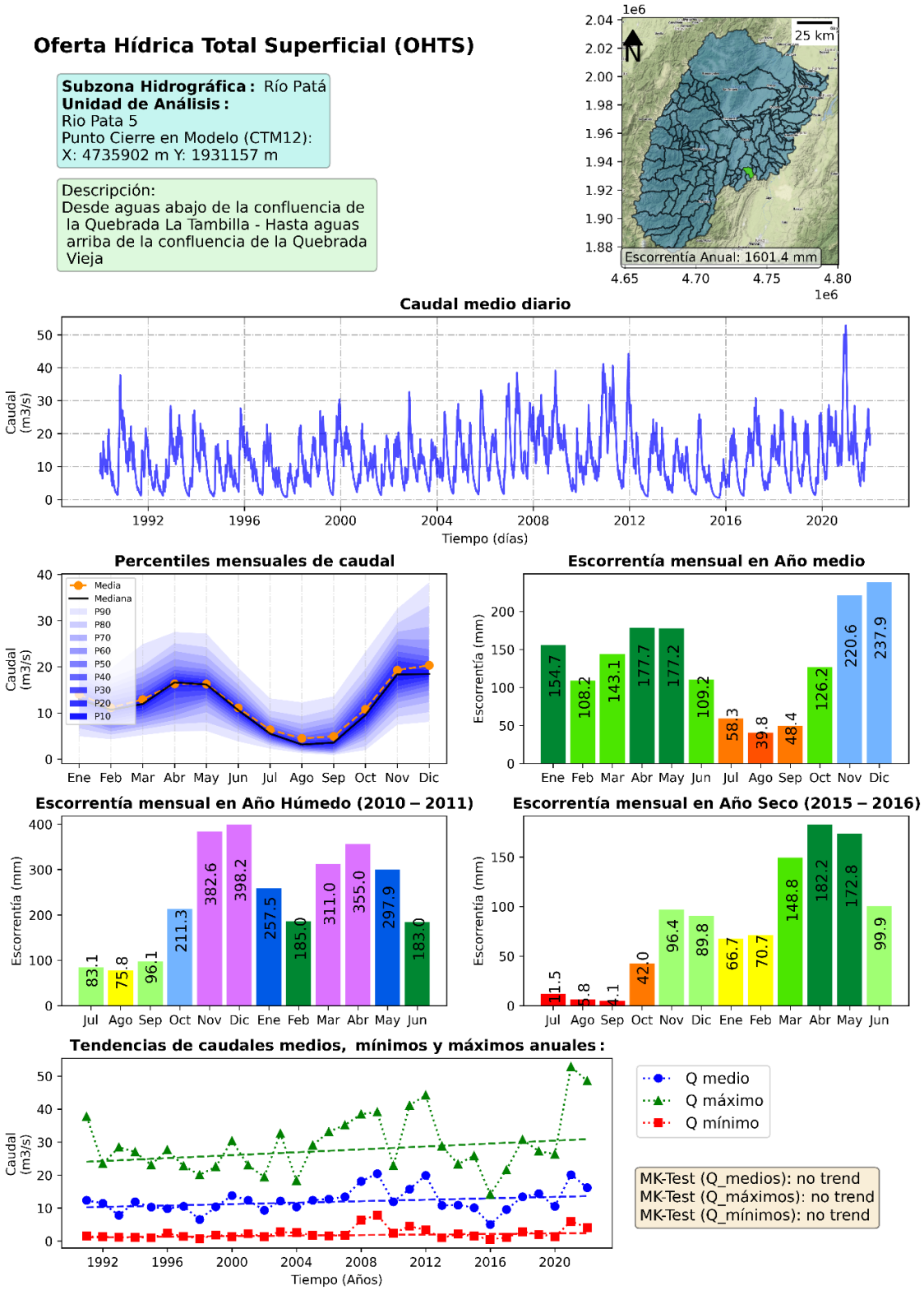


Figura 86. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Pata 5

8.9. Unidad de Análisis: Quebrada Tambilla

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 88.2, 156.3 y 74.9 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 174.2 % de aumento, un 308.6 % de aumento, y un 147.9 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 14.4, 29.4 y 1.2 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 28.4, 58.1 y 2.3 % con relación al valor medio anual (Figura 87). La escorrentía anual es de 1,597.3 mm, con valores máximos mensuales de 236.2, 418.5, y 194.1 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 88).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
0.74	**0.20**	**0.54**	**1.32**	**0.20**	**1.13**	**0.45**	**0.03**	**0.43**

Tabla 49. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Tambilla

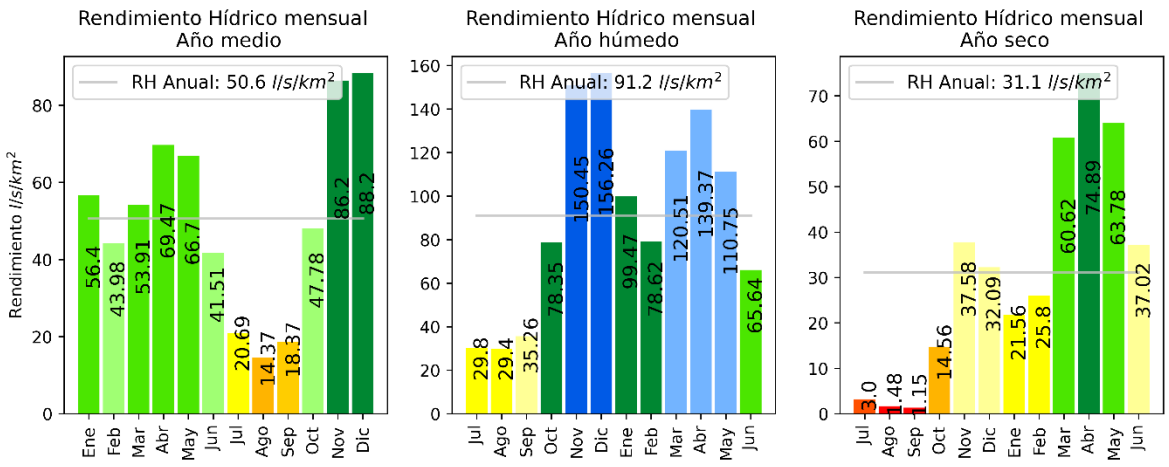


Figura 87. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Tambilla

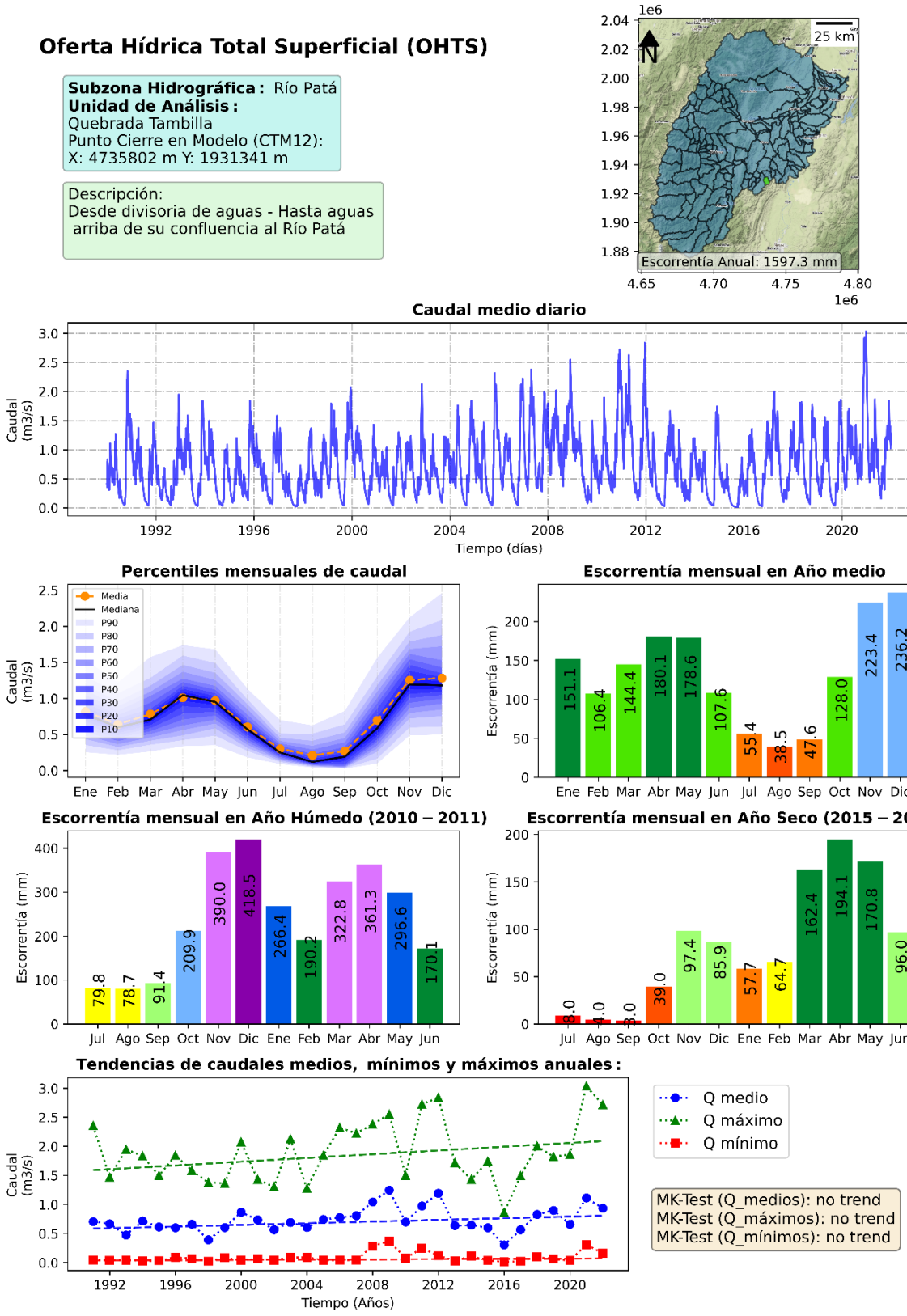


Figura 88. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Tambilla

8.10. Unidad de Análisis: Rio Patá 4

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 88.4, 162.2 y 79.0 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 170.1 % de aumento, un 312.3 % de aumento, y un 152.1 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 15.8, 32.6 y 2.4 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 30.3, 62.7 y 4.7 % con relación al valor medio anual (Figura 89). La escorrentía anual es de 1,638.7 mm, con valores máximos mensuales de 236.7, 434.5, y 204.7 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas en los caudales mínimos anuales, y no se identifican tendencias en los caudales medios y máximos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 90).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
10.06	**3.44**	**6.62**	**17.77**	**3.44**	**14.32**	**6.14**	**0.71**	**5.42**

Tabla 50. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Patá 4

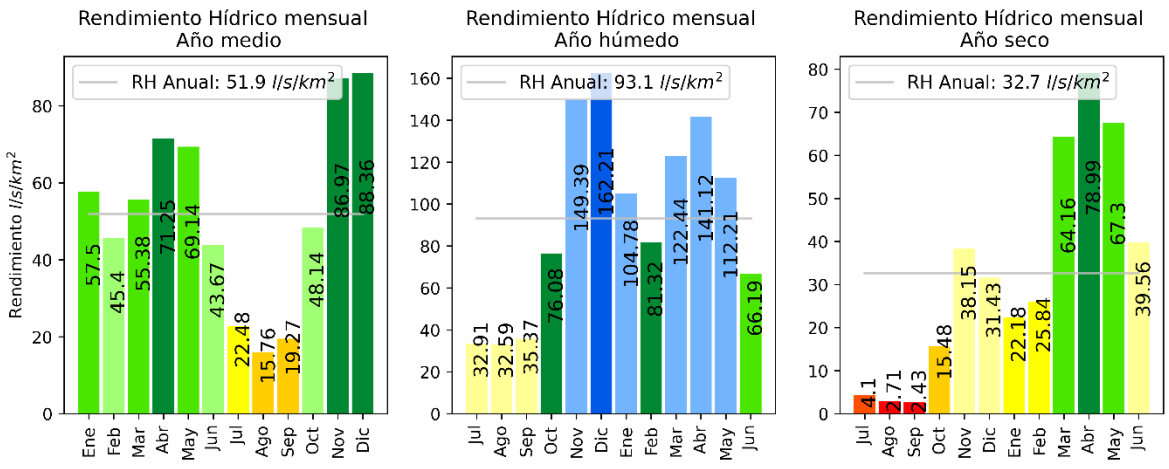


Figura 89. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Patá 4

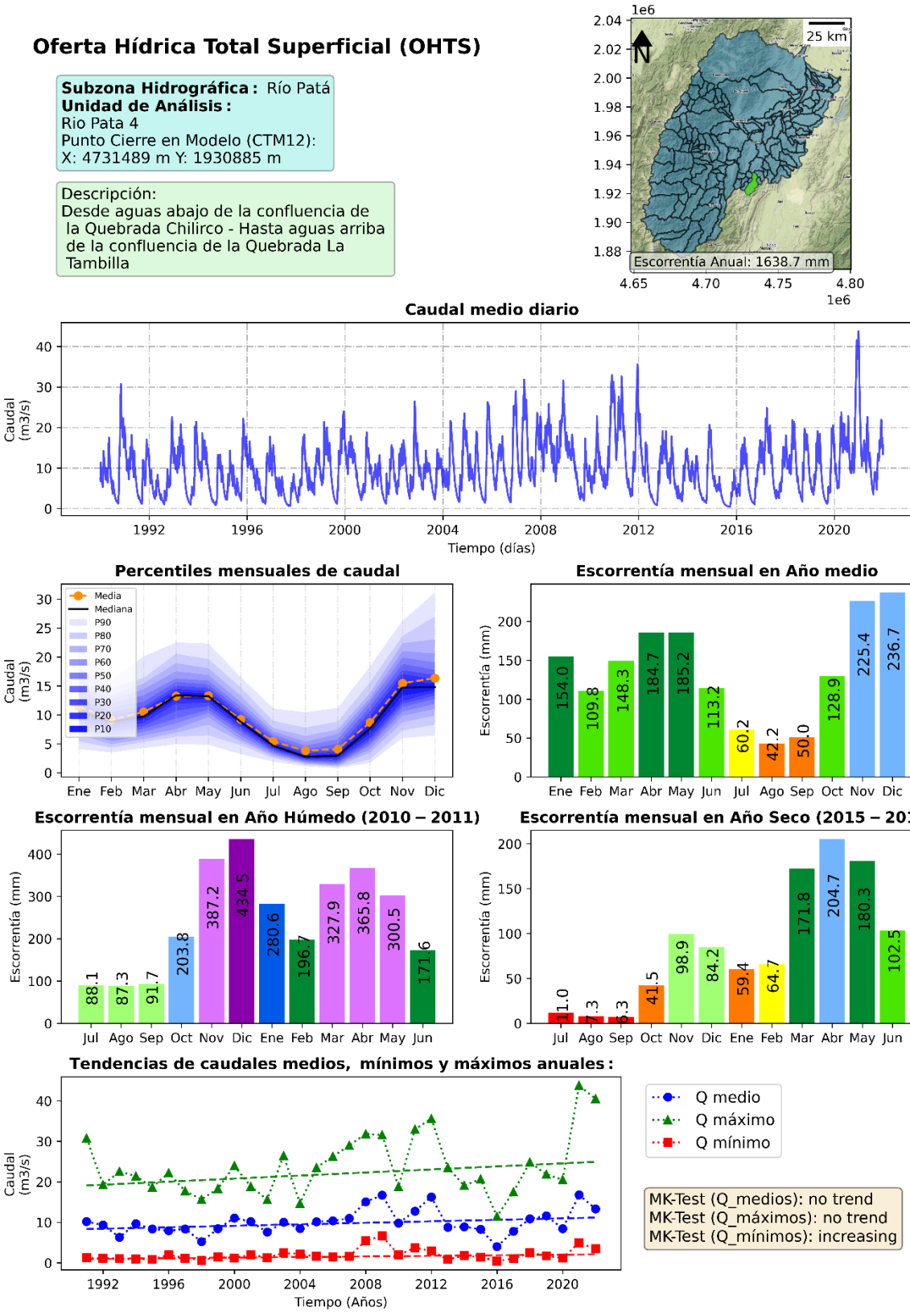


Figura 90. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Patá 4

8.11. Unidad de Análisis: Quebrada Chilirco

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 93.8, 156.9 y 75.6 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 171.3 % de aumento, un 286.5 % de aumento, y un 138.0 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 16.8, 31.8 y 2.9 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 30.6, 58.1 y 5.3 % con relación al valor medio anual (Figura 91). La escorrentía anual es de 1,728.0 mm, con valores máximos mensuales de 251.3, 420.3, y 196.8 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas al incremento de los caudales medios y mínimos anuales, y los caudales máximos anuales no evidencian tendencias según la prueba Mann-Kendall (Figura 92).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
0.98	**0.30**	**0.68**	**1.73**	**0.30**	**1.43**	**0.64**	**0.07**	**0.56**

Tabla 51. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Chilirco

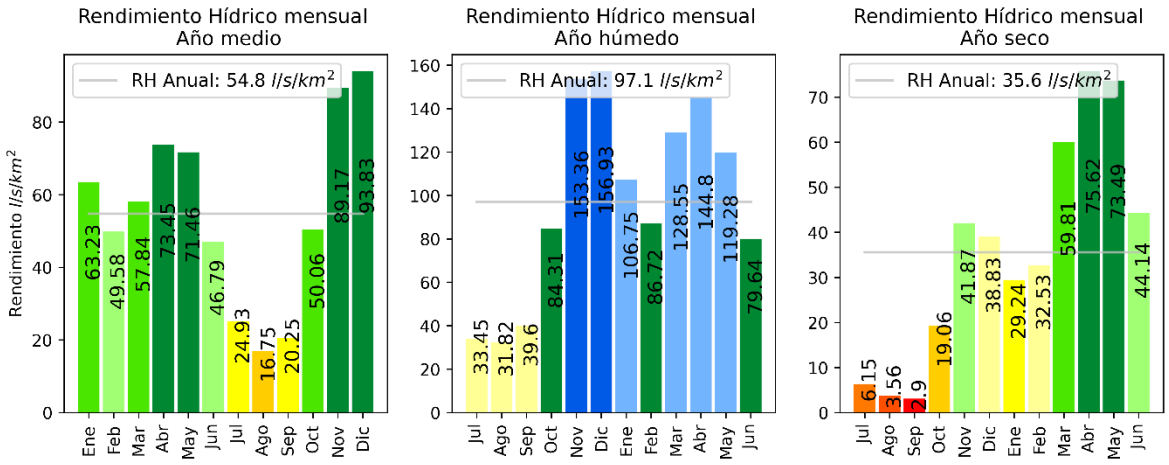


Figura 91. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Chilirco

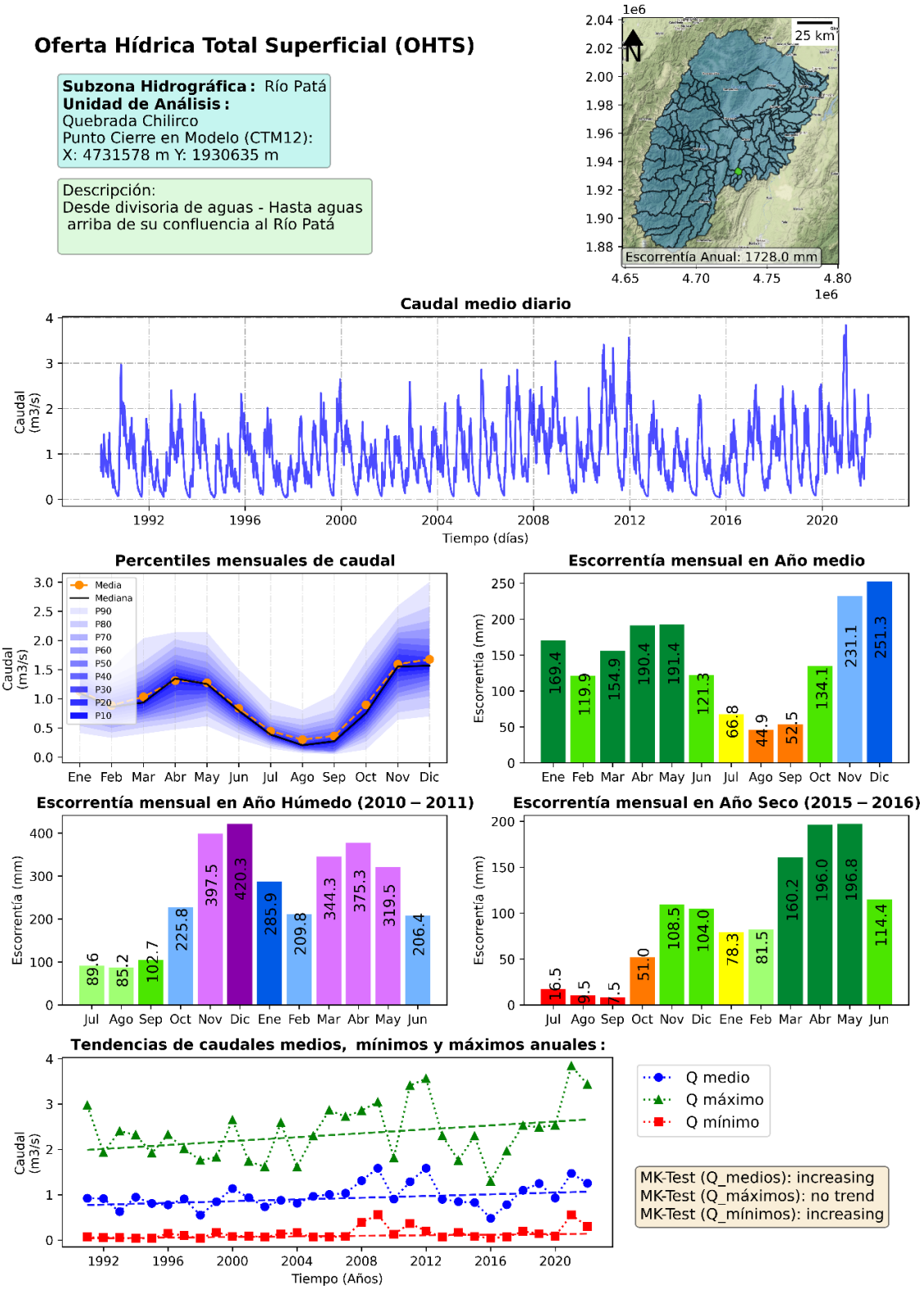


Figura 92. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Chilirco

8.12. Unidad de Análisis: Rio Patá 3

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 93.1, 164.1 y 79.5 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 170.8 % de aumento, un 300.9 % de aumento, y un 145.9 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 17.6, 33.9 y 3.3 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 32.2, 62.1 y 6.1 % con relación al valor medio anual (Figura 93). La escorrentía anual es de 1,720.6 mm, con valores máximos mensuales de 249.4, 439.5, y 206.2 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas en los caudales mínimos anuales, y no se identifican tendencias en los caudales medios y máximos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 94).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
5.45	**2.10**	**3.35**	**9.52**	**2.10**	**7.42**	**3.21**	**0.43**	**2.78**

Tabla 52. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Patá 3

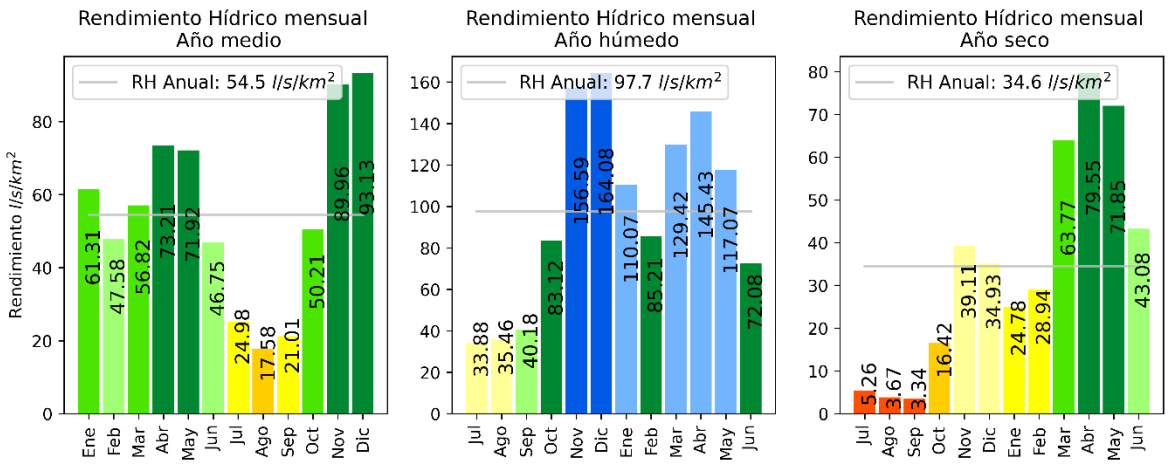


Figura 93. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Patá 3

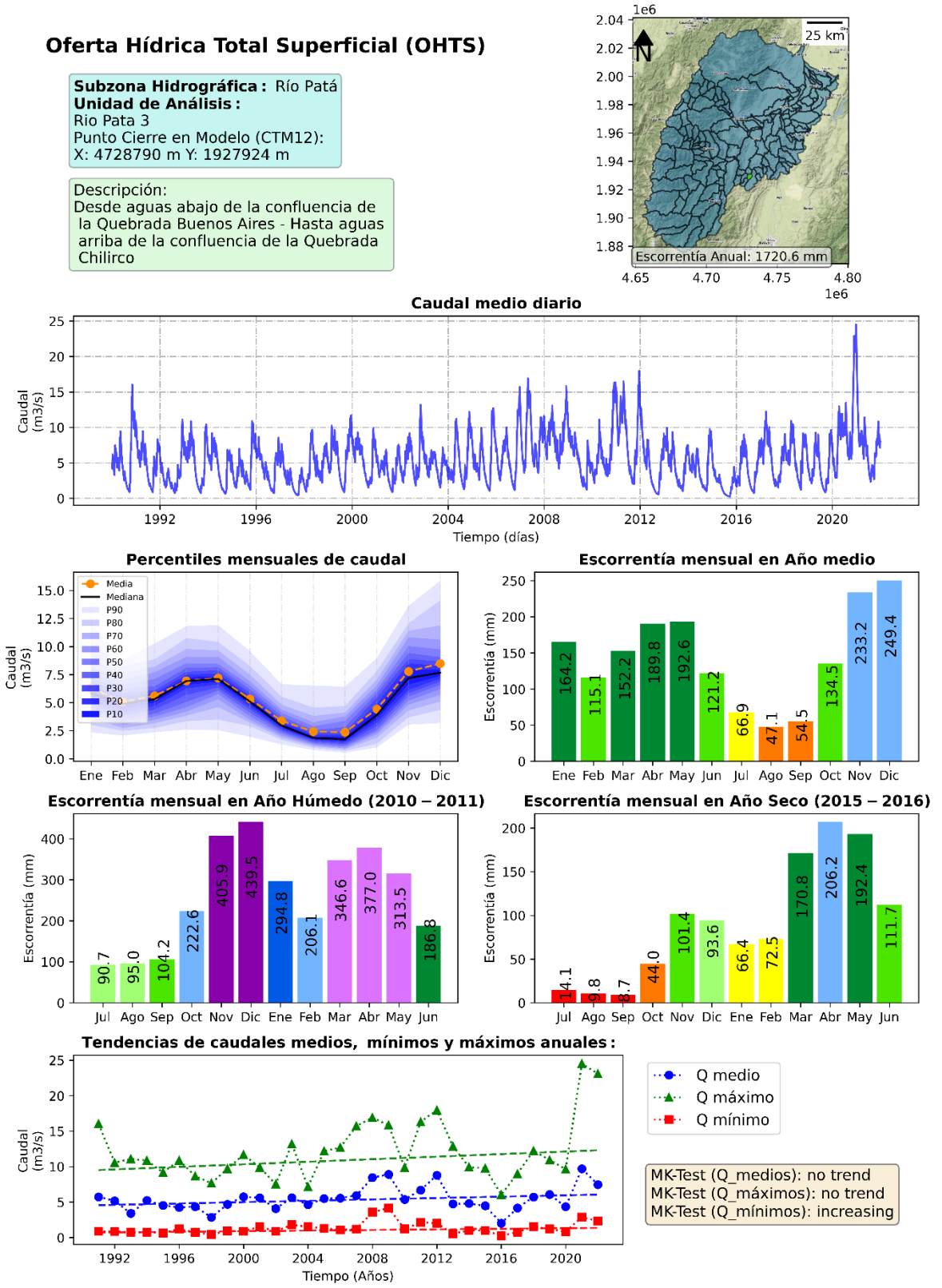


Figura 94. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Patá 3

8.13. Unidad de Análisis: Quebrada Buenos Aires

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 86.1, 161.9 y 78.8 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 161.3 % de aumento, un 303.4 % de aumento, y un 147.7 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 20.3, 36.8 y 3.4 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 38.1, 69.0 y 6.4 % con relación al valor medio anual (Figura 95). (). La escorrentía anual es de 1,683.7 mm, con valores máximos mensuales de 230.6, 433.7, y 204.4 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas en los caudales mínimos anuales, y no se identifican tendencias en los caudales medios y máximos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 96).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
0.90	**0.30**	**0.61**	**1.61**	**0.30**	**1.31**	**0.55**	**0.07**	**0.48**

Tabla 53. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Buenos Aires

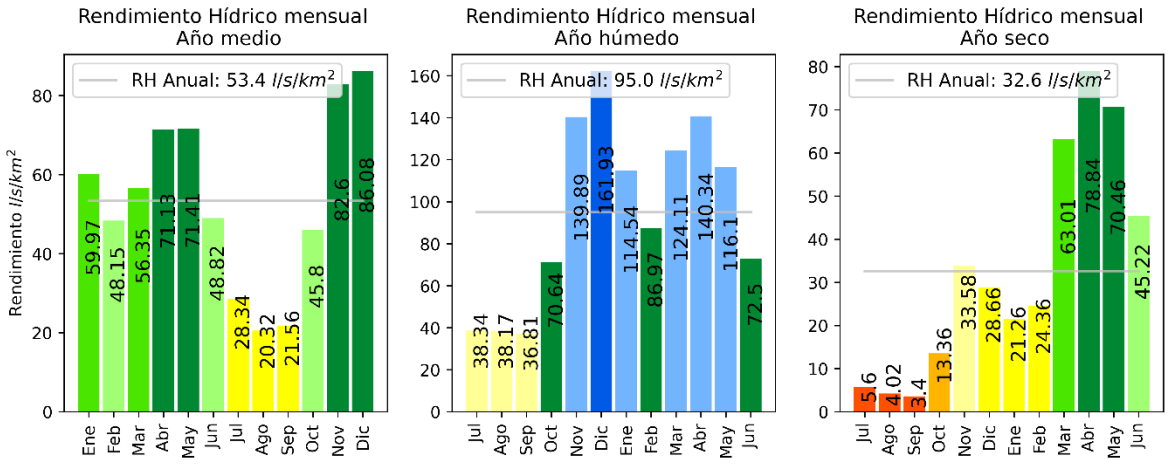


Figura 95. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Buenos Aires

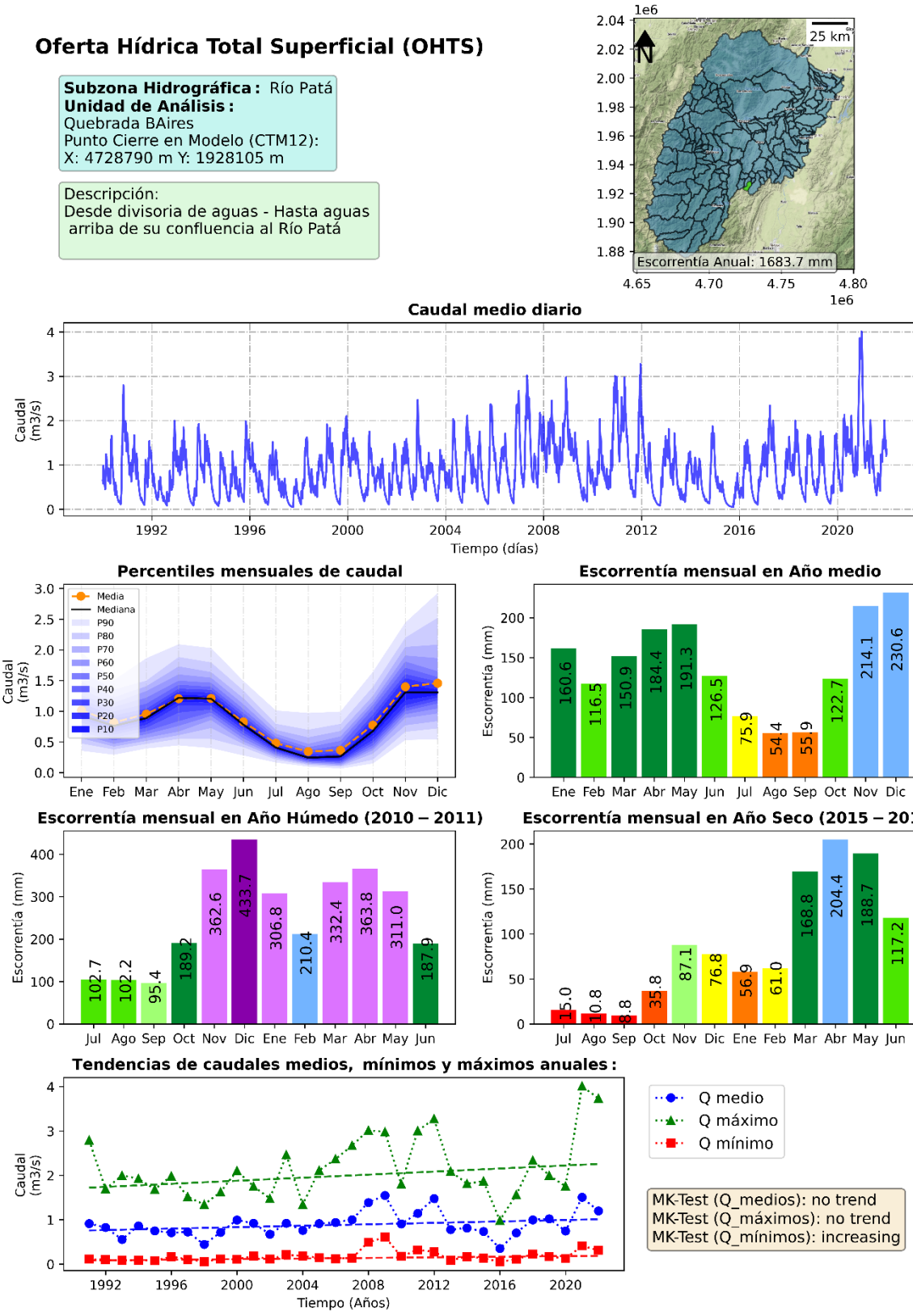


Figura 96. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Buenos Aires

8.14. Unidad de Análisis: Rio Patá 2

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 89.4, 154.9 y 76.9 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 151.7 % de aumento, un 262.7 % de aumento, y un 130.4 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 27.1, 45.6 y 3.5 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 46.0, 77.3 y 6.0 % con relación al valor medio anual (Figura 97). La escorrentía anual es de 1,859.9 mm, con valores máximos mensuales de 239.5, 415.0, y 205.9 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 98).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
4.08	**1.64**	**2.43**	**7.07**	**1.64**	**5.42**	**2.36**	**0.33**	**2.04**

Tabla 54. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Patá 2

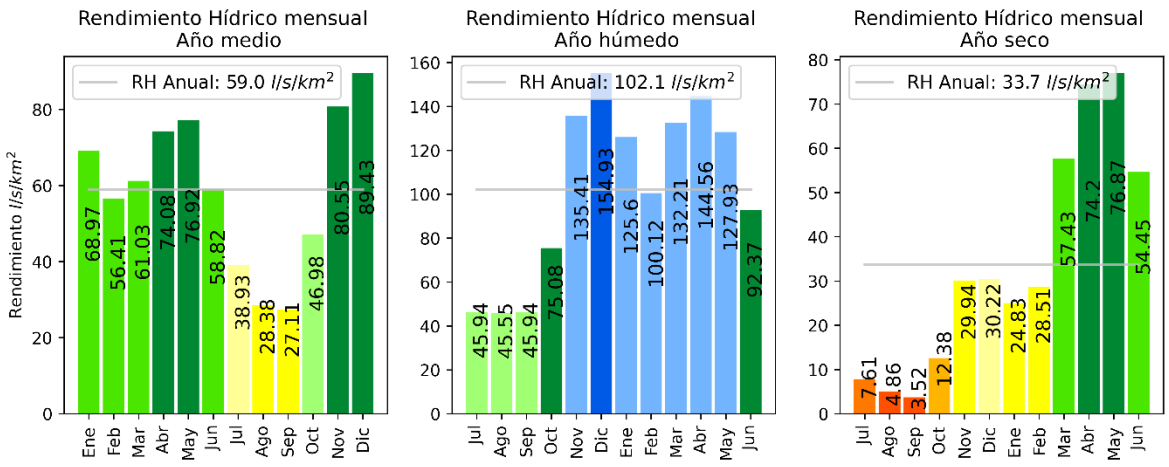


Figura 97. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Patá 2

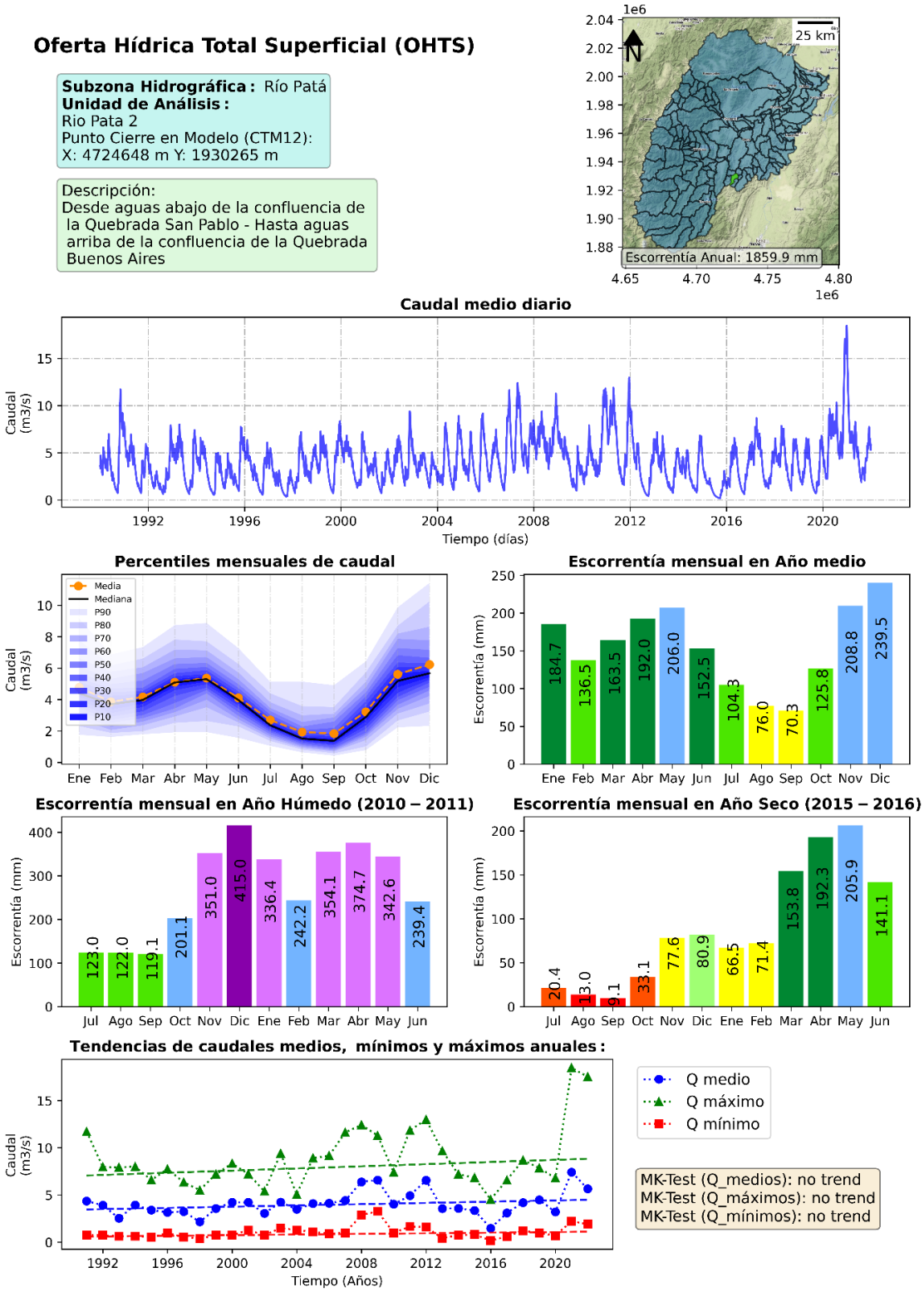


Figura 98. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Patá 2

8.15. Unidad de Análisis: Quebrada San Pablo

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 92.6, 157.6 y 82.2 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 159.7 % de aumento, un 271.8 % de aumento, y un 141.8 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 24.4, 42.9 y 1.2 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 42.1, 74.0 y 2.1 % con relación al valor medio anual (Figura 99). La escorrentía anual es de 1,829.2 mm, con valores máximos mensuales de 248.0, 422.2, y 220.2 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 100).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
1.32	**0.48**	**0.84**	**2.31**	**0.48**	**1.83**	**0.77**	**0.05**	**0.72**

Tabla 55. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada San Pablo

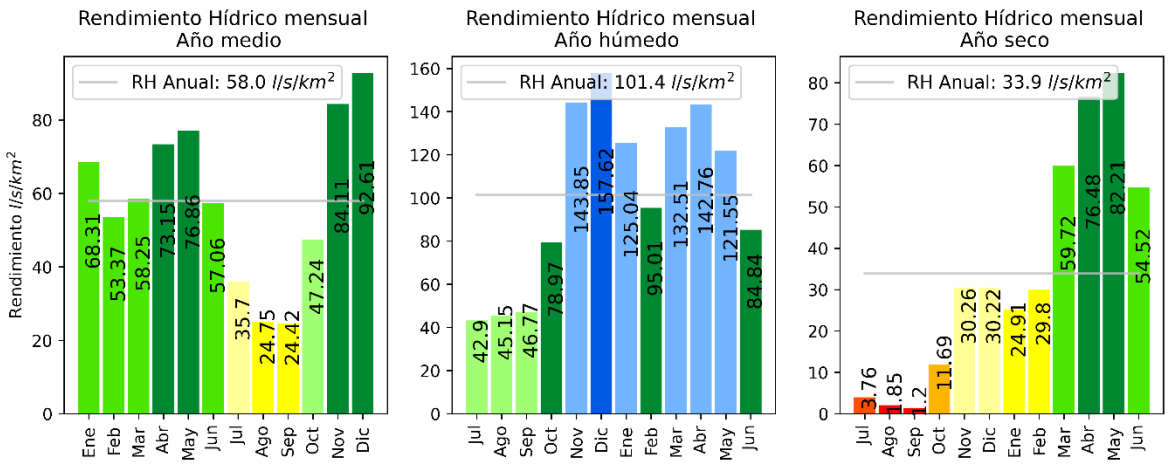


Figura 99. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada San Pablo

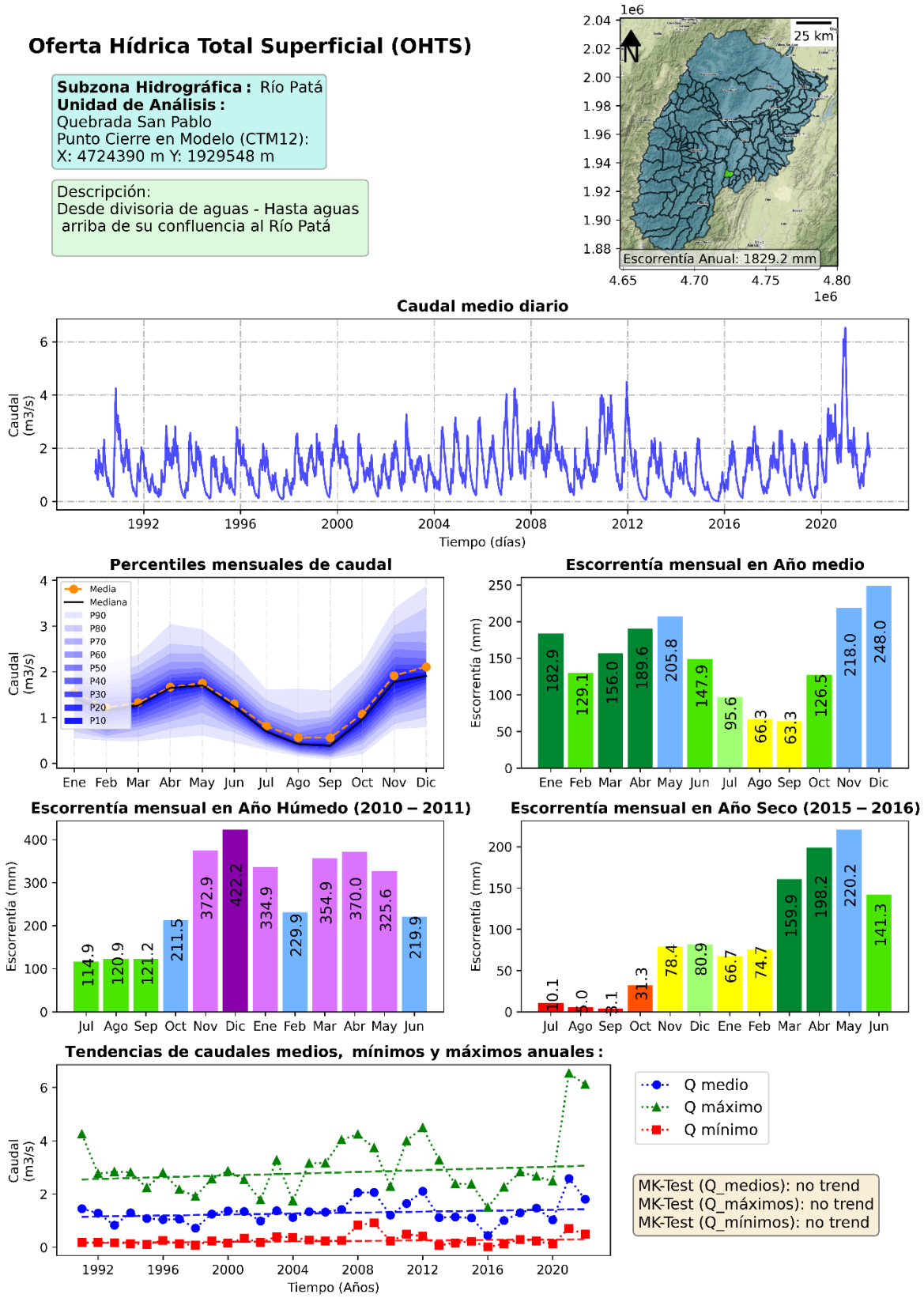


Figura 100. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada San Pablo

8.16. Unidad de Análisis: Rio Patá 1

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 78.3, 140.2 y 71.7 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 147.8 % de aumento, un 264.8 % de aumento, y un 135.5 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 24.7, 40.9 y 3.9 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 46.6, 77.3 y 7.3 % con relación al valor medio anual (Figura 101). La escorrentía anual es de 1,670.1 mm, con valores máximos mensuales de 209.6, 375.5, y 192.1 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas en los caudales mínimos anuales, y no se identifican tendencias en los caudales medios y máximos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 102).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
1.54	**0.65**	**0.90**	**2.66**	**0.65**	**2.01**	**0.90**	**0.16**	**0.74**

Tabla 56. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Patá 1

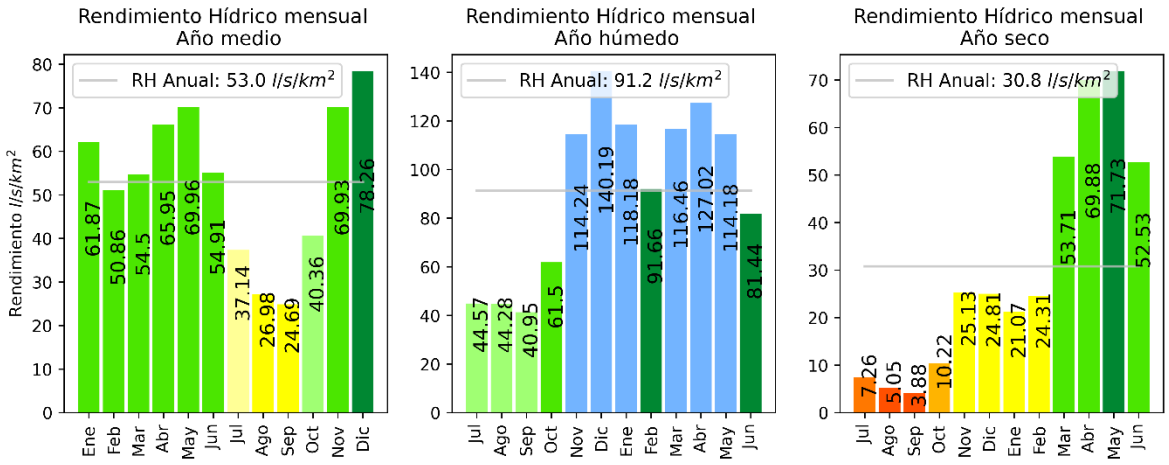


Figura 101. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Patá 1

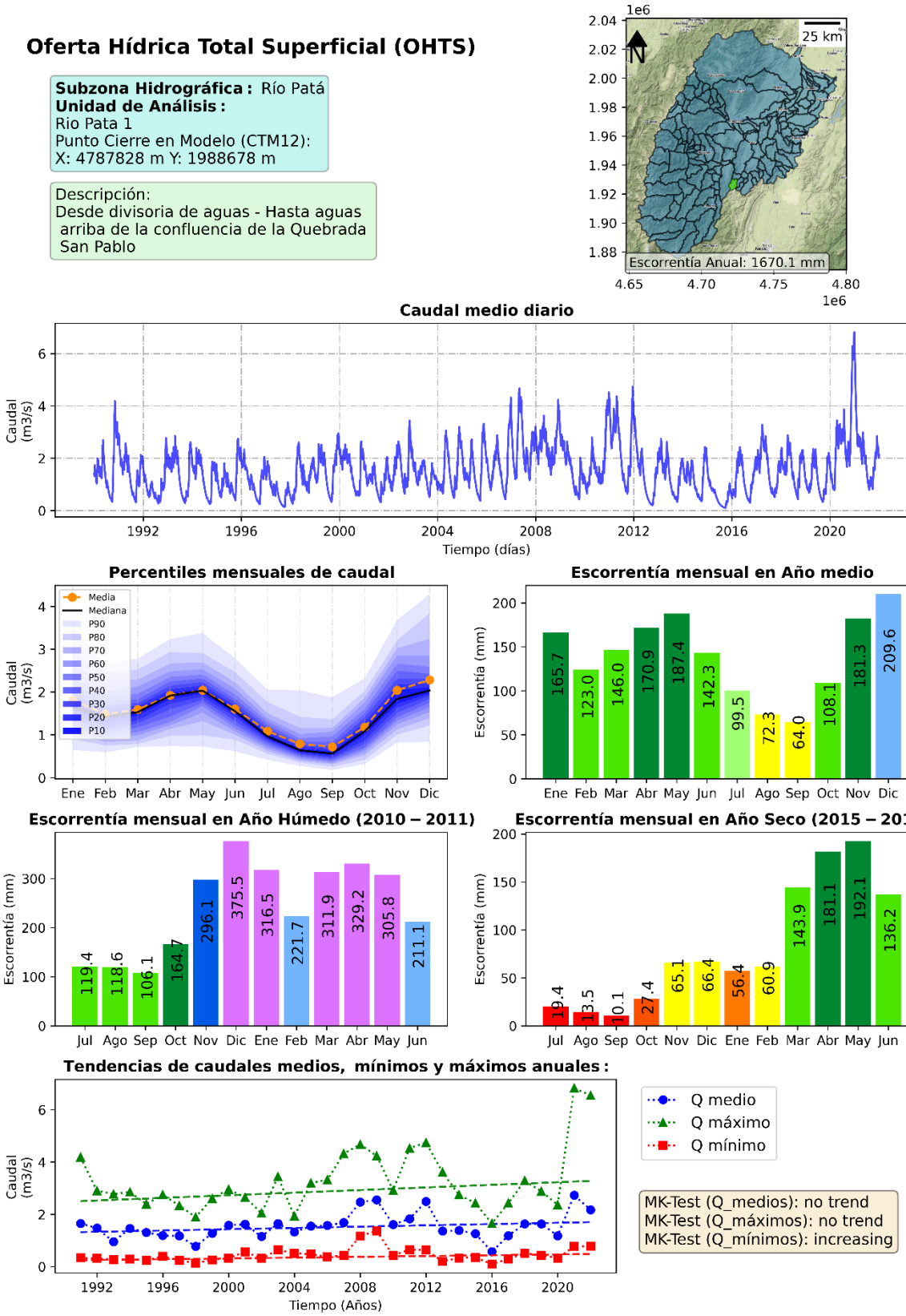


Figura 102. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Patá 1

9. OHTS y OHTD en la Subzona Hidrográfica Anchique, Chenche y Directos al Magdalena

9.1. Unidad de Análisis: Directos Magdalena Anchique Chenche

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 17.1, 30.8 y 10.7 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 160.9 % de aumento, un 289.9 % de aumento, y un 101.0 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 4.6, 8.2 y 2.2 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 43.3, 76.9 y 21.2 % con relación al valor medio anual (Figura 103). La escorrentía anual es de 335.2 mm, con valores máximos mensuales de 44.7, 79.8, y 27.8 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 104).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
2.96	**1.20**	**1.76**	**4.37**	**1.20**	**3.17**	**1.78**	**0.76**	**1.01**

Tabla 57. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Directos Magdalena Anchique Chenche

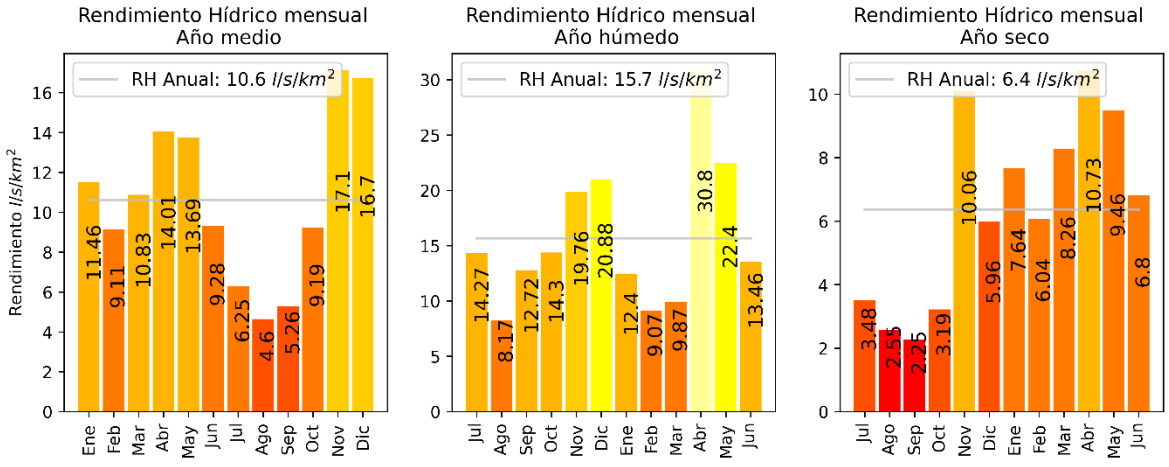


Figura 103. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Directos Magdalena Anchique Chenche

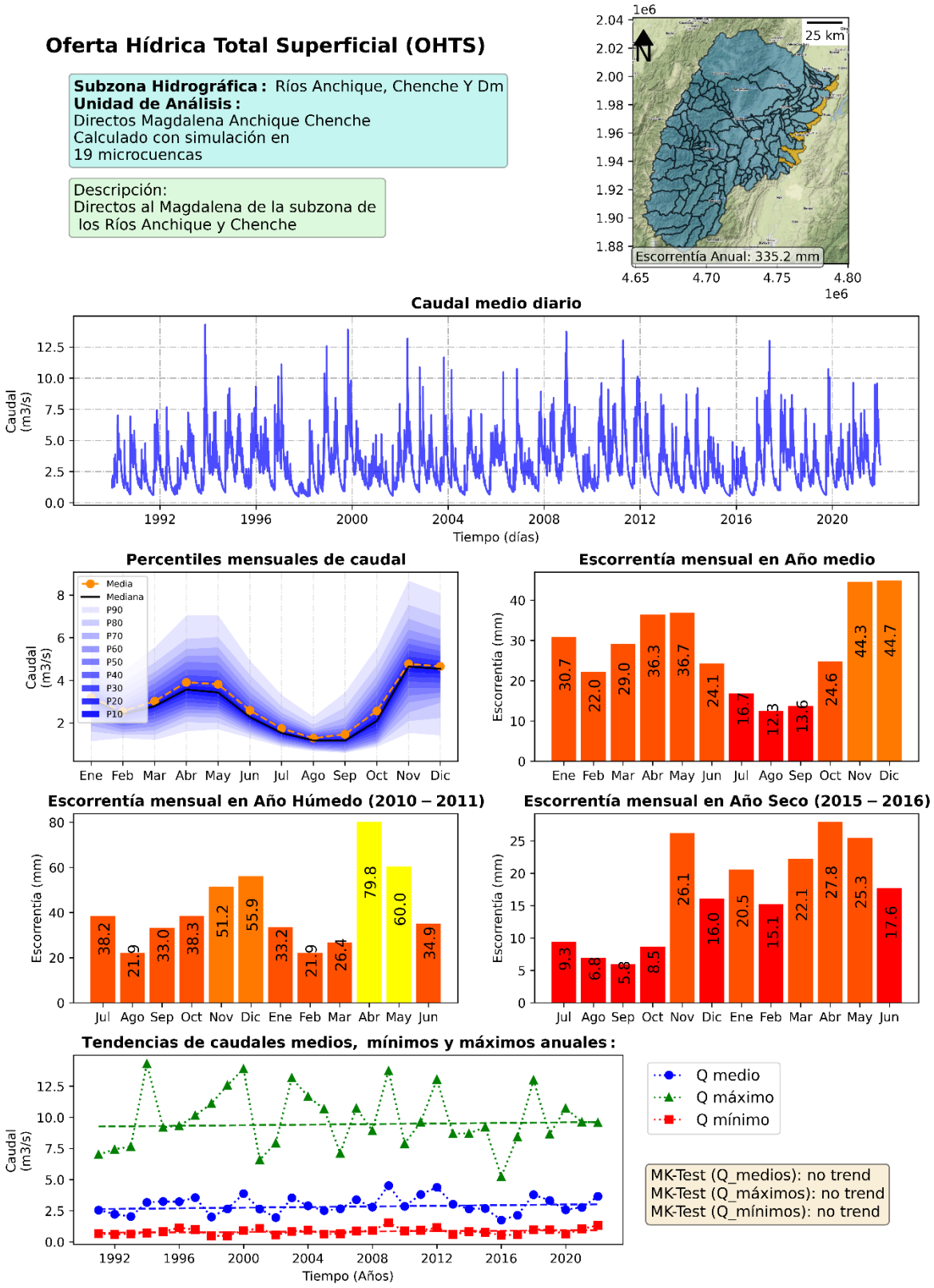


Figura 104. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Directos Magdalena Anchique Chenche

9.2. Unidad de Análisis: Rio Chenche 6

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 44.1, 81.1 y 47.1 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 142.3 % de aumento, un 261.5 % de aumento, y un 152.0 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 17.8, 25.1 y 9.7 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 57.5, 81.1 y 31.3 % con relación al valor medio anual (Figura 105). La escorrentía anual es de 978.0 mm, con valores máximos mensuales de 118.1, 210.1, y 124.5 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 106).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
9.71	**5.45**	**4.26**	**13.76**	**5.45**	**8.31**	**7.26**	**4.06**	**3.20**

Tabla 58. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Chenche 6

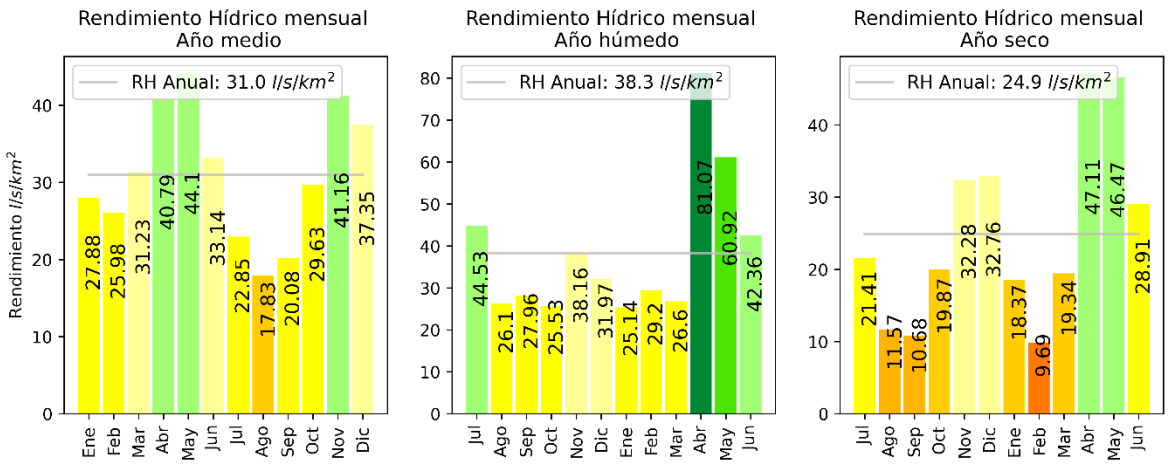


Figura 105. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Chenche 6

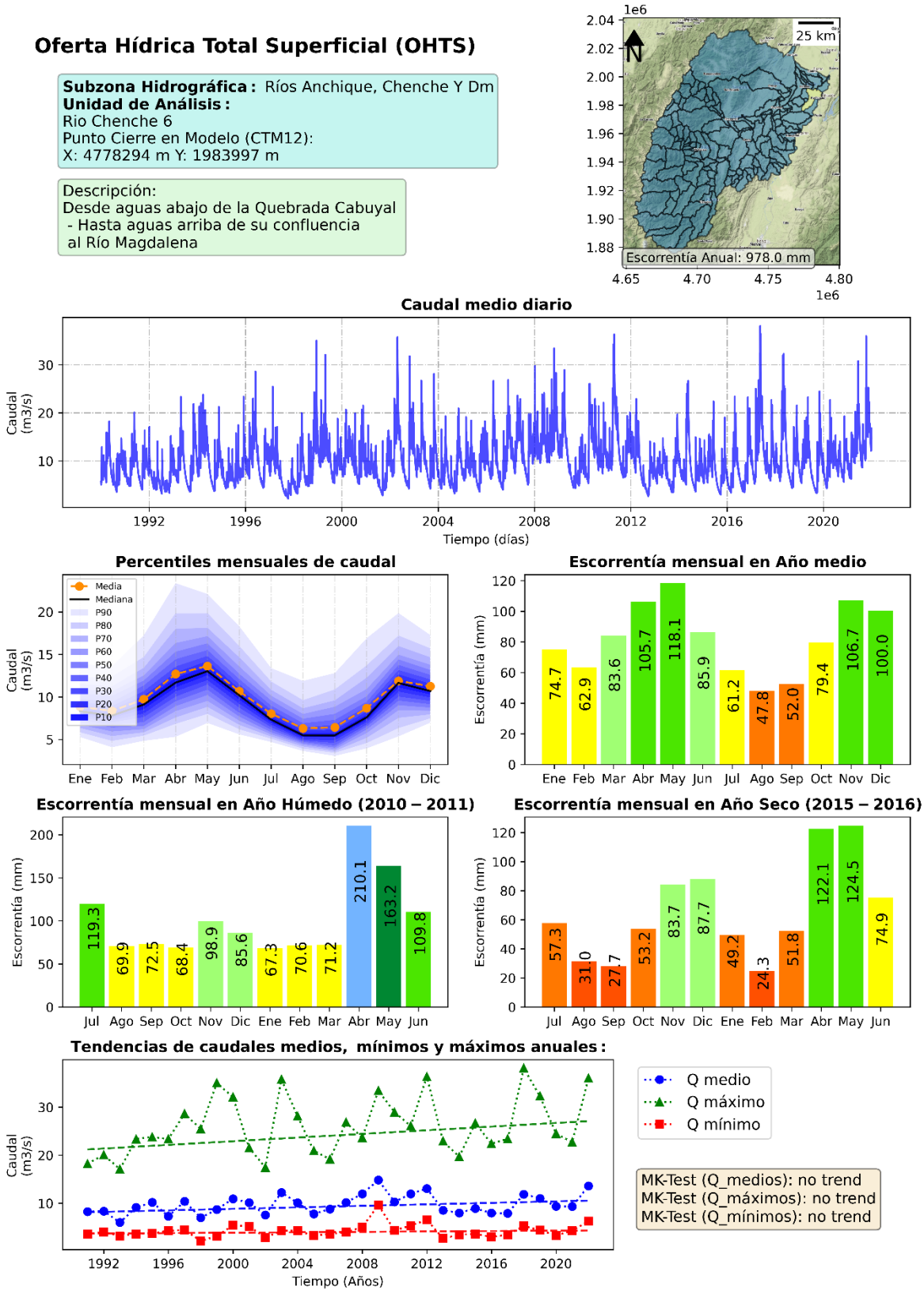


Figura 106. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Chenche 6

9.3. Unidad de Análisis: Quebrada Cabuyal

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 36.9, 59.0 y 38.2 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 141.2 % de aumento, un 226.0 % de aumento, y un 146.3 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 16.2, 17.8 y 9.6 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 62.2, 68.2 y 36.7 % con relación al valor medio anual (*Figura 107* La escorrentía anual es de 823.4 mm, con valores máximos mensuales de 98.7, 158.0, y 102.3 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 108).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
0.87	**0.50**	**0.37**	**1.05**	**0.50**	**0.54**	**0.71**	**0.35**	**0.35**

Tabla 59. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Cabuyal

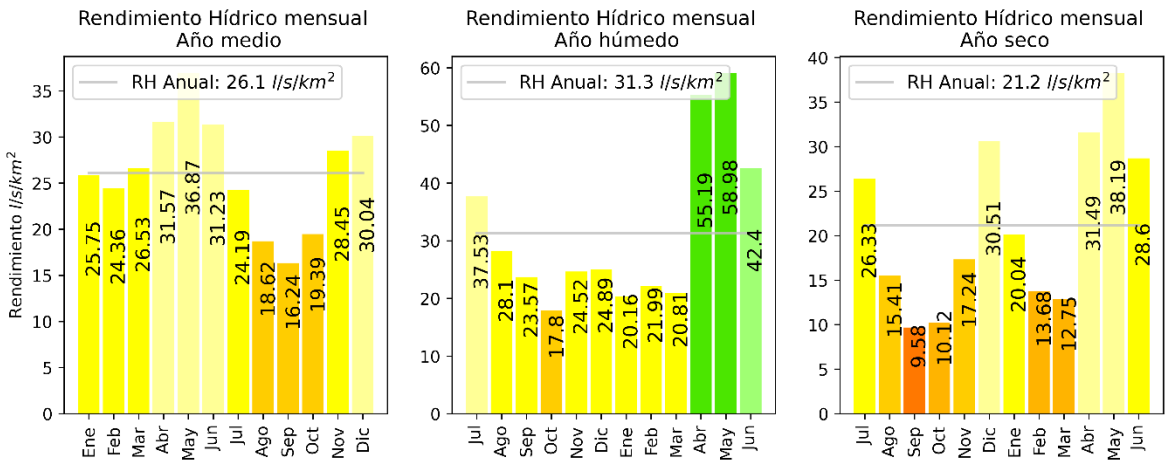


Figura 107. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Cabuyal

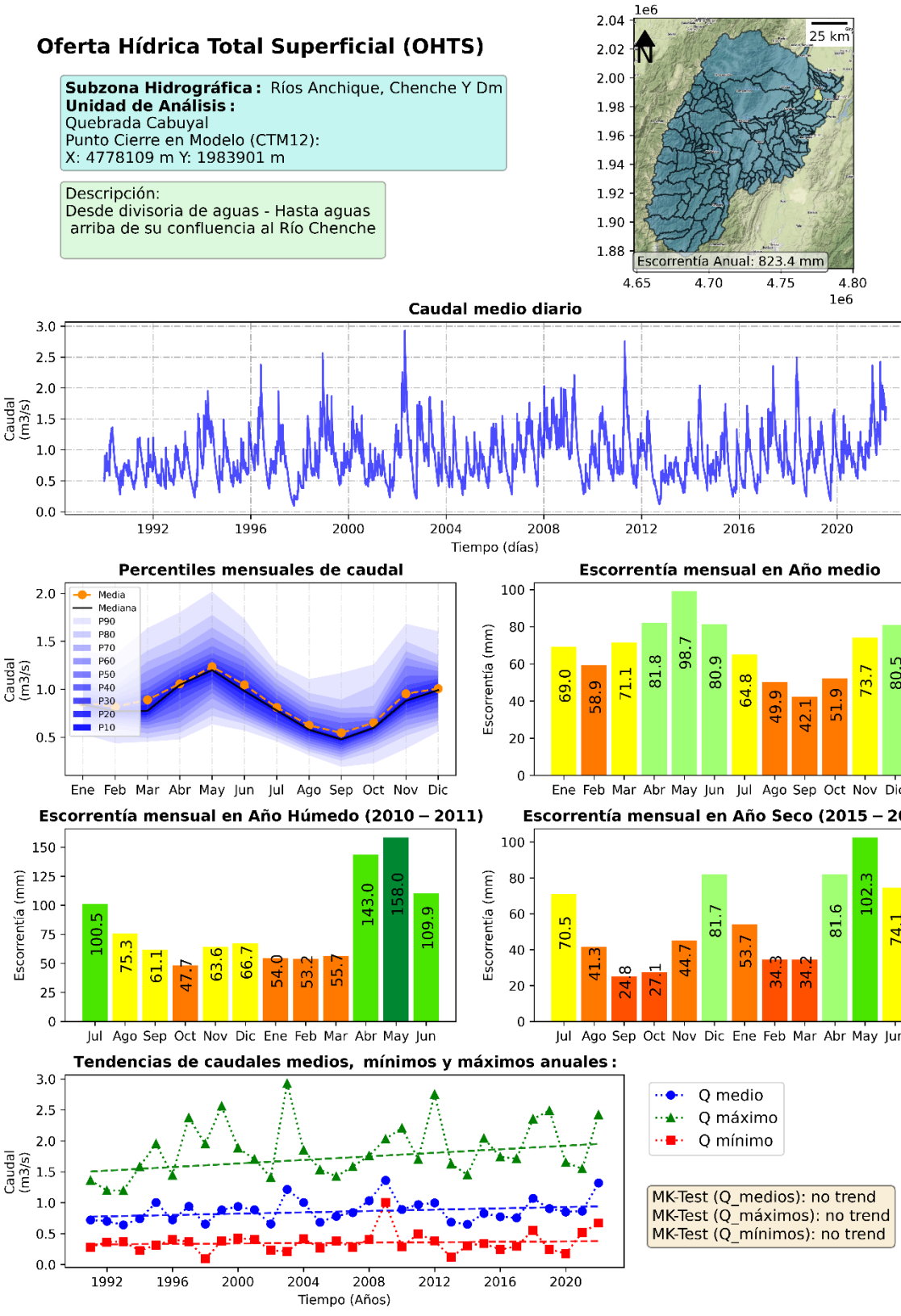


Figura 108. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Cabuyal

9.4. Unidad de Análisis: Rio Chenche 5

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 144.4, 305.1 y 152.4 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 146.3 % de aumento, un 309.1 % de aumento, y un 154.5 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 56.5, 57.0 y 25.8 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 57.2, 57.8 y 26.2 % con relación al valor medio anual (Figura 109). (). La escorrentía anual es de 3,112.1 mm, con valores máximos mensuales de 386.6, 790.7, y 395.1 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 110).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
5.91	**3.32**	**2.59**	**9.10**	**3.32**	**5.78**	**4.20**	**2.54**	**1.66**

Tabla 60. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Chenche 5

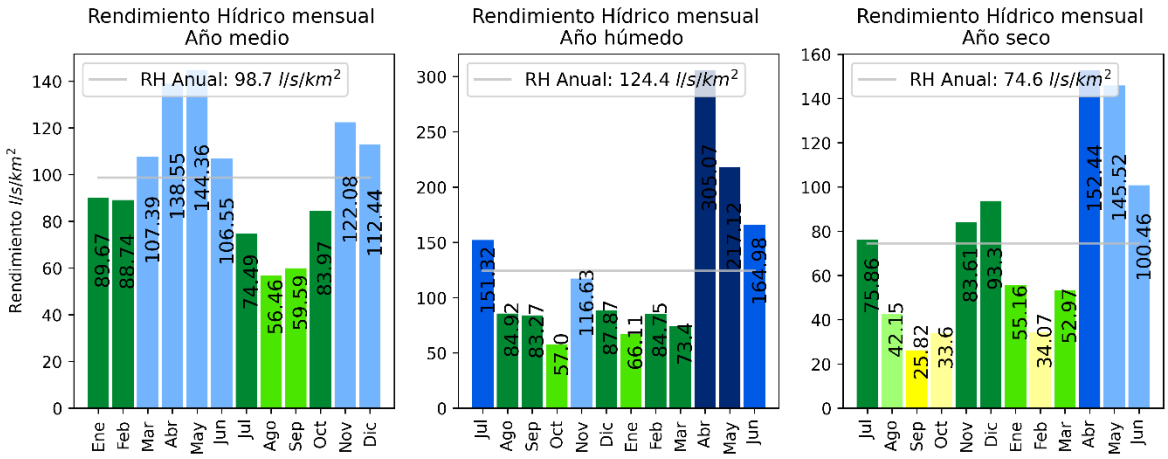


Figura 109. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Chenche 5

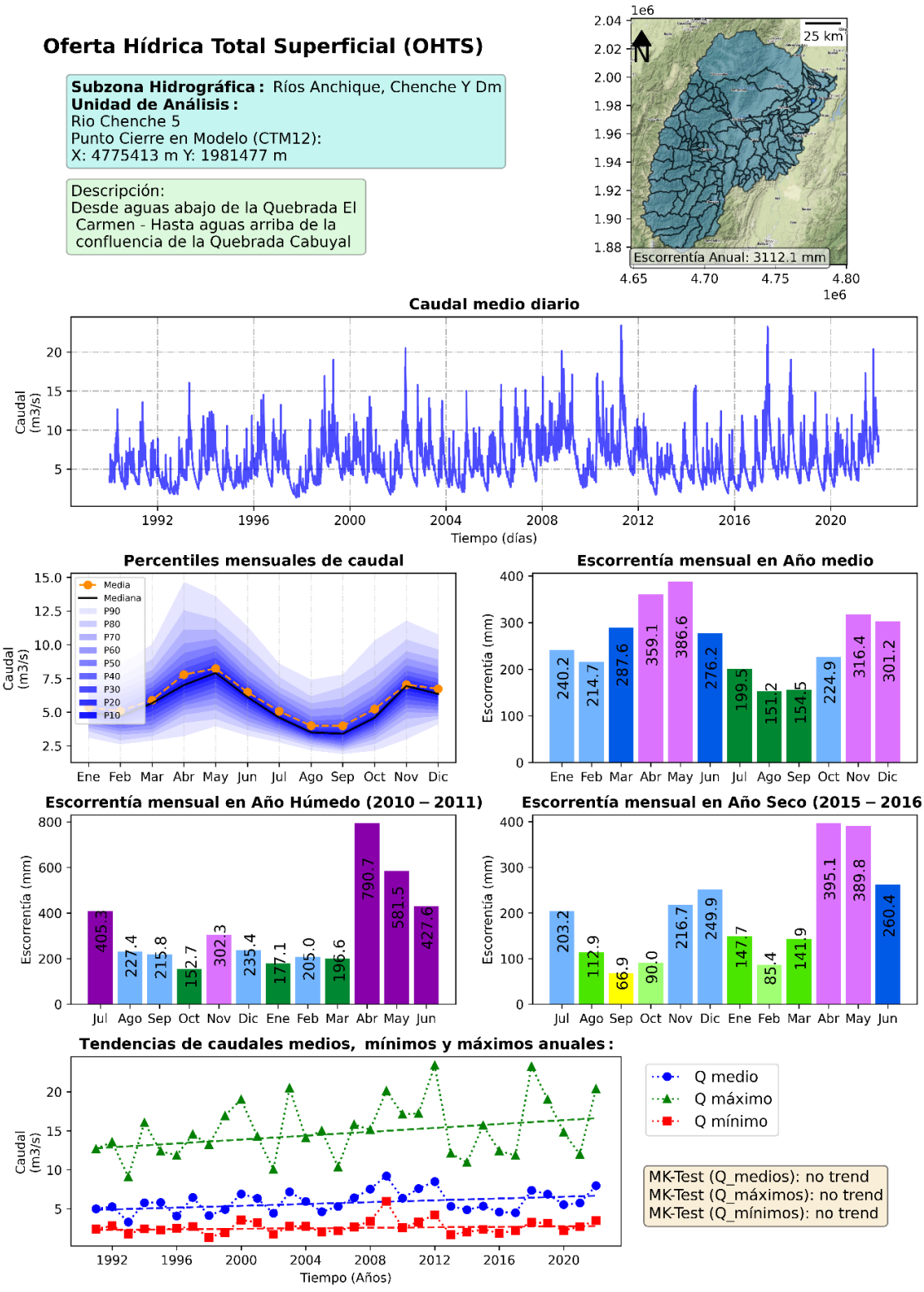


Figura 110. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Chenche 5

9.5. Unidad de Análisis: Quebrada Carmen

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 2.5, 5.1 y 3.3 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 180.0 % de aumento, un 362.6 % de aumento, y un 237.7 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 0.6, 0.5 y 0.2 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 41.6, 33.0 y 12.4 % con relación al valor medio anual (Figura 111). La escorrentía anual es de 44.5 mm, con valores máximos mensuales de 6.8, 13.2, y 9.0 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas al incremento de los caudales medios anuales, y no se identifican tendencias en los caudales máximos y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 112).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
0.06	**0.01**	**0.05**	**0.07**	**0.01**	**0.06**	**0.05**	**0.01**	**0.04**

Tabla 61. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Carmen

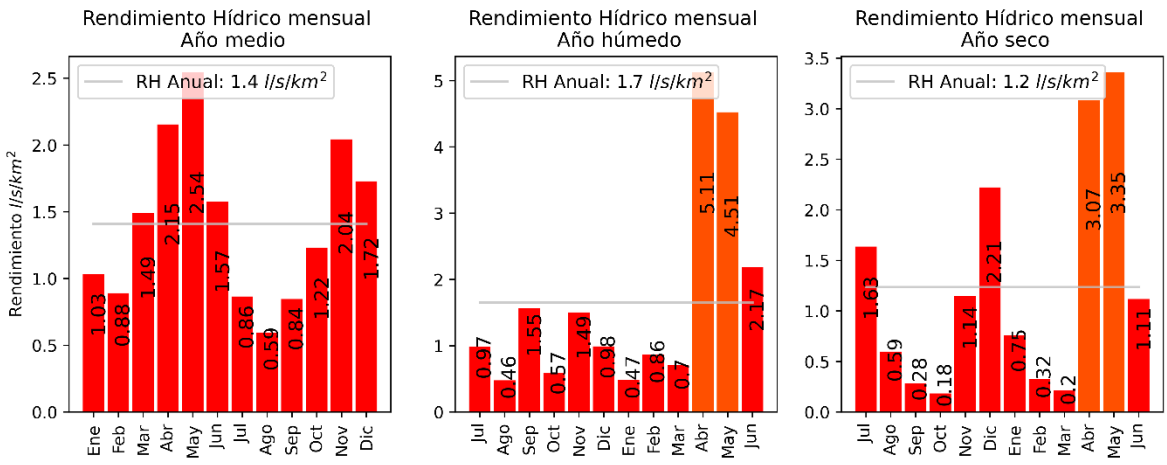


Figura 111. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Carmen

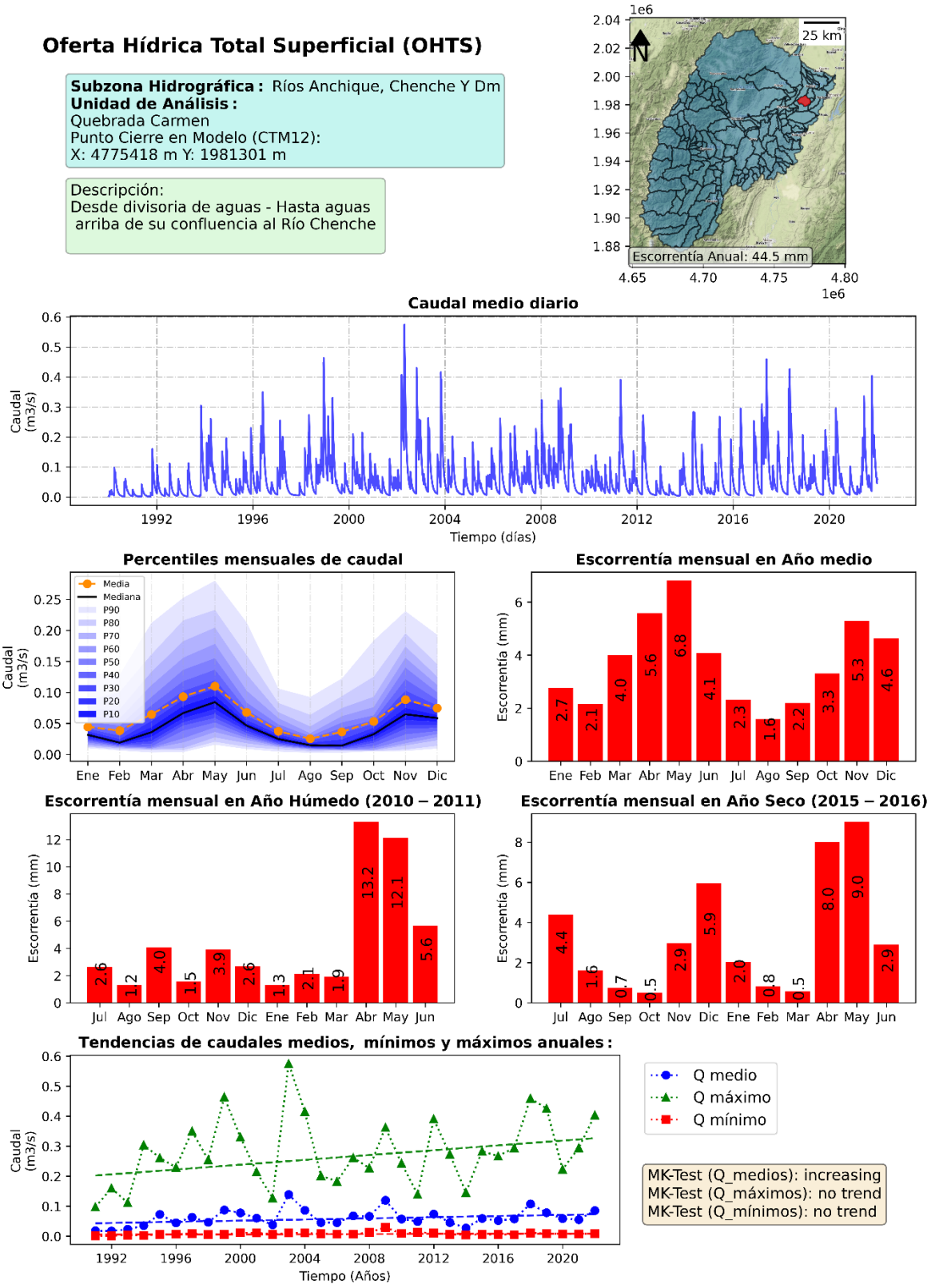


Figura 112. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Carmen

9.6. Unidad de Análisis: Rio Chenche 4

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 64.1, 129.4 y 57.7 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 139.1 % de aumento, un 280.5 % de aumento, y un 125.1 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 32.6, 40.4 y 18.5 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 70.7, 87.6 y 40.2 % con relación al valor medio anual (Figura 113). La escorrentía anual es de 1,454.8 mm, con valores máximos mensuales de 171.8, 335.3, y 154.6 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 114).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
5.20	**2.97**	**2.23**	**8.21**	**2.97**	**5.24**	**3.66**	**2.27**	**1.39**

Tabla 62. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Chenche 4

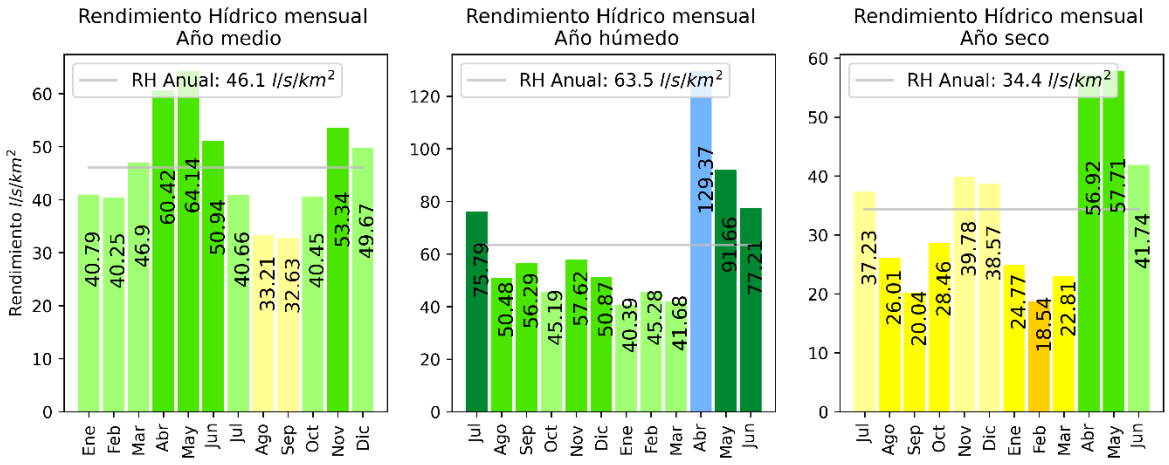


Figura 113. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Chenche 4

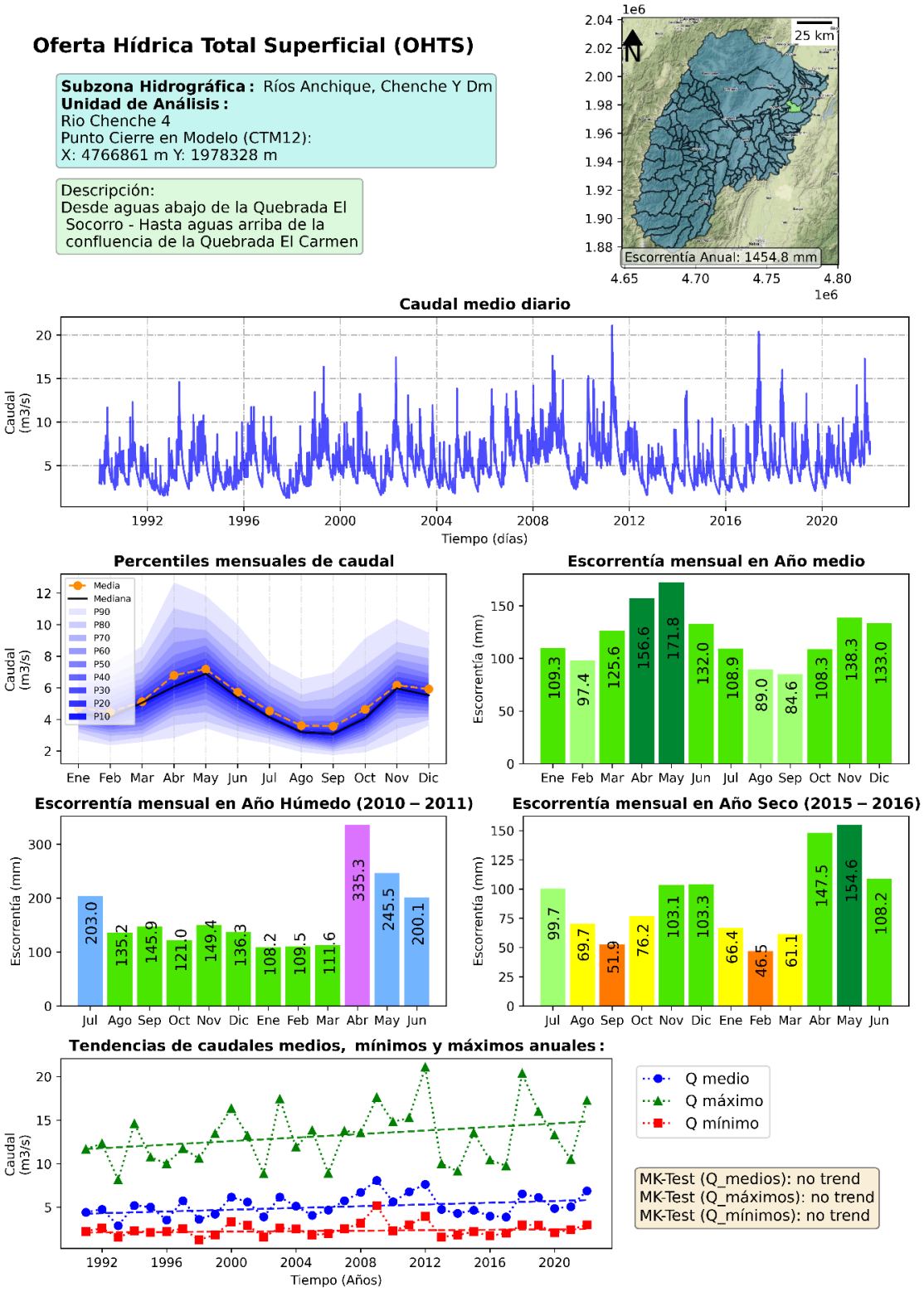


Figura 114. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Chenche 4

9.7. Unidad de Análisis: Quebrada Socorro

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 36.5, 67.5 y 26.3 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 118.7 % de aumento, un 219.3 % de aumento, y un 85.3 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 25.7, 37.4 y 16.9 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 83.4, 121.6 y 55.0 % con relación al valor medio anual (Figura 115). La escorrentía anual es de 971.6 mm, con valores máximos mensuales de 97.9, 175.0, y 70.4 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 116).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
0.47	**0.31**	**0.16**	**0.74**	**0.31**	**0.42**	**0.33**	**0.27**	**0.06**

Tabla 63. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Socorro

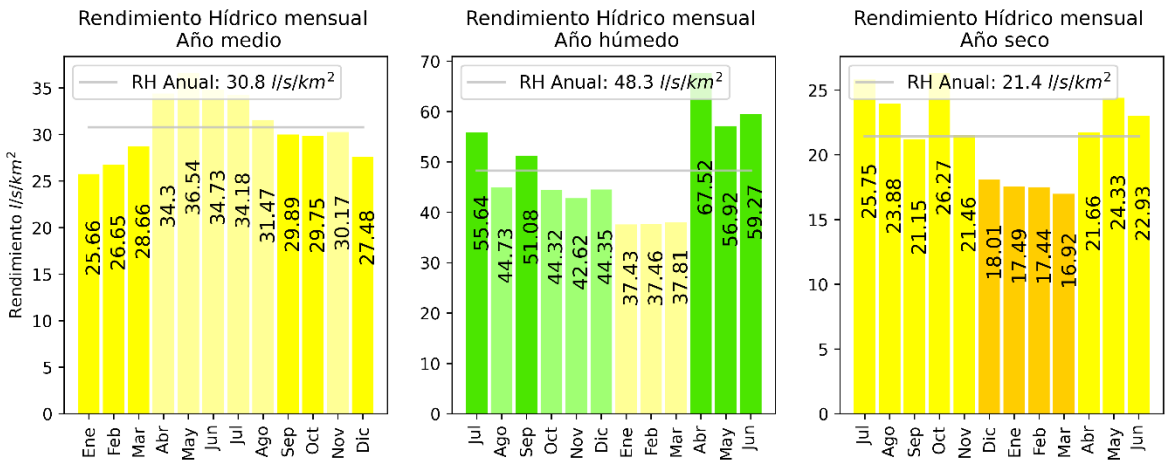


Figura 115. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Socorro1

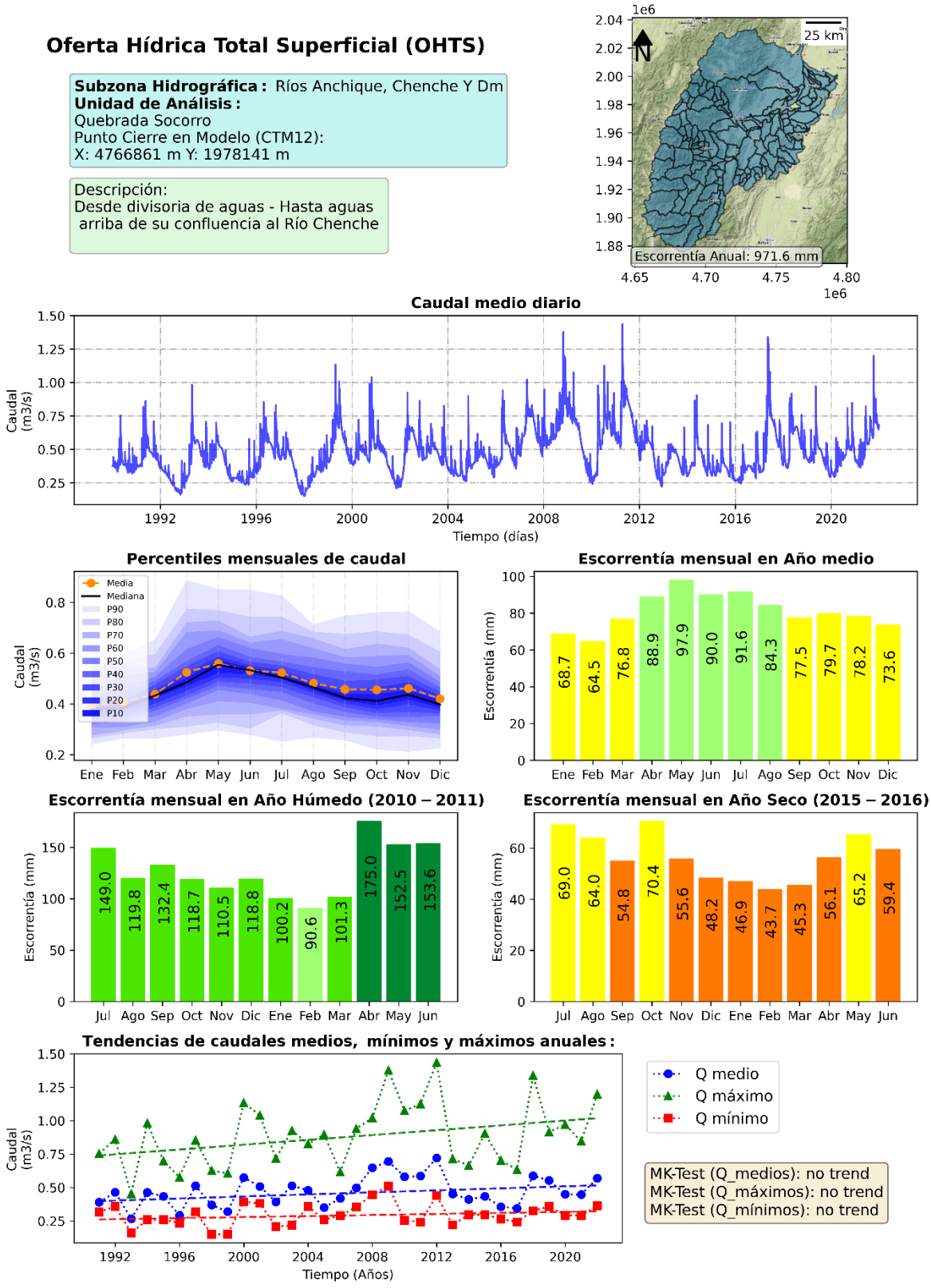


Figura 116. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Socorro

9.8. Unidad de Análisis: Rio Chenche 3

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 106.7, 230.0 y 93.6 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 139.3 % de aumento, un 300.2 % de aumento, y un 122.1 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 50.6, 83.2 y 25.2 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 66.1, 108.6 y 32.9 % con relación al valor medio anual (Figura 117). La escorrentía anual es de 2,417.0 mm, con valores máximos mensuales de 285.8, 596.1, y 250.6 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 118).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
2.58	**1.30**	**1.28**	**4.51**	**1.30**	**3.21**	**1.73**	**1.00**	**0.73**

Tabla 64. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Chenche 3

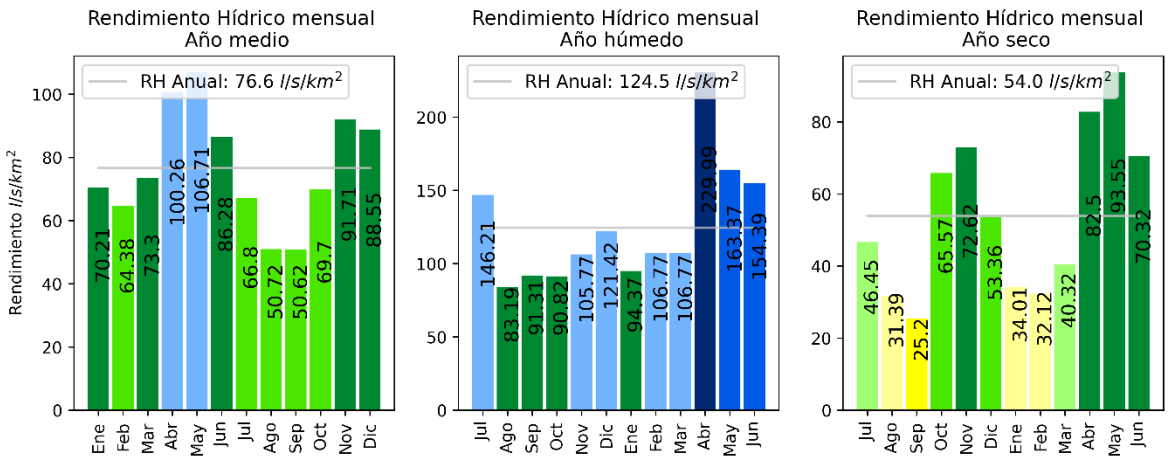


Figura 117. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Chenche 3

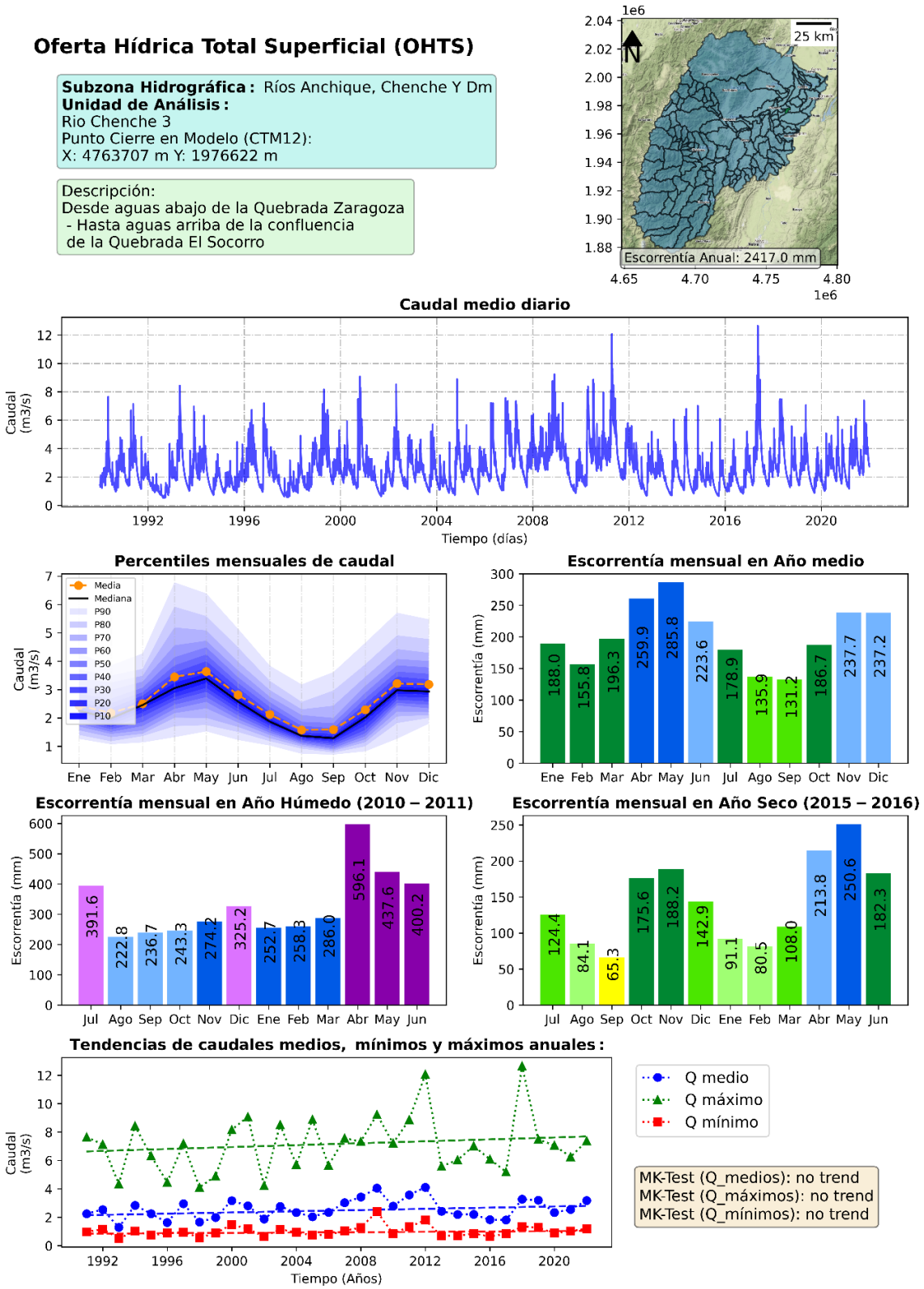


Figura 118. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Chenche 3

9.9. Unidad de Análisis: Quebrada Zaragoza

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 9.1, 26.4 y 9.4 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 168.2 % de aumento, un 489.1 % de aumento, y un 173.7 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 2.8, 5.8 y 1.3 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 51.2, 107.1 y 23.6 % con relación al valor medio anual (Figura 119). La escorrentía anual es de 170.7 mm, con valores máximos mensuales de 24.4, 68.5, y 25.1 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 120).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
0.06	**0.02**	**0.04**	**0.14**	**0.02**	**0.12**	**0.04**	**0.02**	**0.02**

Tabla 65. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Zaragoza

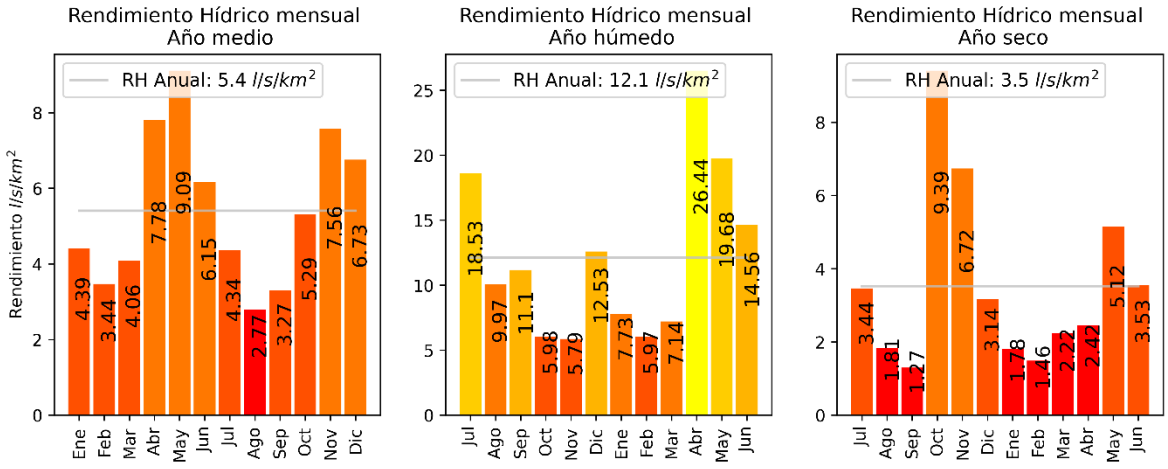


Figura 119. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Zaragoza

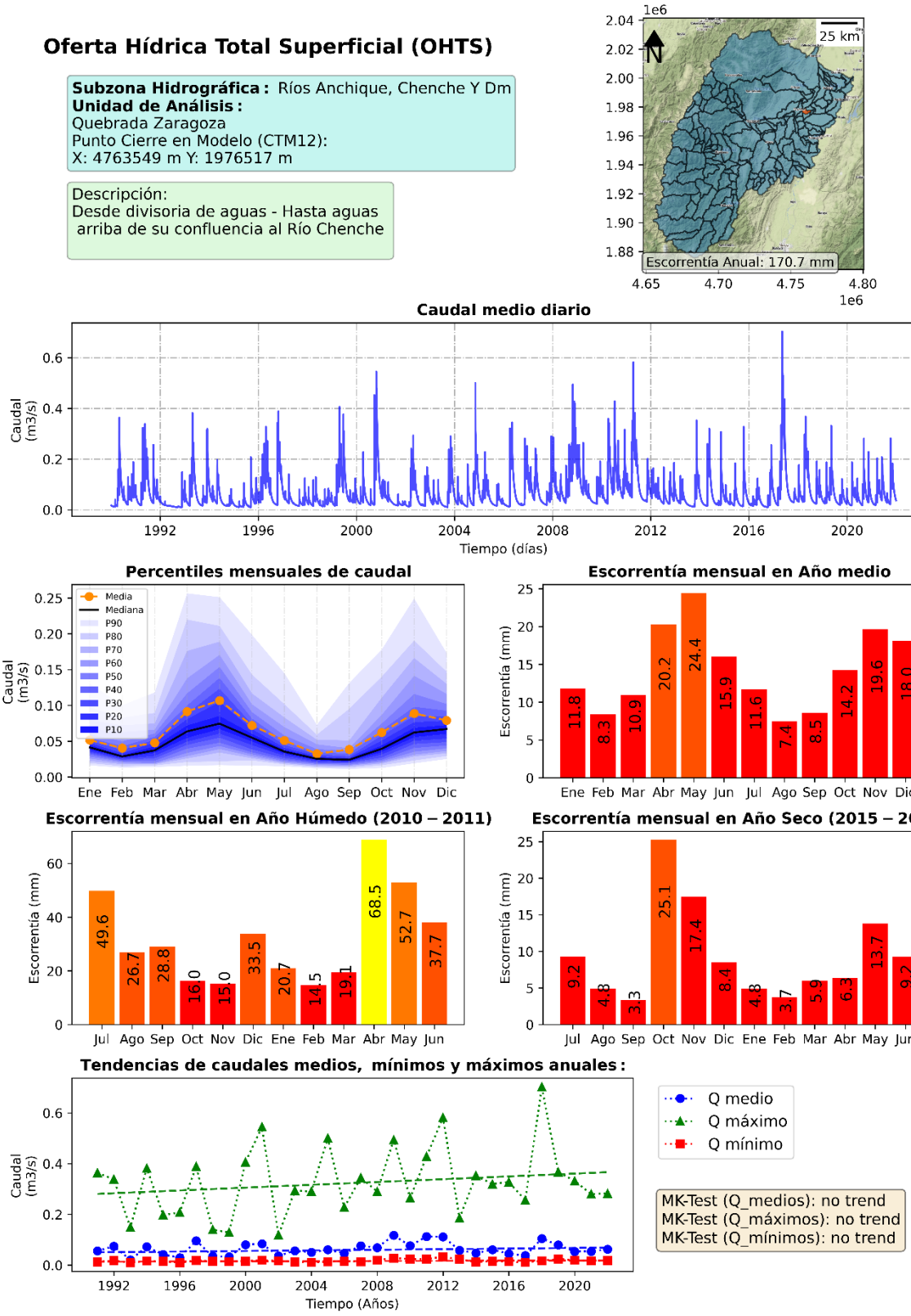


Figura 120. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Zaragoza

9.10. Unidad de Análisis: Rio Chenche 2

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 43.3, 109.0 y 37.0 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 143.4 % de aumento, un 361.2 % de aumento, y un 122.5 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 16.1, 33.3 y 6.1 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 53.4, 110.3 y 20.3 % con relación al valor medio anual (Figura 121). La escorrentía anual es de 952.1 mm, con valores máximos mensuales de 115.9, 282.5, y 99.1 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 122).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
1.99	**0.99**	**1.01**	**3.52**	**0.99**	**2.53**	**1.32**	**0.78**	**0.54**

Tabla 66. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Chenche 2

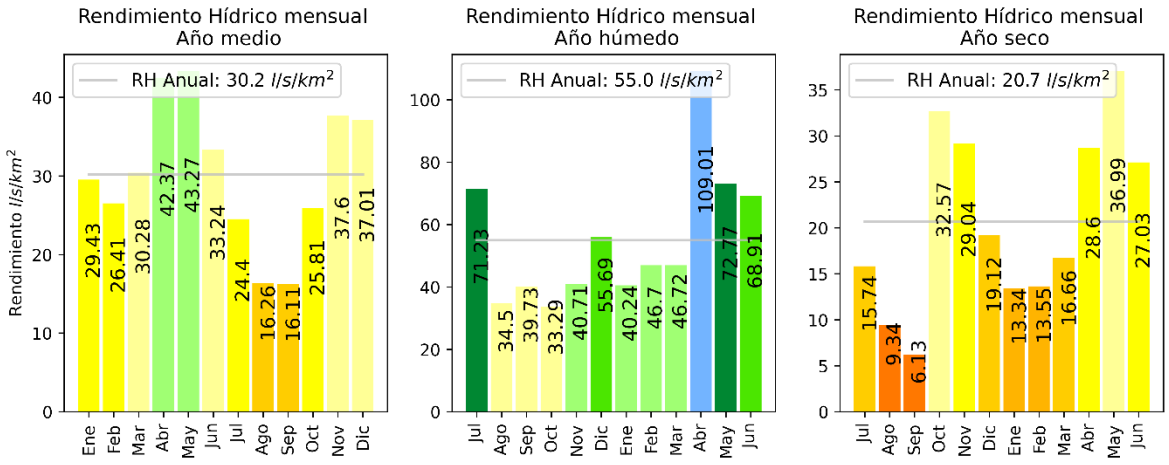


Figura 121. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Chenche 24

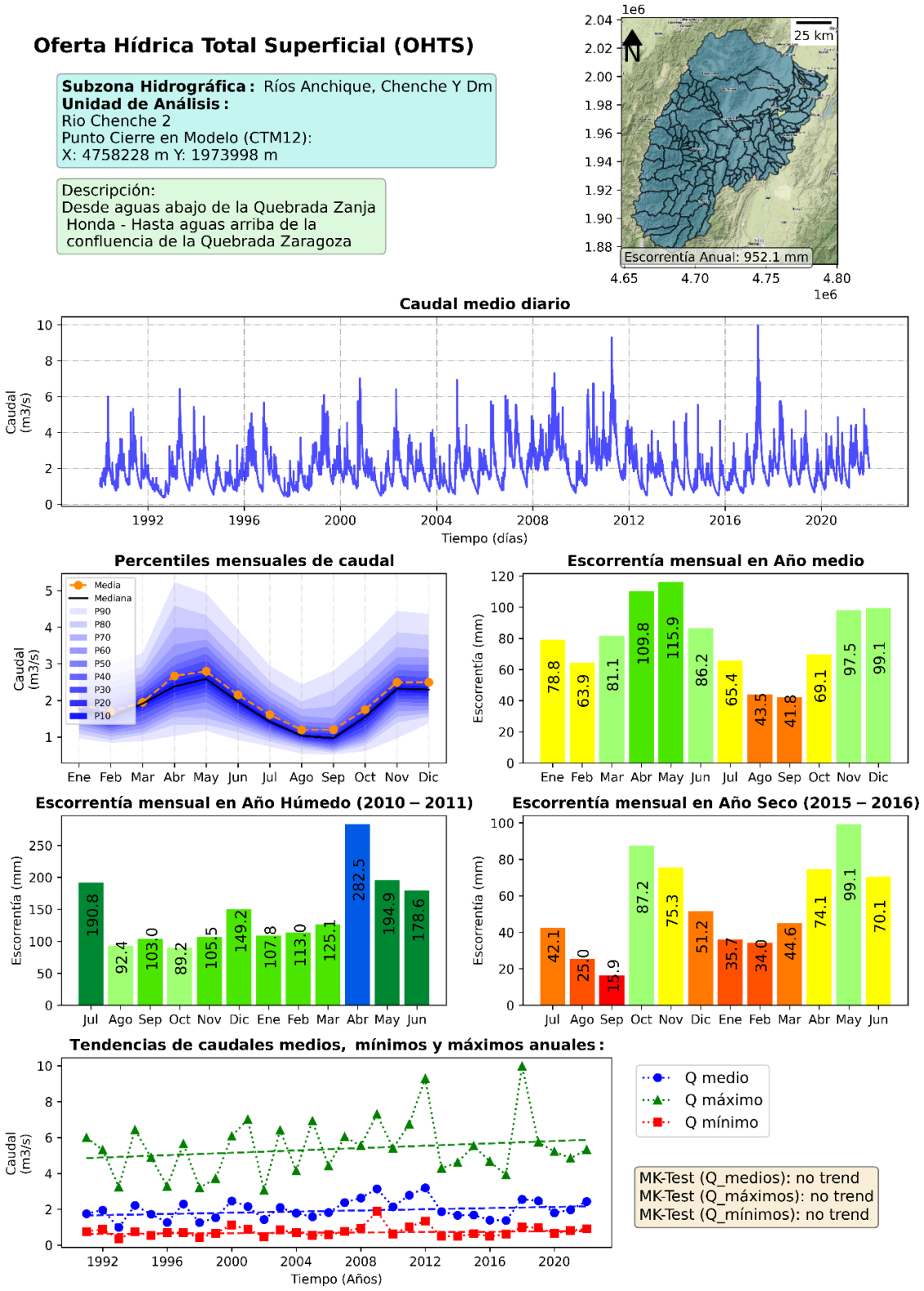


Figura 122. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Chenche 2

9.11. Unidad de Análisis: Quebrada Zanja Honda

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 40.0, 82.6 y 28.8 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 125.7 % de aumento, un 259.7 % de aumento, y un 90.6 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 26.8, 42.6 y 15.8 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 84.2, 133.9 y 49.7 % con relación al valor medio anual (Figura 123). La escorrentía anual es de 1,003.9 mm, con valores máximos mensuales de 107.2, 214.2, y 77.2 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 124).

Tabla 67. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Zanja Honda

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
0.58	**0.37**	**0.21**	**0.99**	**0.37**	**0.62**	**0.38**	**0.30**	**0.07**

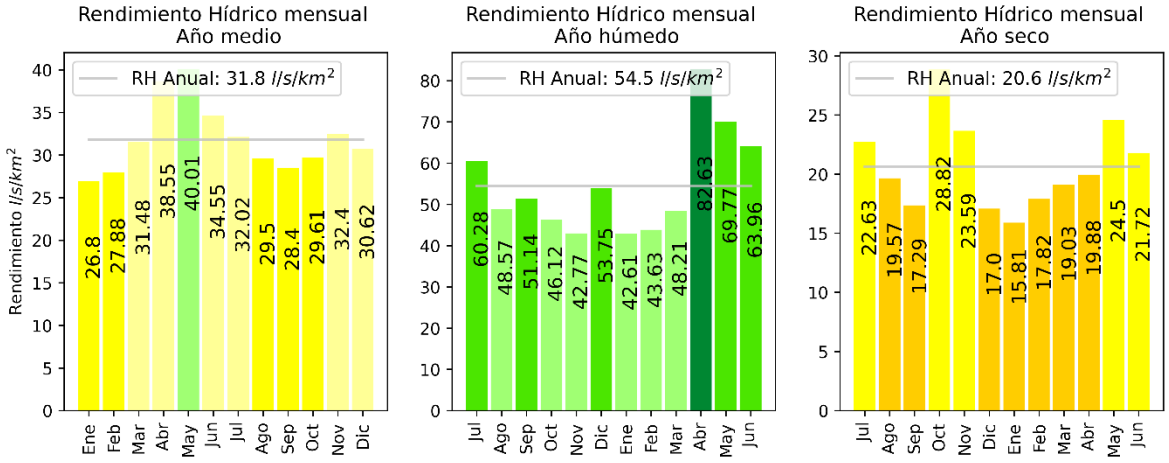


Figura 123. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Zanja Honda

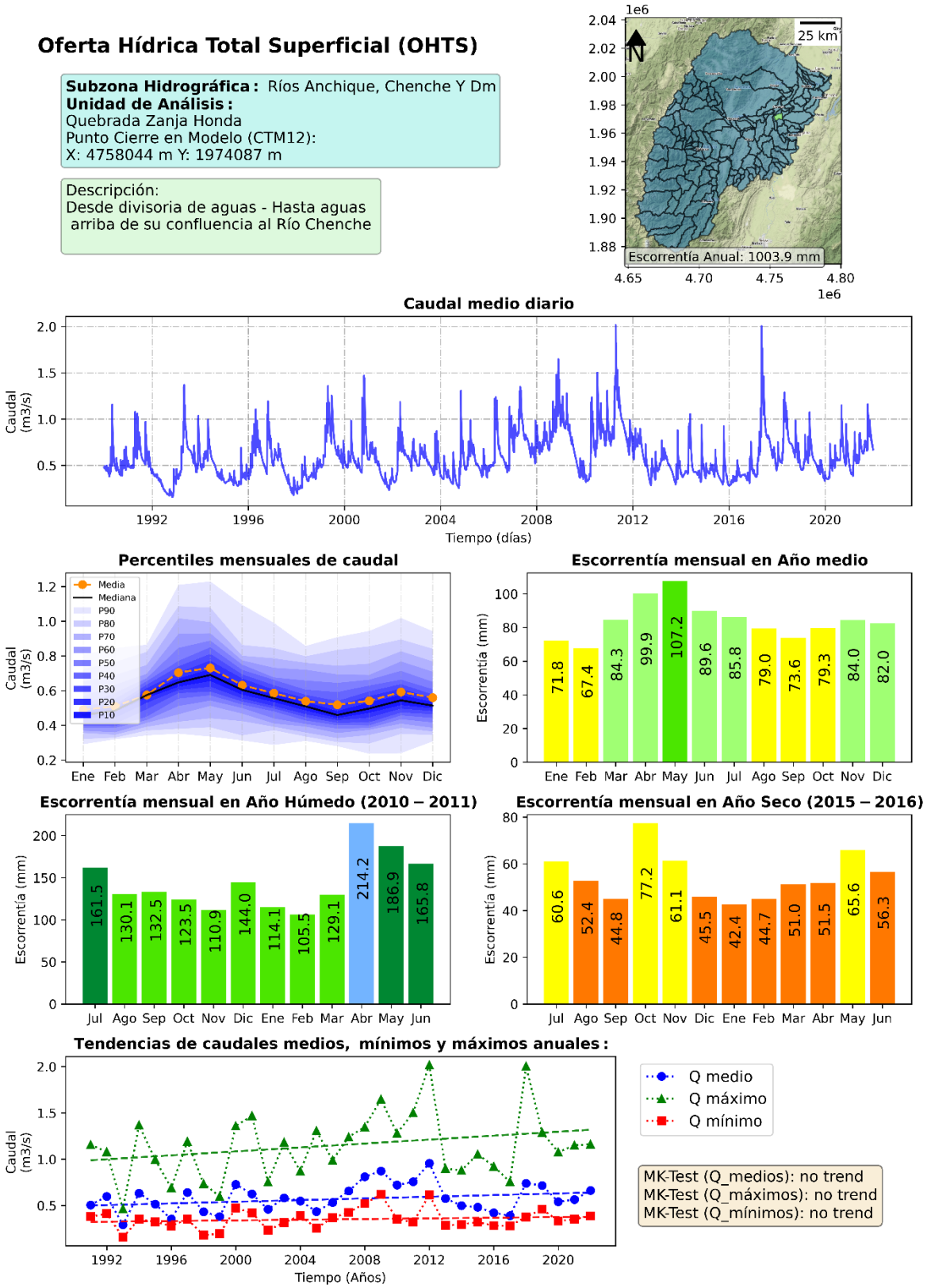


Figura 124. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Zanja Honda

9.12. Unidad de Análisis: Rio Chenche 1

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 45.4, 101.4 y 37.4 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 148.0 % de aumento, un 330.6 % de aumento, y un 121.8 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 13.1, 33.6 y 4.8 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 42.8, 109.6 y 15.6 % con relación al valor medio anual (Figura 125). La escorrentía anual es de 967.7 mm, con valores máximos mensuales de 121.5, 262.8, y 100.1 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 126).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
0.92	**0.35**	**0.56**	**1.62**	**0.35**	**1.27**	**0.60**	**0.24**	**0.36**

Tabla 68. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Chenche 1

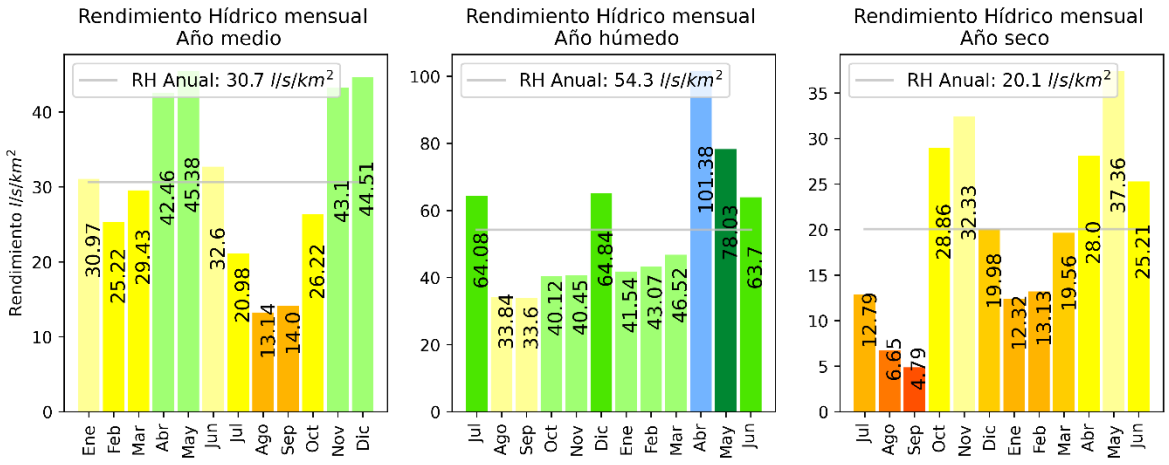


Figura 125. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Chenche 1

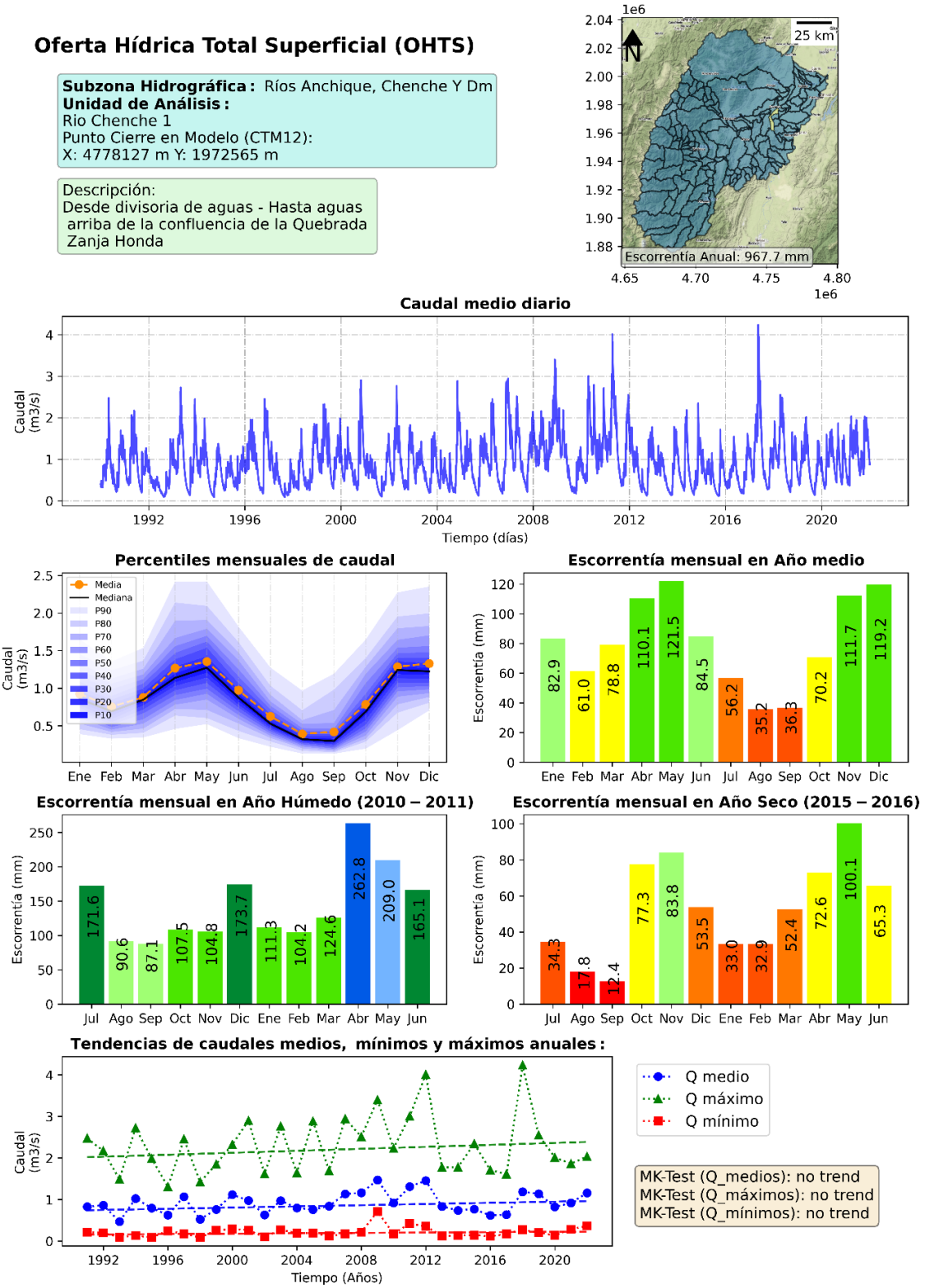


Figura 126. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Chenche 1

9.13. Unidad de Análisis: Rio Hilarco

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 36.5, 74.8 y 27.3 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 134.5 % de aumento, un 275.1 % de aumento, y un 100.4 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 15.3, 28.5 y 8.0 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 56.5, 105.0 y 29.5 % con relación al valor medio anual (Figura 127). La escorrentía anual es de 856.9 mm, con valores máximos mensuales de 97.9, 193.8, y 73.1 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas al incremento de los caudales máximos anuales, y no se identifican tendencias en los caudales medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 128).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
3.55	**1.90**	**1.65**	**5.42**	**1.90**	**3.52**	**2.24**	**1.47**	**0.77**

Tabla 69. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Hilarco

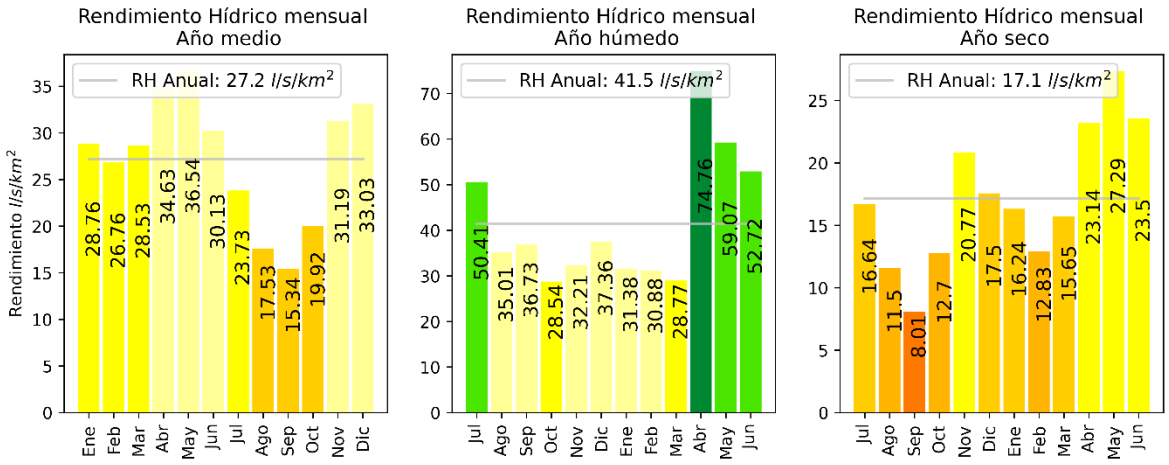


Figura 127. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Hilarco

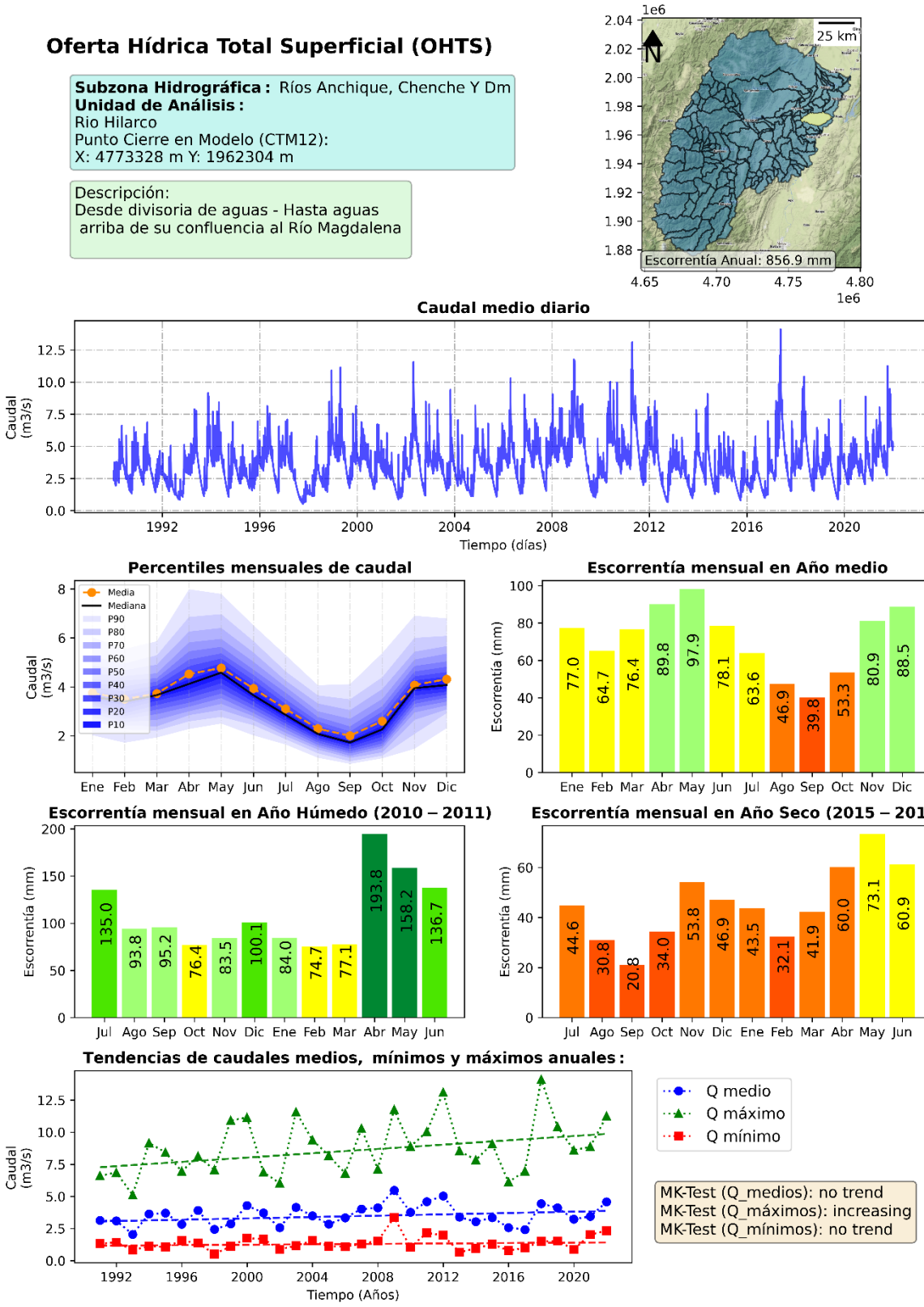


Figura 128. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Hilarco

9.14. Unidad de Análisis: Quebrada Guaguarco 3

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 40.8, 79.6 y 28.7 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 159.4 % de aumento, un 311.3 % de aumento, y un 112.2 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 10.4, 21.1 y 2.6 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 40.8, 82.5 y 10.2 % con relación al valor medio anual (Figura 129). La escorrentía anual es de 805.9 mm, con valores máximos mensuales de 105.6, 206.3, y 74.4 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 130).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
4.01	**1.75**	**2.26**	**6.35**	**1.75**	**4.60**	**2.27**	**0.89**	**1.38**

Tabla 70. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Guaguarco 3

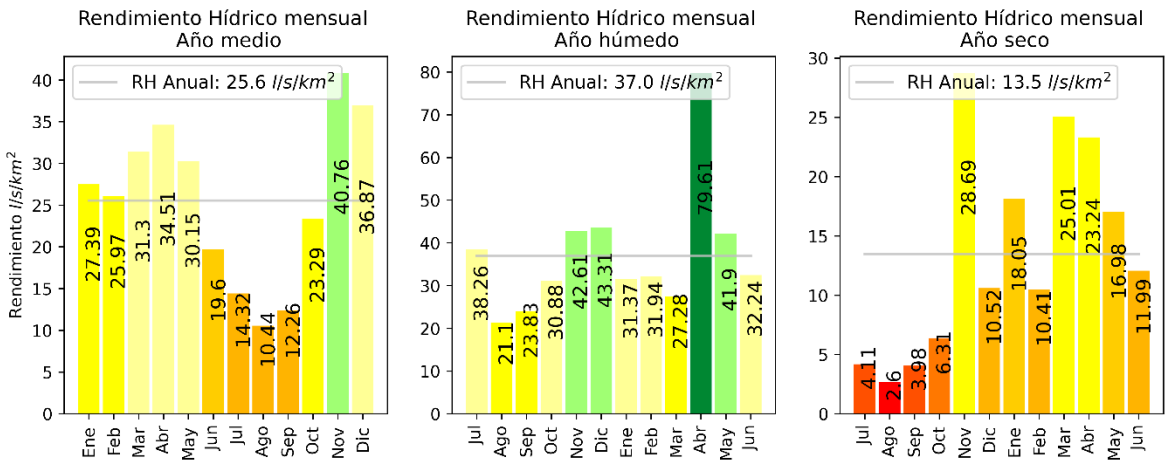


Figura 129. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Guaguarco 3

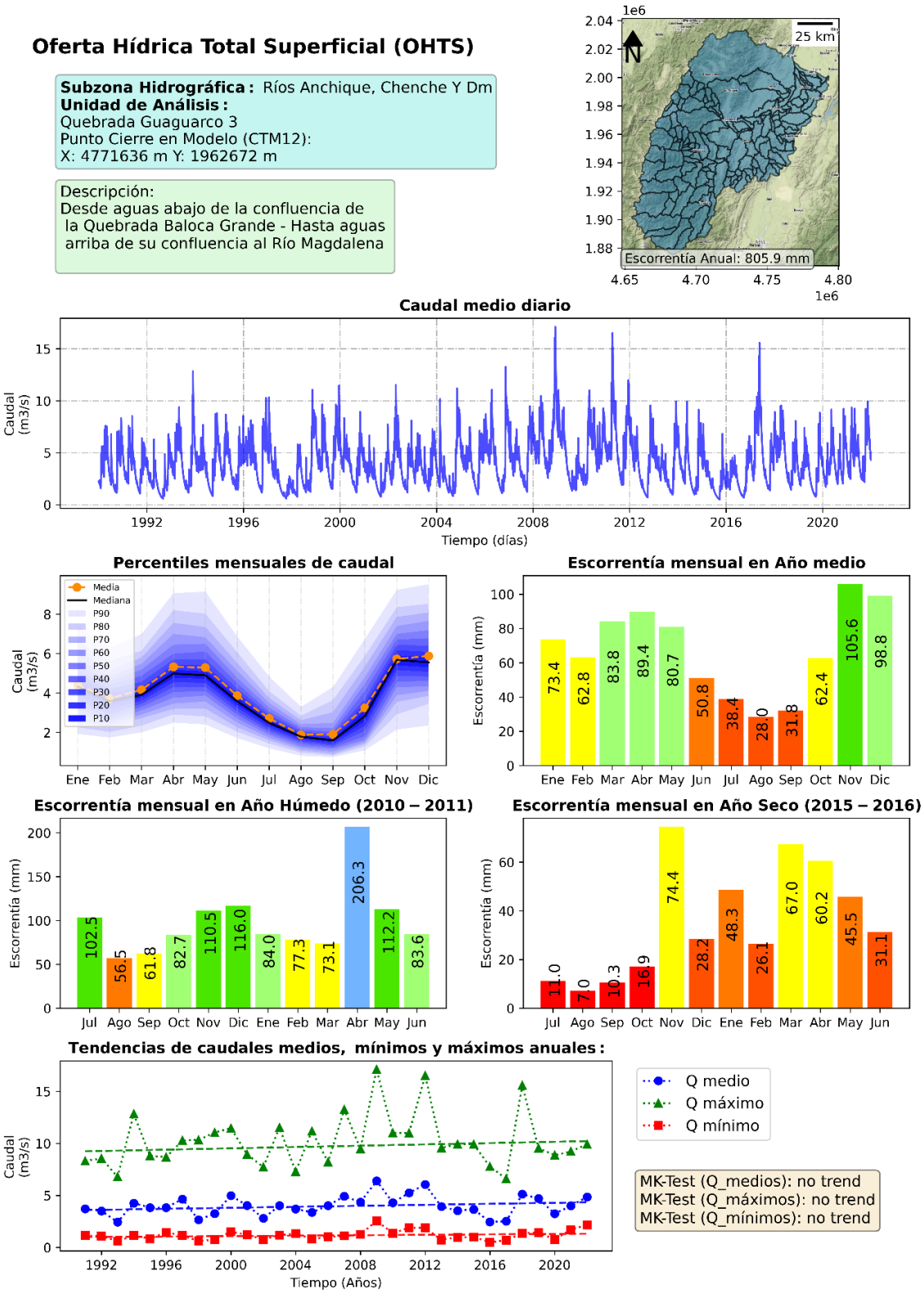


Figura 130. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Guaguarco 3

9.15. Unidad de Análisis: Quebrada Baloca Grande

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 33.8, 59.6 y 21.1 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 139.4 % de aumento, un 245.7 % de aumento, y un 87.0 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 12.6, 25.9 y 3.8 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 51.9, 106.7 y 15.8 % con relación al valor medio anual (Figura 131). La escorrentía anual es de 765.0 mm, con valores máximos mensuales de 90.6, 154.5, y 54.7 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 132).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
0.71	**0.35**	**0.36**	**1.05**	**0.35**	**0.71**	**0.37**	**0.16**	**0.22**

Tabla 71. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Baloca Grande

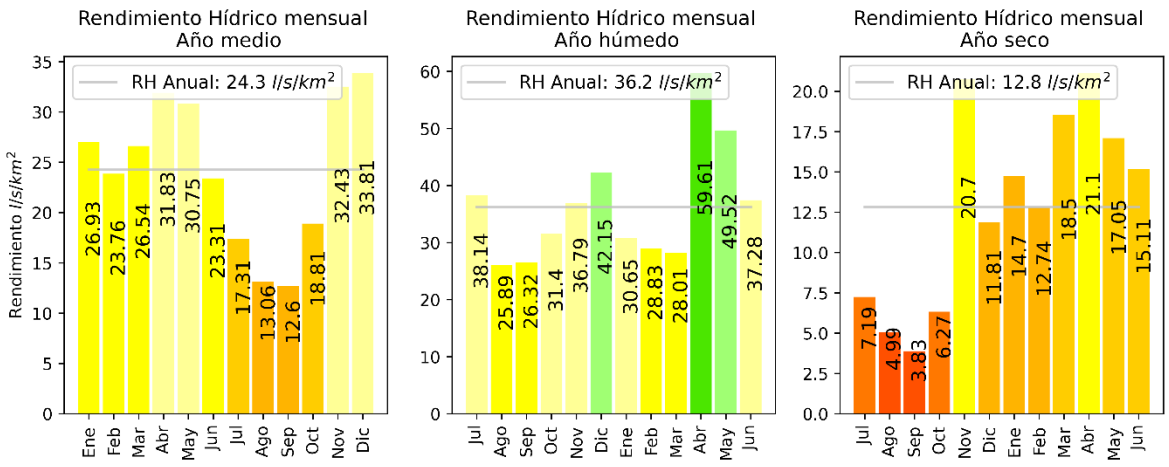


Figura 131. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Baloca Grande

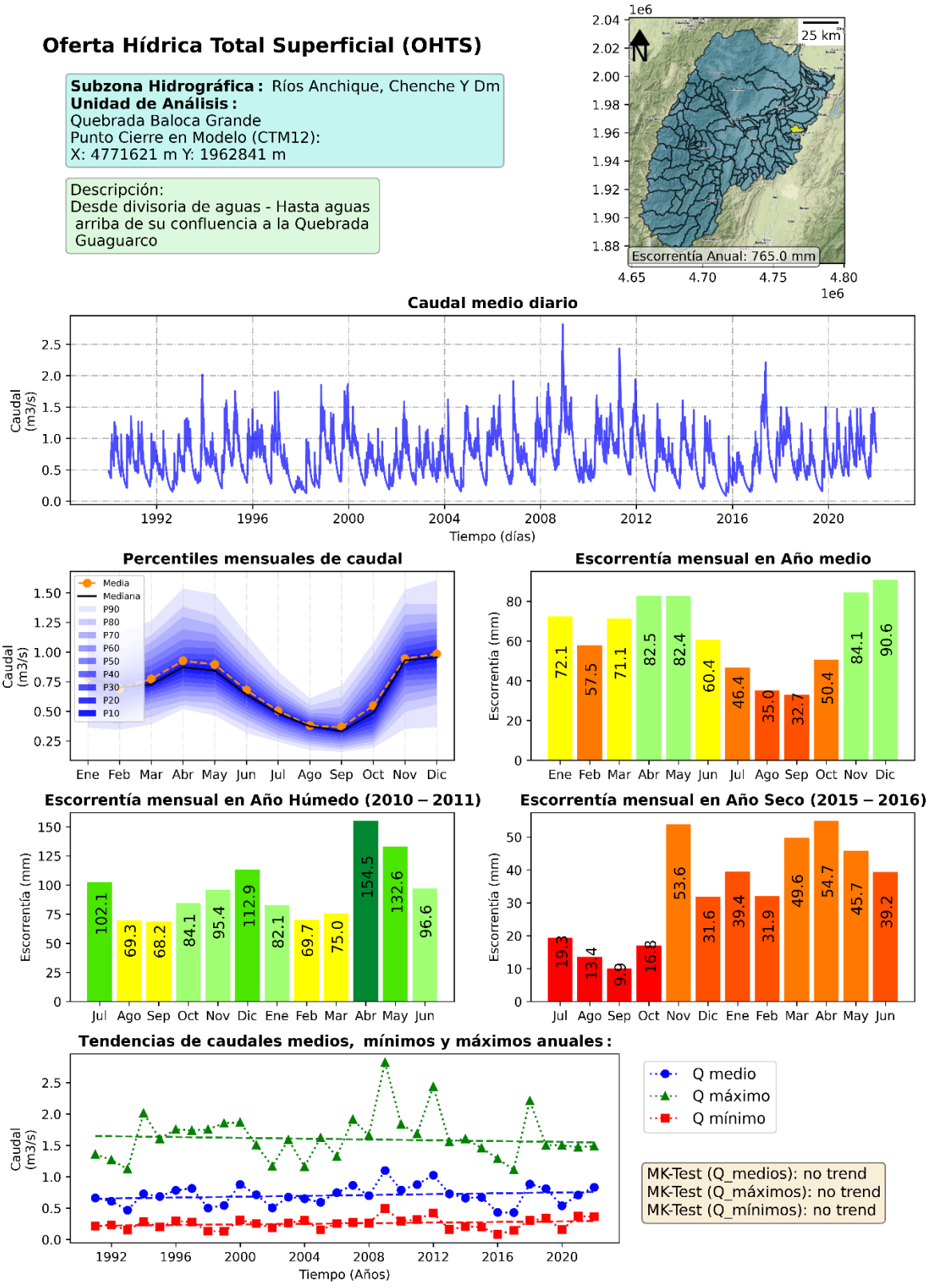


Figura 132. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Baloca Grande

9.16. Unidad de Análisis: Quebrada Guaguarco 2

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 44.2, 87.1 y 27.4 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 138.3 % de aumento, un 272.4 % de aumento, y un 85.7 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 16.3, 36.7 y 6.7 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 51.0, 114.8 y 20.9 % con relación al valor medio anual (Figura 133). La escorrentía anual es de 1,008.2 mm, con valores máximos mensuales de 118.4, 225.8, y 72.6 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 134).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
3.23	**1.37**	**1.86**	**5.18**	**1.37**	**3.81**	**1.86**	**0.71**	**1.15**

Tabla 72. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Guaguarco 2

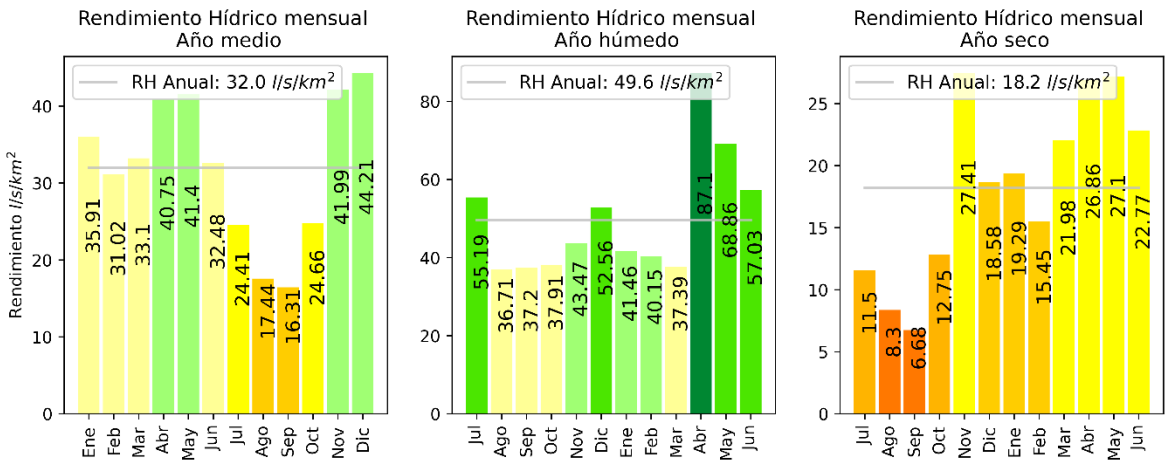


Figura 133. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Guaguarco 2

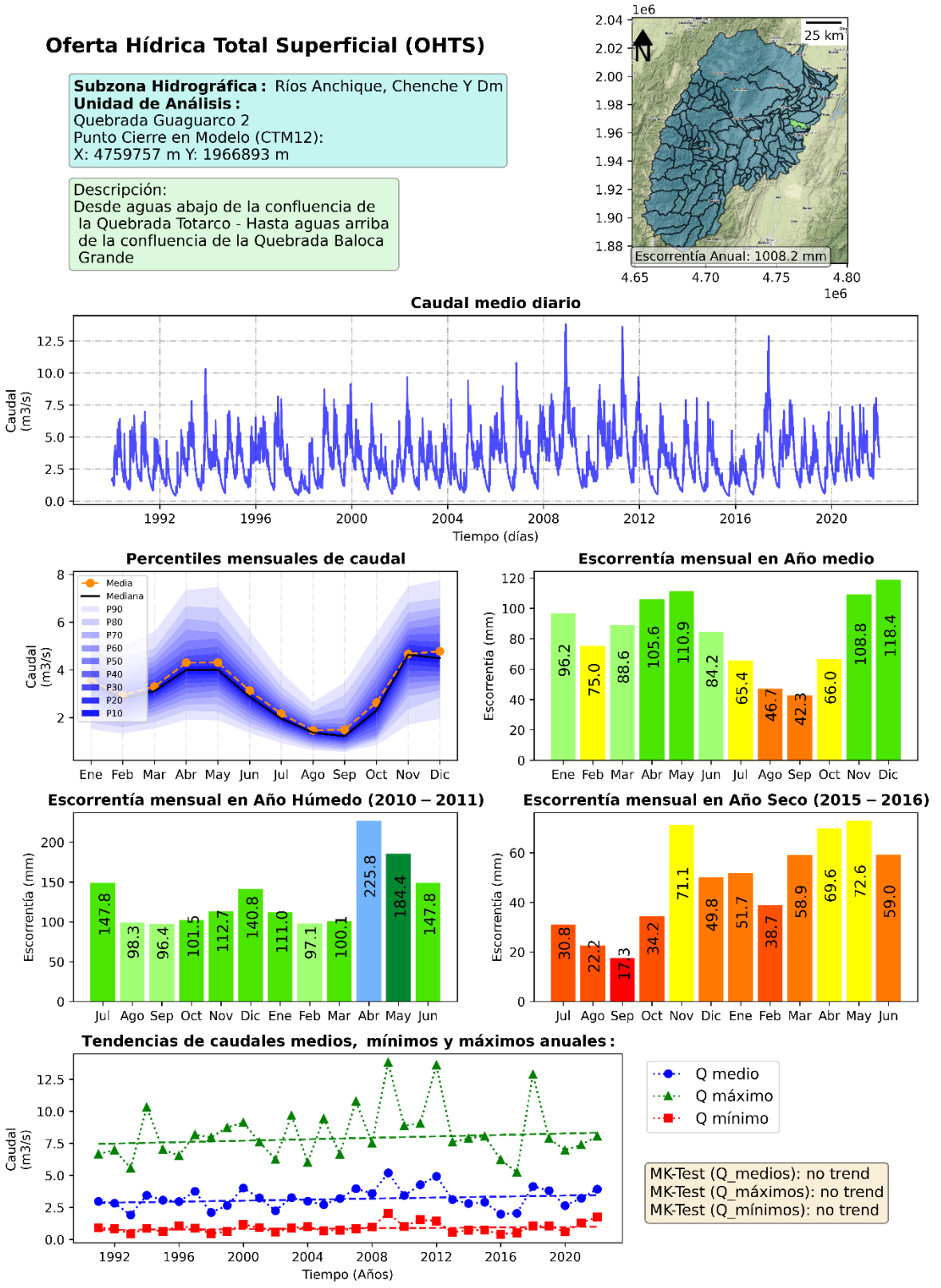


Figura 134. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Guaguarco 2

9.17. Unidad de Análisis: Quebrada Totarco

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 49.8, 93.0 y 33.9 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 164.4 % de aumento, un 306.7 % de aumento, y un 111.9 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 10.0, 27.1 y 2.9 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 33.1, 89.2 y 9.7 % con relación al valor medio anual (Figura 135). La escorrentía anual es de 956.5 mm, con valores máximos mensuales de 133.5, 241.1, y 87.9 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 136).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
1.28	**0.42**	**0.86**	**2.03**	**0.42**	**1.61**	**0.73**	**0.15**	**0.58**

Tabla 73. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Totarco

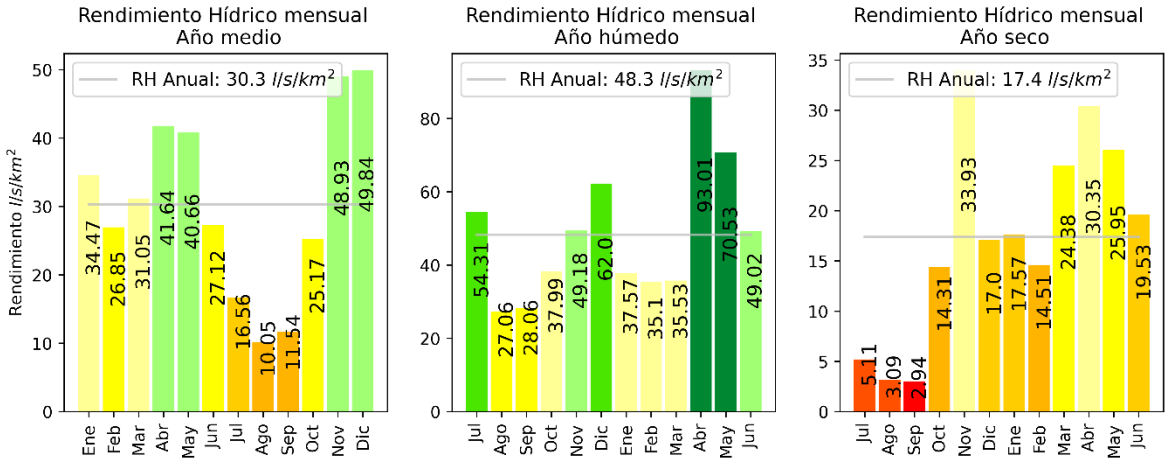


Figura 135. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Totarco

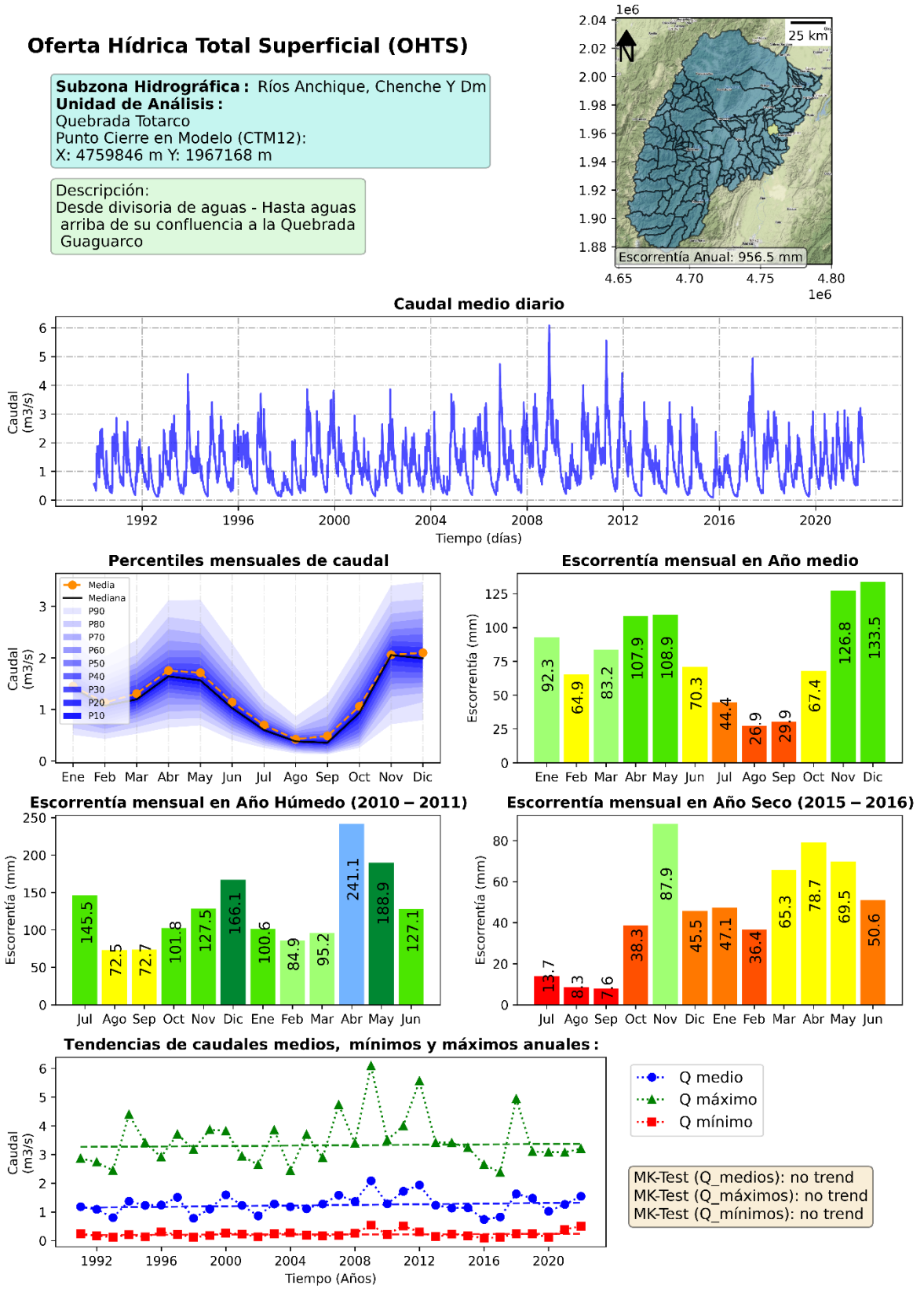


Figura 136. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Totarco

9.18. Unidad de Análisis: Quebrada Guaguarco 1

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 40.9, 94.4 y 28.9 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 140.4 % de aumento, un 323.8 % de aumento, y un 99.1 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 15.0, 33.8 y 5.8 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 51.5, 116.1 y 19.9 % con relación al valor medio anual (Figura 137). La escorrentía anual es de 919.8 mm, con valores máximos mensuales de 109.6, 244.7, y 77.4 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 138).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
0.66	**0.30**	**0.37**	**1.16**	**0.30**	**0.86**	**0.40**	**0.19**	**0.20**

Tabla 74. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Guaguarco 1

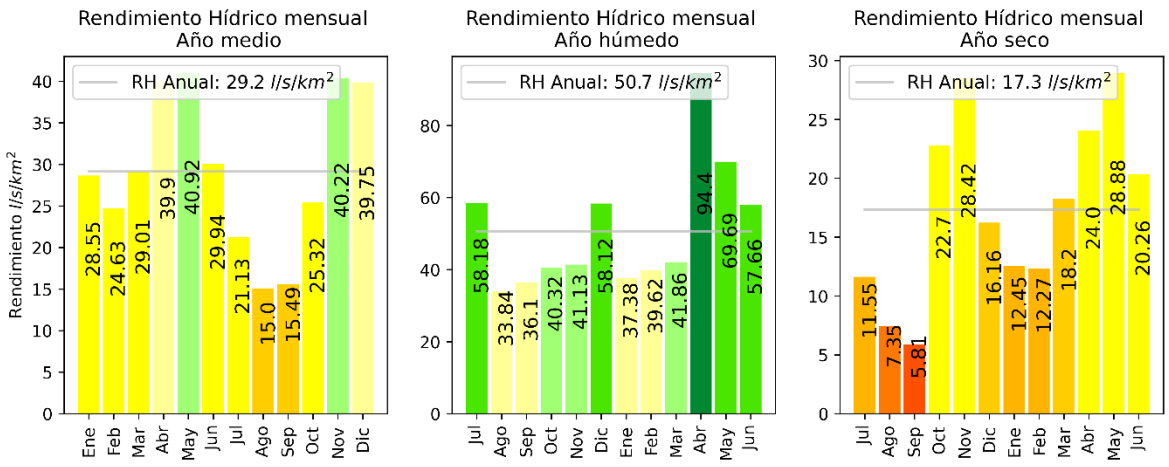


Figura 137. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Guaguarco 1

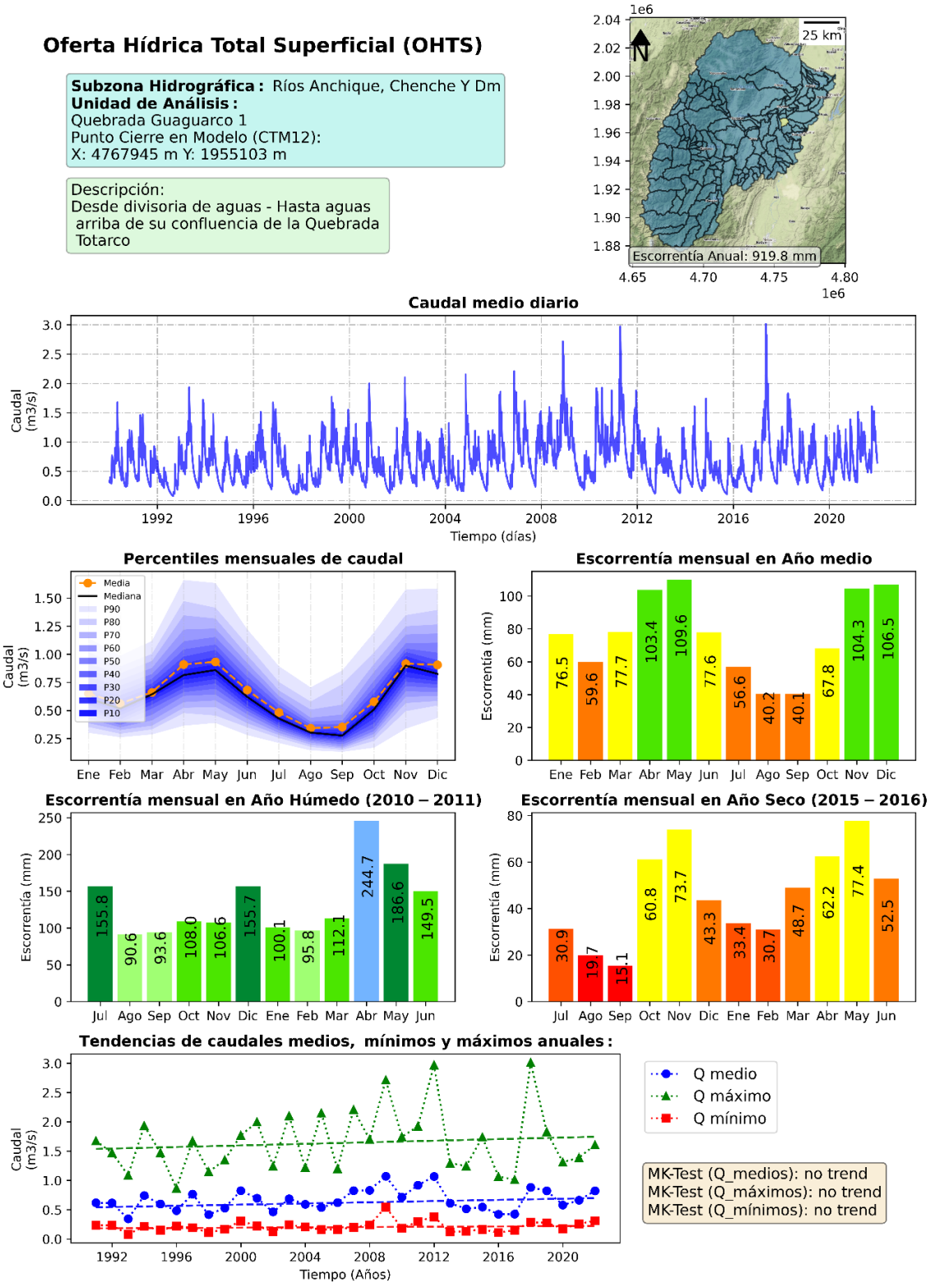


Figura 138. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Guaguarco 1

9.19. Unidad de Análisis: Rio Anchique 3

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 42.6, 71.2 y 30.6 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 130.4 % de aumento, un 217.8 % de aumento, y un 93.5 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 25.3, 28.8 y 15.3 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 77.5, 88.1 y 46.9 % con relación al valor medio anual (Figura 139). La escorrentía anual es de 1,030.9 mm, con valores máximos mensuales de 110.5, 184.5, y 79.2 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 140).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
9.12	**3.76**	**5.36**	**13.98**	**3.76**	**10.22**	**5.24**	**1.74**	**3.50**

Tabla 75. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Anchique 3

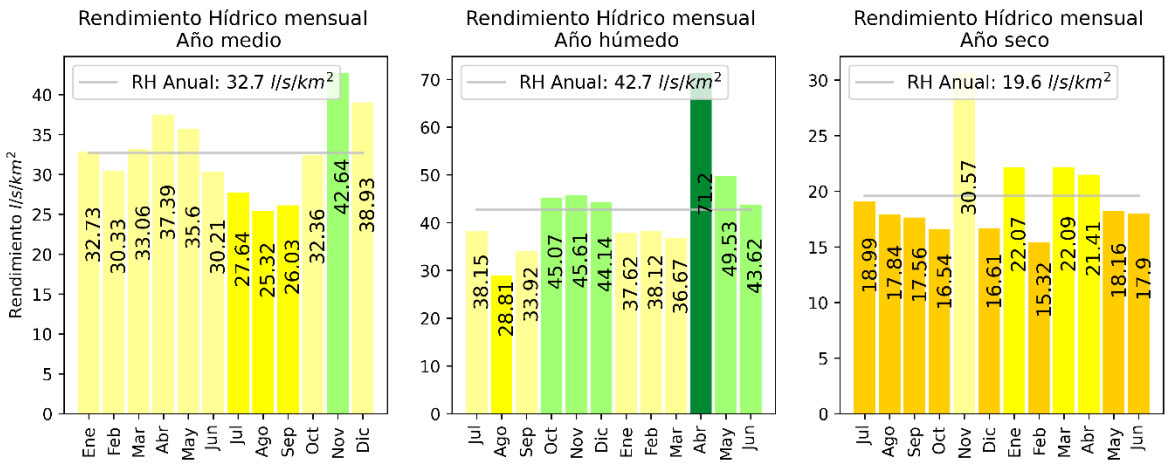


Figura 139. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Anchique 3

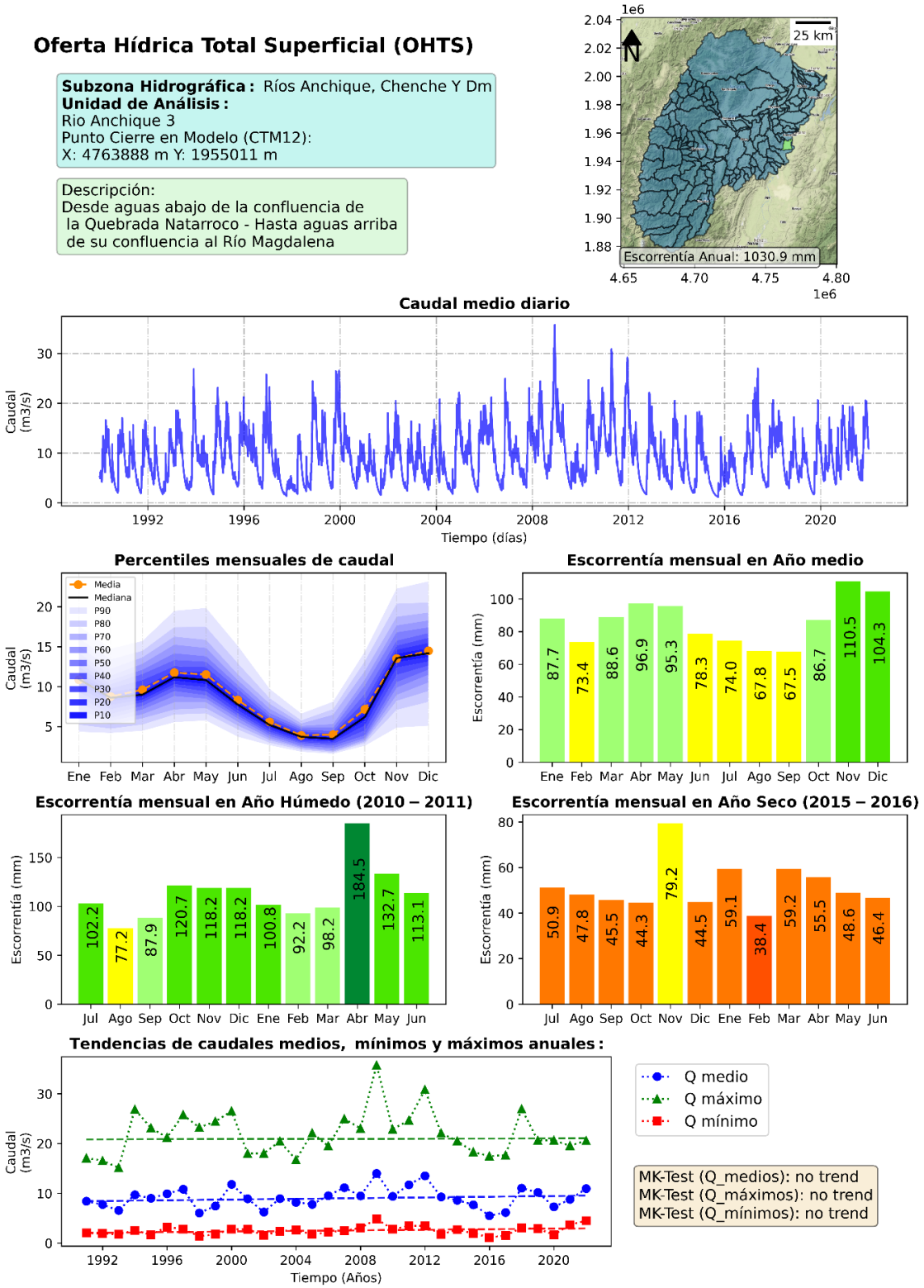


Figura 140. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Anchique 3

9.20. Unidad de Análisis: Quebrada Natárroco

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 53.8, 89.3 y 36.4 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 174.2 % de aumento, un 288.8 % de aumento, y un 117.9 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 8.1, 23.6 y 0.6 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 26.2, 76.3 y 2.1 % con relación al valor medio anual (Figura 141). La escorrentía anual es de 974.9 mm, con valores máximos mensuales de 144.2, 231.4, y 94.5 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 142).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
0.52	**0.14**	**0.39**	**0.78**	**0.14**	**0.65**	**0.30**	**0.01**	**0.28**

Tabla 76. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Natárroco

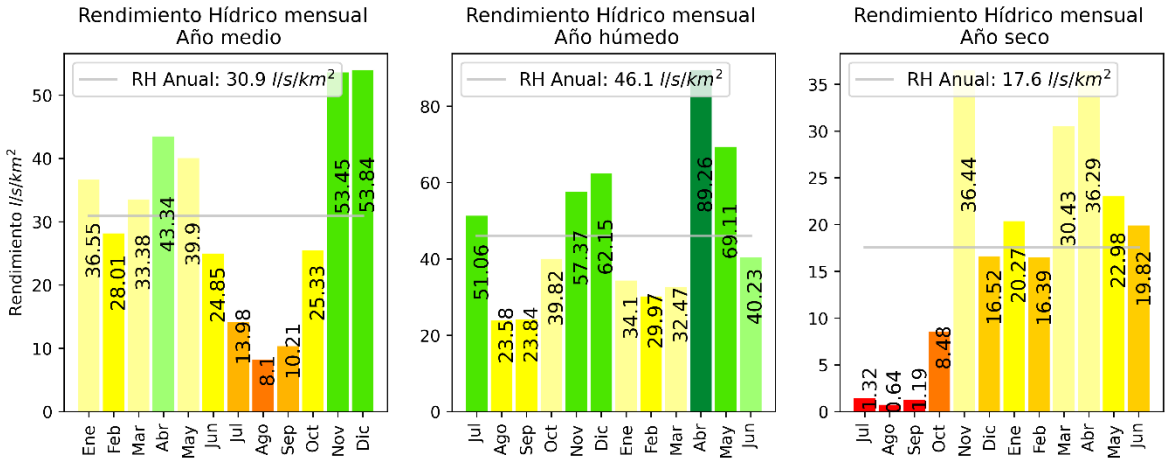


Figura 141. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Natárroco

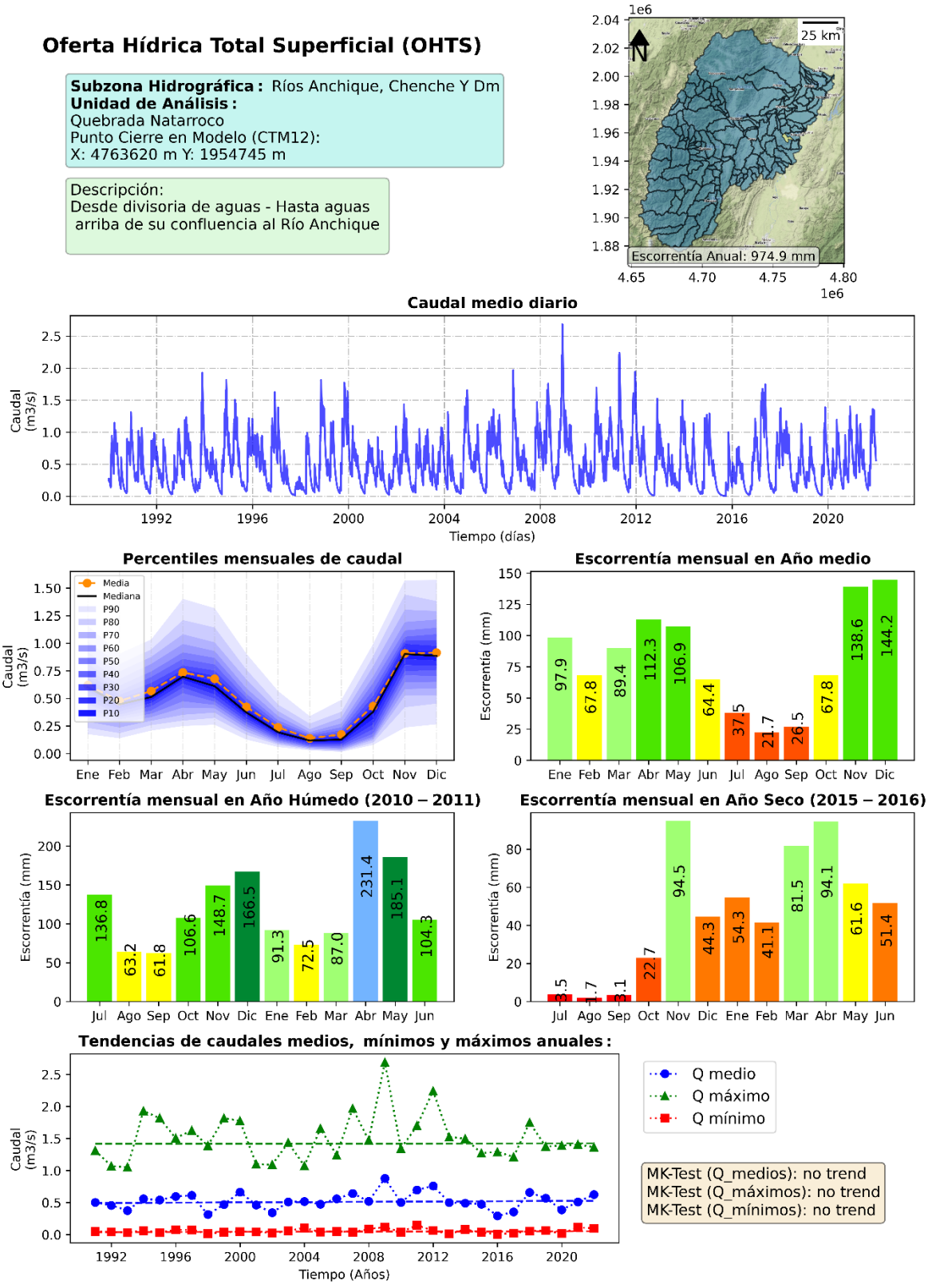


Figura 142. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Natárroco

9.21. Unidad de Análisis: Rio Anchique 2

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 52.5, 85.3 y 35.4 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 169.2 % de aumento, un 274.6 % de aumento, y un 113.9 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 10.1, 26.4 y 2.6 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 32.7, 85.0 y 8.4 % con relación al valor medio anual (Figura 143). La escorrentía anual es de 979.3 mm, con valores máximos mensuales de 140.7, 221.0, y 91.6 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 144).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
7.40	**2.76**	**4.64**	**11.64**	**2.76**	**8.88**	**4.23**	**1.06**	**3.17**

Tabla 77. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Anchique 2

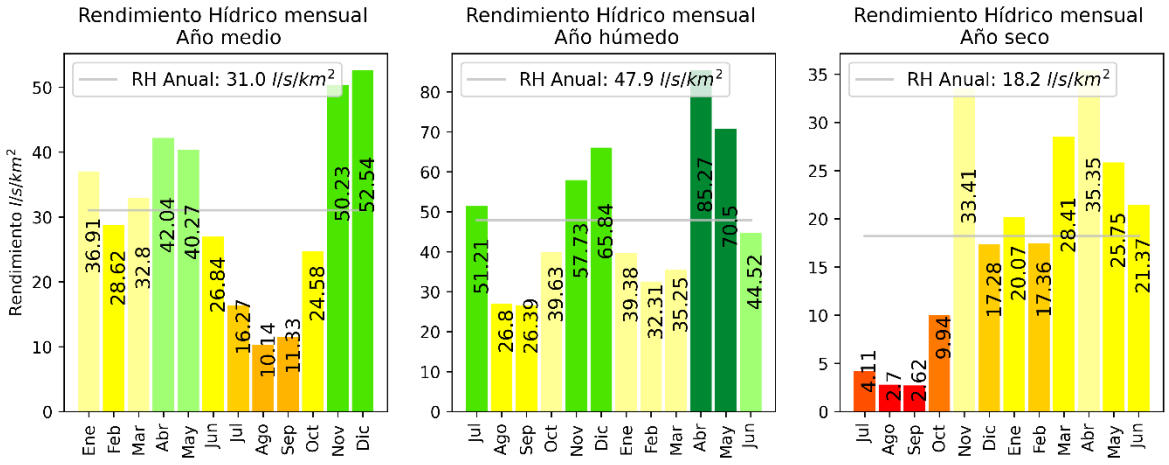


Figura 143. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Anchique 2

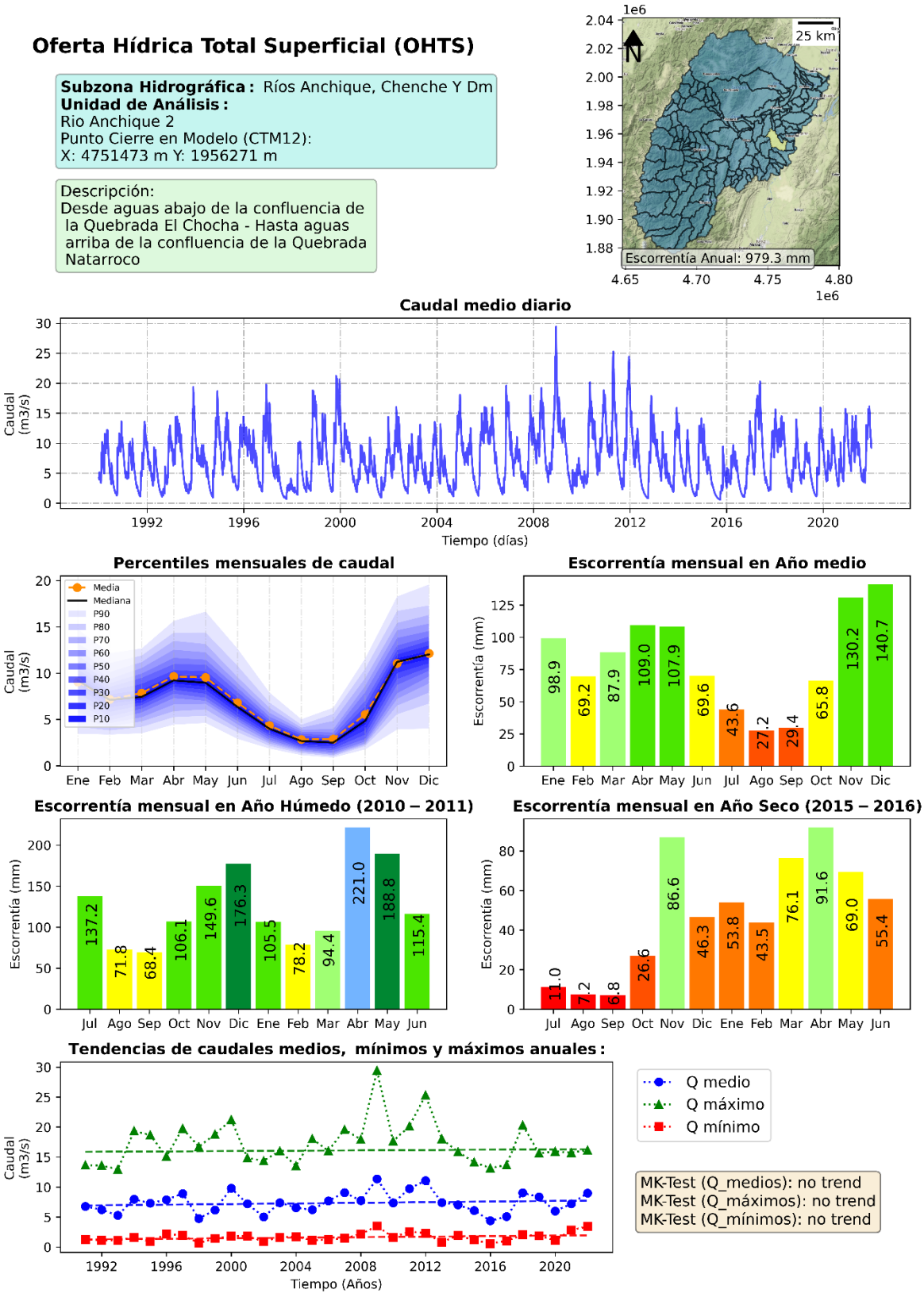


Figura 144. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Anchique 2

9.22. Unidad de Análisis: Quebrada Chocho

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 56.0, 82.4 y 37.0 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 156.4 % de aumento, un 229.9 % de aumento, y un 103.4 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 14.9, 32.5 y 3.9 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 41.6, 90.8 y 11.0 % con relación al valor medio anual (Figura 145). La escorrentía anual es de 1,129.9 mm, con valores máximos mensuales de 150.1, 216.5, y 98.2 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 146).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
1.93	**0.83**	**1.10**	**3.11**	**0.83**	**2.28**	**1.06**	**0.36**	**0.71**

Tabla 78. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Chocho

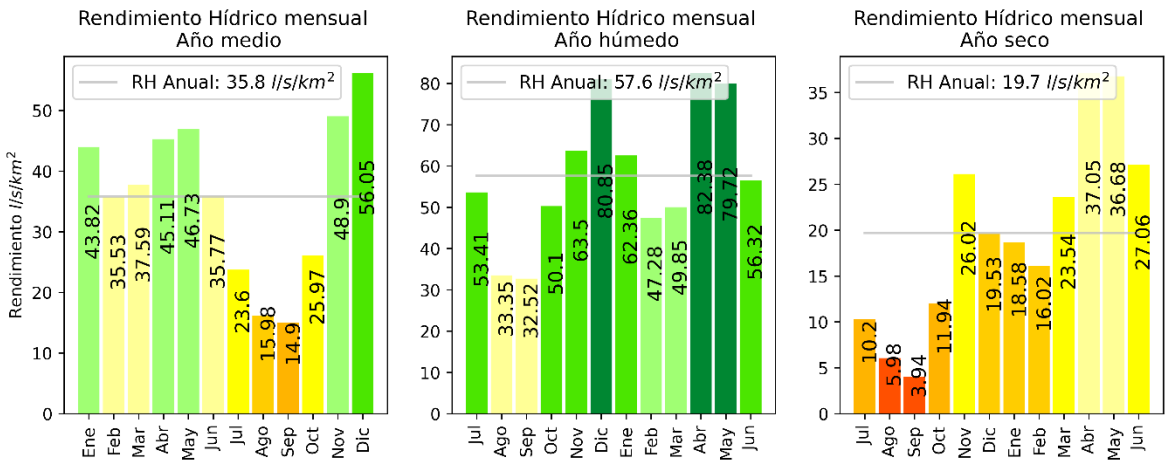


Figura 145. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Chocho

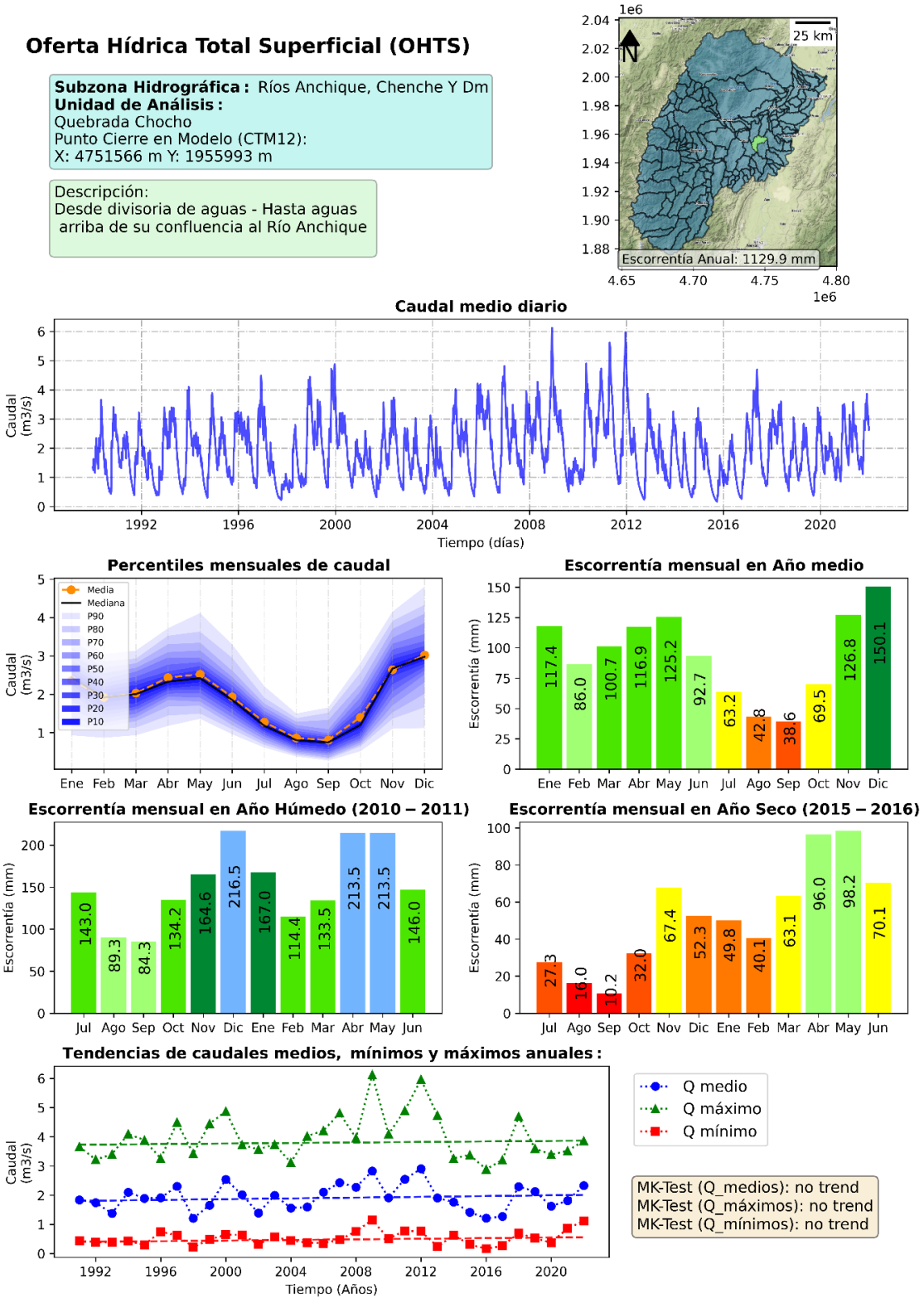


Figura 146. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Chocho

9.23. Unidad de Análisis: Rio Anchique 1

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 53.6, 76.6 y 37.2 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 163.5 % de aumento, un 233.6 % de aumento, y un 113.6 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 12.9, 27.5 y 3.5 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 39.2, 84.0 y 10.8 % con relación al valor medio anual (Figura 147). La escorrentía anual es de 1,033.3 mm, con valores máximos mensuales de 143.5, 204.5, y 96.5 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 148).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
2.36	**0.91**	**1.45**	**3.73**	**0.91**	**2.82**	**1.34**	**0.37**	**0.97**

Tabla 79. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Anchique 1

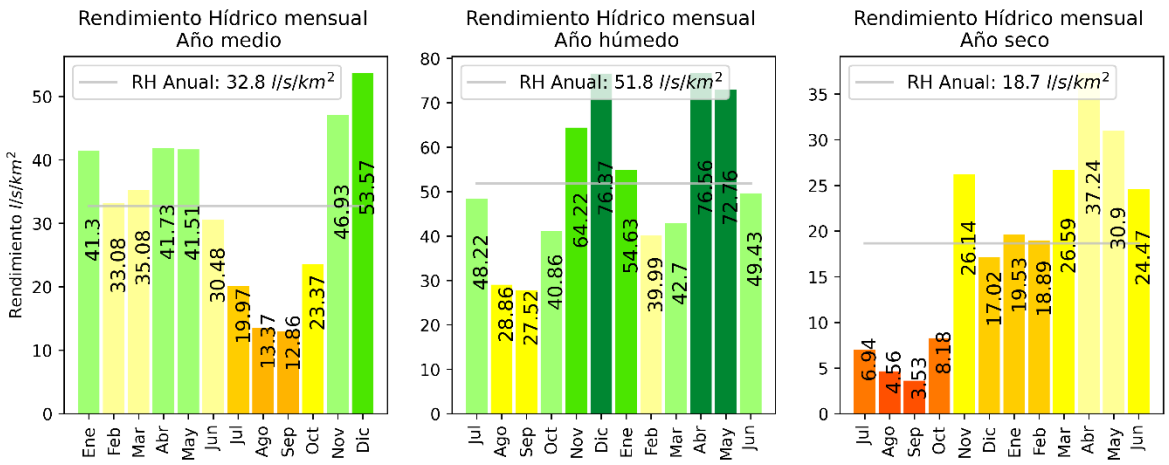


Figura 147. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en Rio Anchique 1

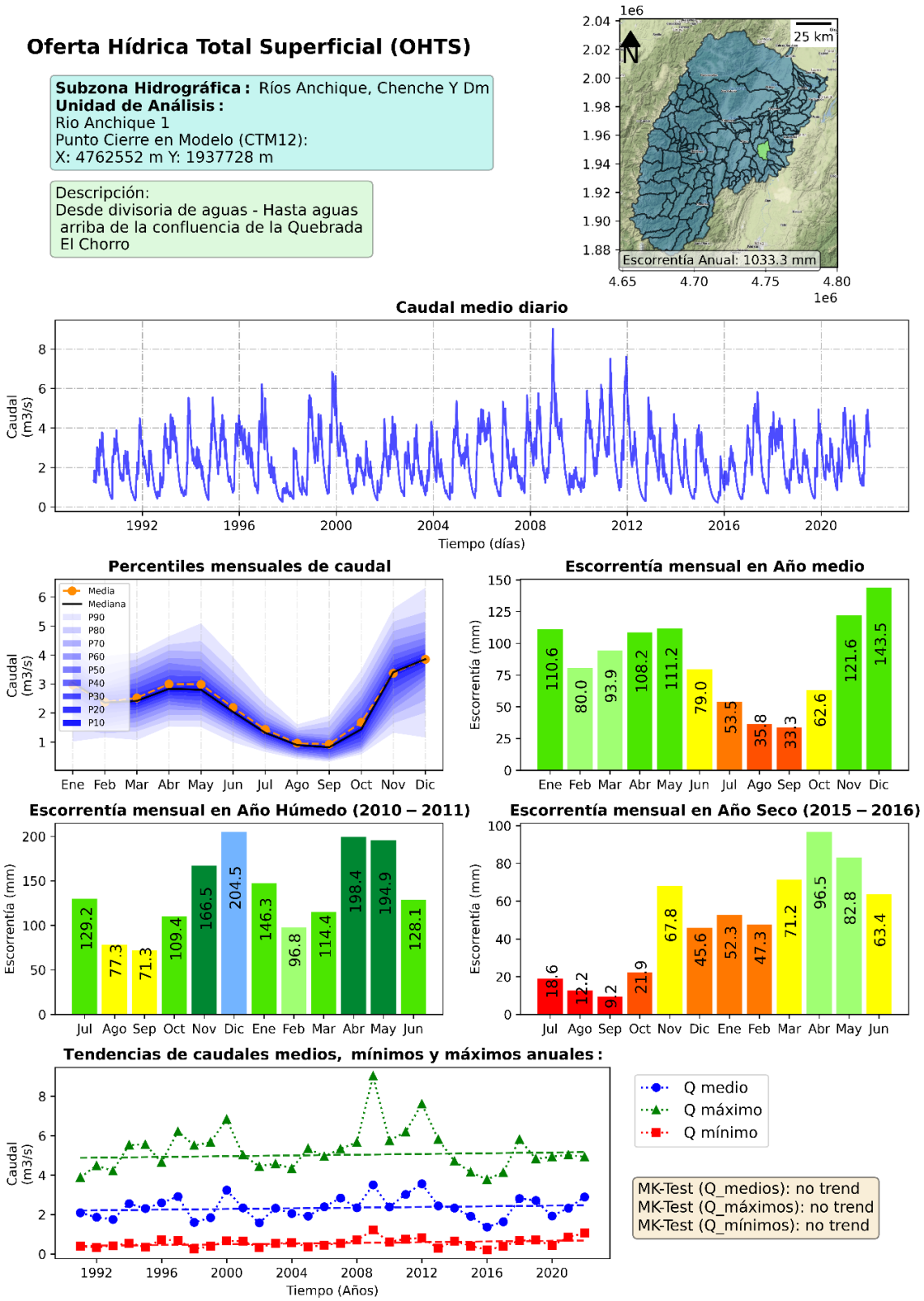


Figura 148. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Anchique 1

9.24. Unidad de Análisis: Quebrada Yaco

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 52.9, 83.5 y 37.2 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 175.6 % de aumento, un 277.2 % de aumento, y un 123.4 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 11.2, 18.9 y 3.4 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 37.1, 62.7 y 11.1 % con relación al valor medio anual (Figura 149). La escorrentía anual es de 950.6 mm, con valores máximos mensuales de 141.7, 223.7, y 96.4 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 150).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
2.03	**0.68**	**1.36**	**3.28**	**0.68**	**2.60**	**1.19**	**0.29**	**0.90**

Tabla 80. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Yaco

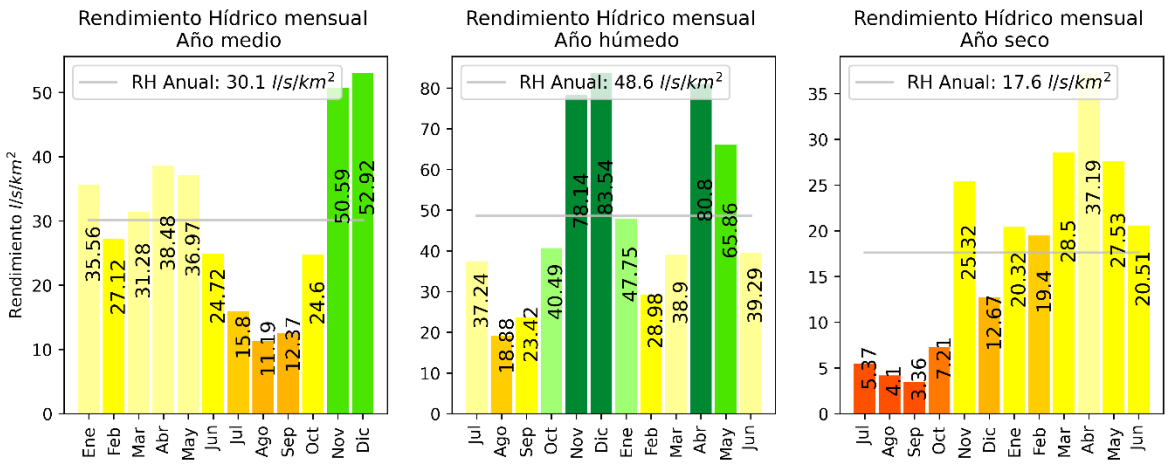


Figura 149. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Yaco

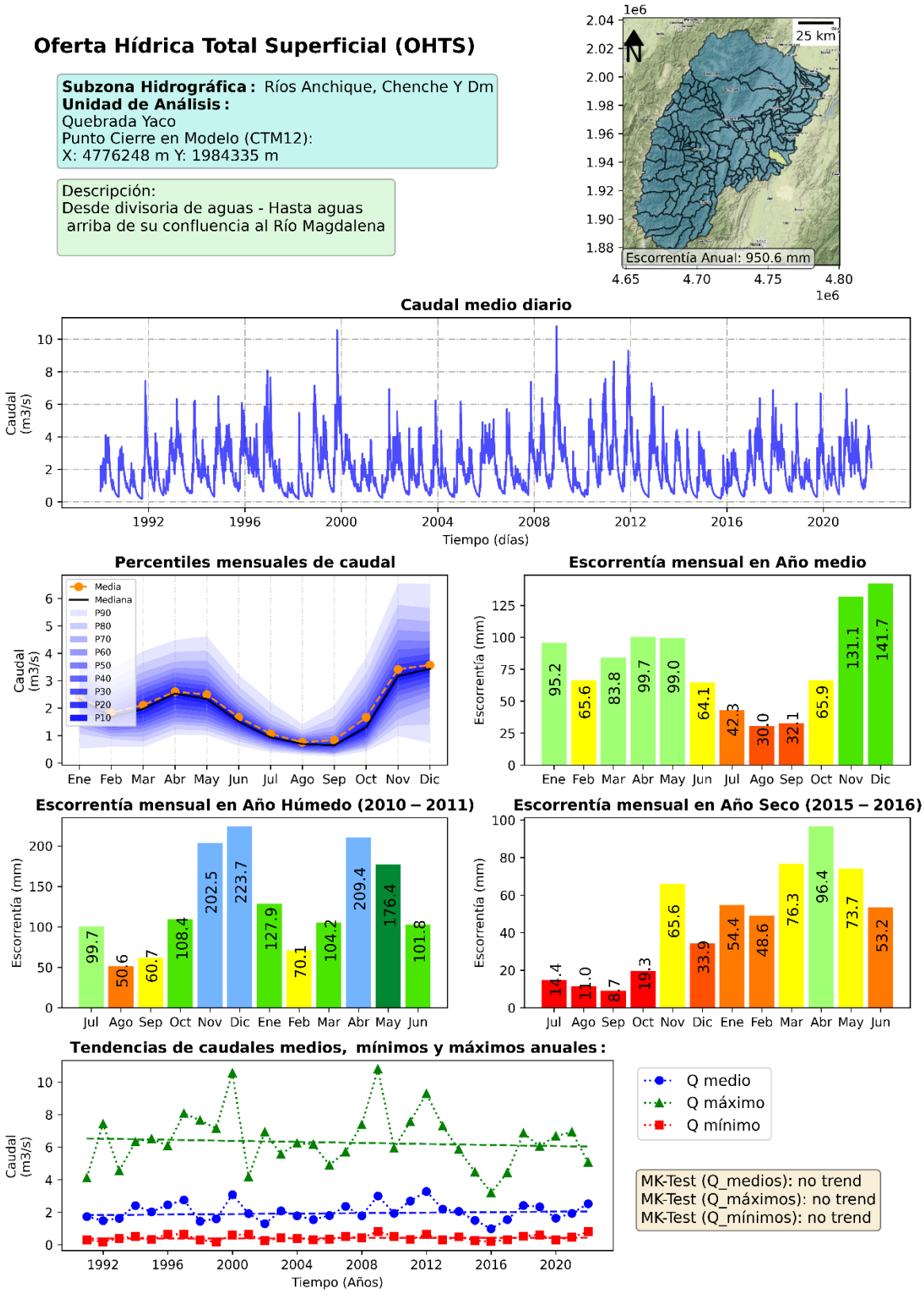


Figura 150. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Yaco

10. OHTS y OHTD en la Subzona Hidrográfica Bajo Saldaña

10.1. Unidad de Análisis: Rio Saldaña 21

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 8.7, 14.2 y 18.9 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 187.6 % de aumento, un 308.0 % de aumento, y un 410.2 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 0.0, 0.0 y 0.0 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 0.0, 0.0 y 0.0 % con relación al valor medio anual (Figura 151). La escorrentía anual es de 146.0 mm, con valores máximos mensuales de 23.2, 36.8, y 49.0 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 152).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
305.42	**187.01**	**118.41**	**434.44**	**187.01**	**247.44**	**168.79**	**106.95**	**61.84**

Tabla 81. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Saldaña 21

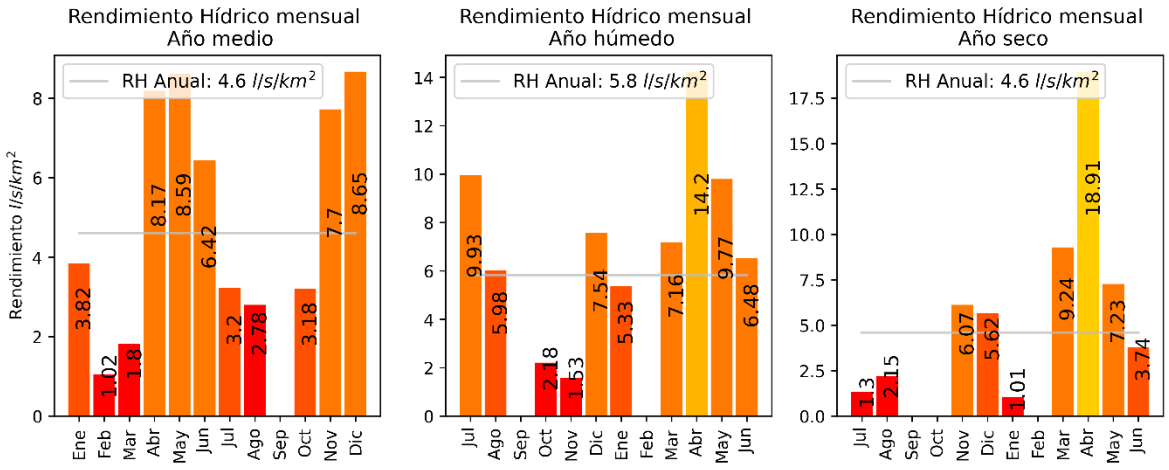


Figura 151. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 21

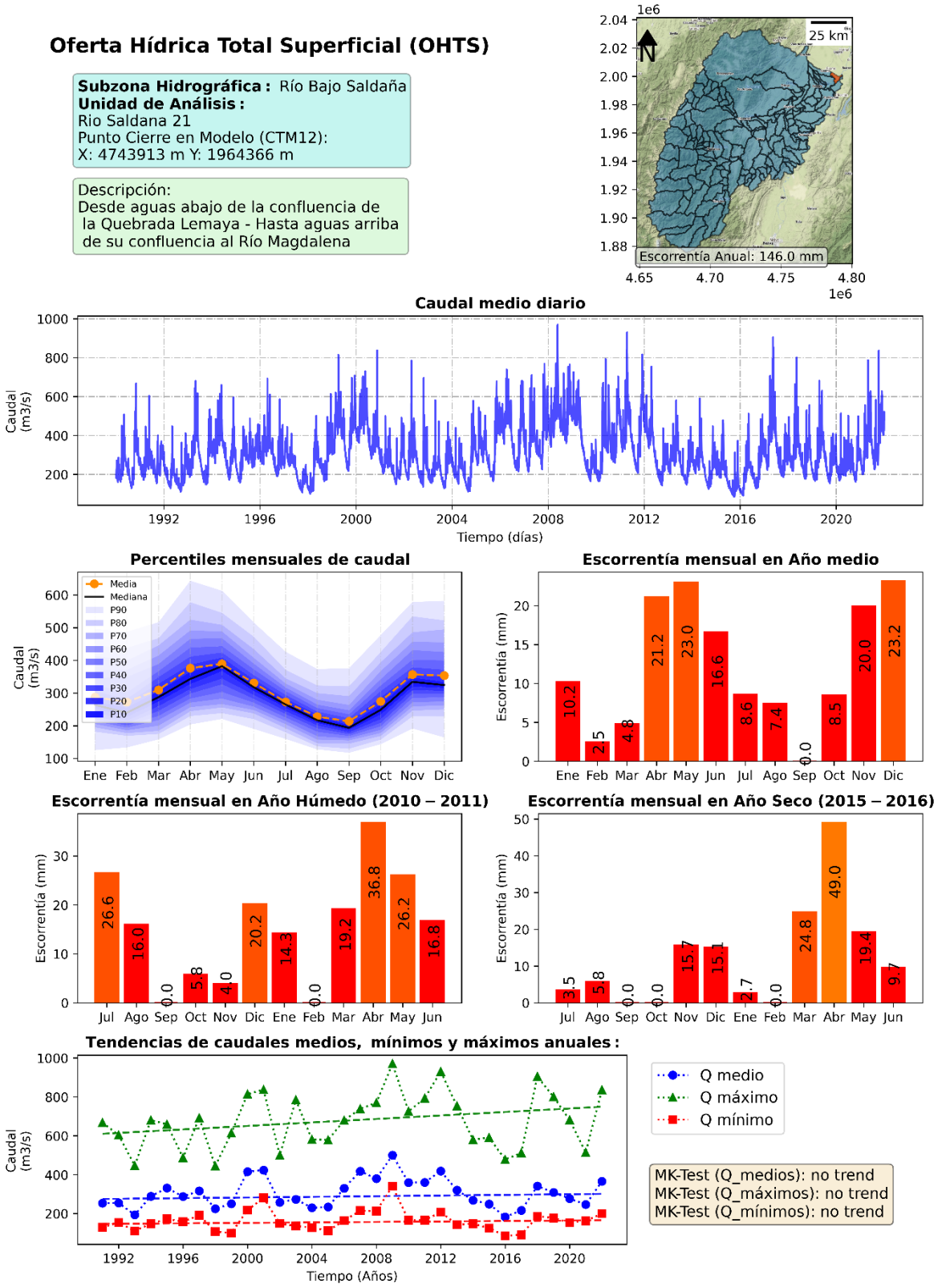


Figura 152. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 21

10.2. Unidad de Análisis: Quebrada Lemaya

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 25.6, 90.7 y 34.8 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 248.5 % de aumento, un 880.9 % de aumento, y un 337.7 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 2.5, 1.0 y 0.0 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 23.9, 10.1 y 0.0 % con relación al valor medio anual (Figura 153). La escorrentía anual es de 324.7 mm, con valores máximos mensuales de 66.3, 235.1, y 90.1 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 154).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
0.54	**0.14**	**0.41**	**0.96**	**0.14**	**0.83**	**0.36**	**0.09**	**0.27**

Tabla 82. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Lemaya

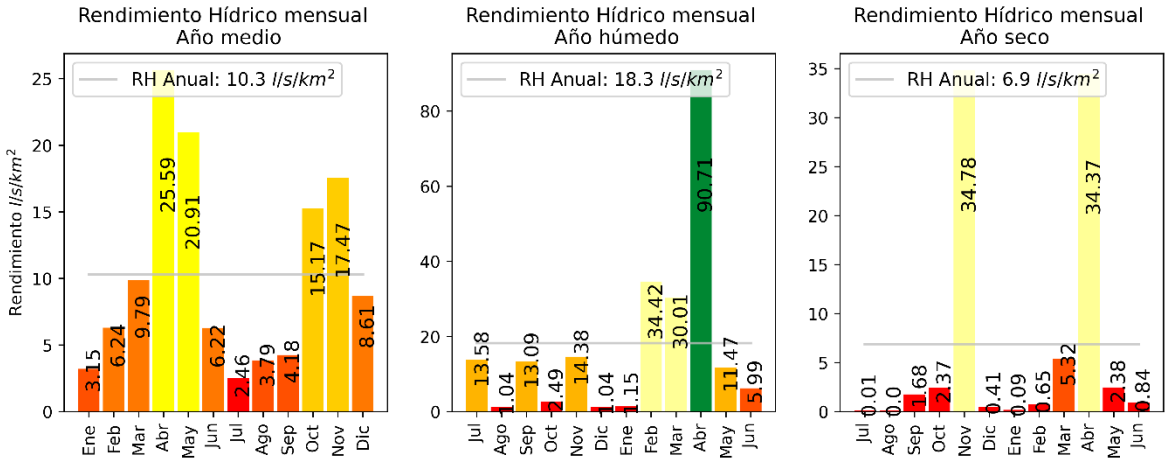


Figura 153. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Lemaya

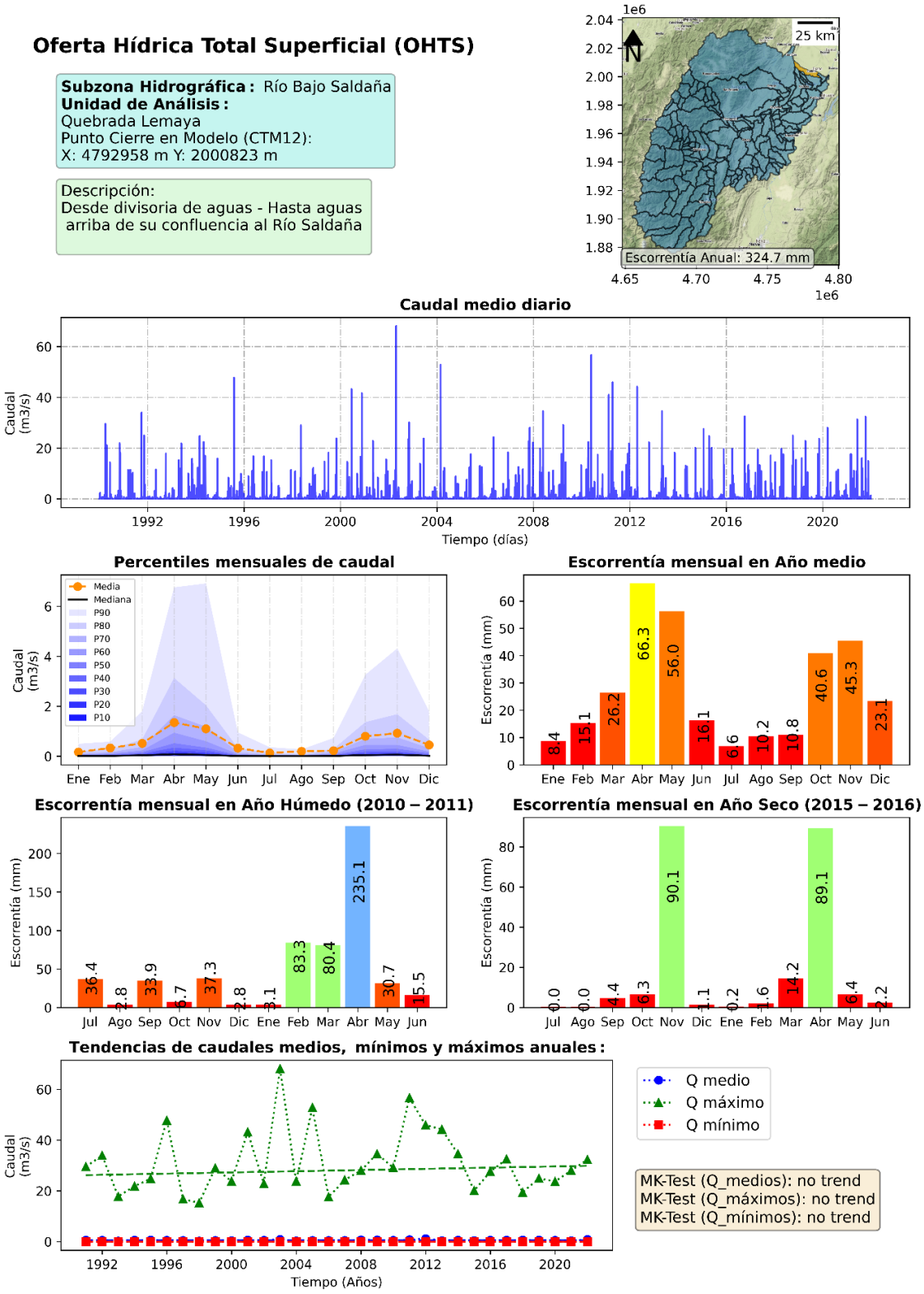


Figura 154. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Lemaya

10.3. Unidad de Análisis: Rio Saldaña 20

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 15.0, 45.4 y 26.6 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 242.3 % de aumento, un 733.6 % de aumento, y un 429.1 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 1.5, 0.9 y 0.0 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 23.8, 14.2 y 0.0 % con relación al valor medio anual (Figura 155). La escorrentía anual es de 195.4 mm, con valores máximos mensuales de 38.9, 117.7, y 68.8 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 156).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
304.78	**186.83**	**117.95**	**433.36**	**186.83**	**246.54**	**168.33**	**106.79**	**61.54**

Tabla 83. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Saldaña 20

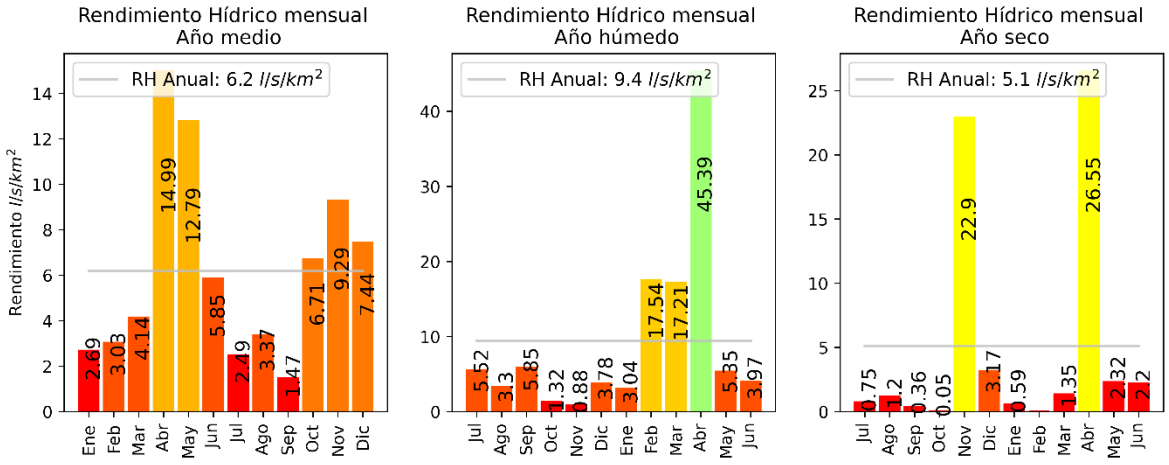


Figura 155. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 20

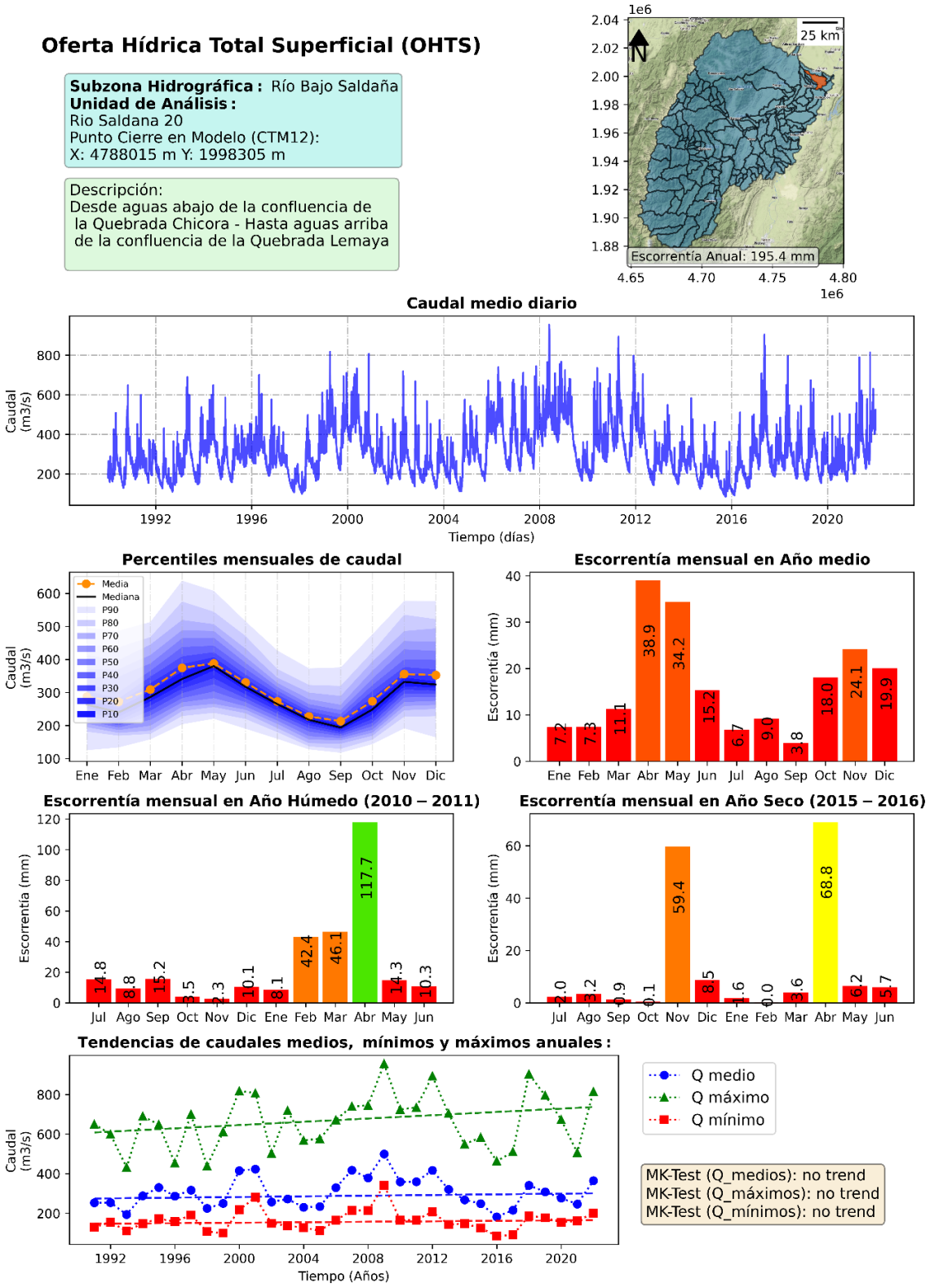


Figura 156. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 20

10.4. Unidad de Análisis: Quebrada Chicora

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 21.7, 78.4 y 38.3 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 287.3 % de aumento, un 1,040.0 % de aumento, y un 507.8 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 1.1, 0.1 y 0.0 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 14.7, 1.3 y 0.0 % con relación al valor medio anual (Figura 157). La escorrentía anual es de 237.9 mm, con valores máximos mensuales de 56.2, 203.3, y 99.3 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 158).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
0.15	**0.04**	**0.12**	**0.25**	**0.04**	**0.21**	**0.13**	**0.03**	**0.10**

Tabla 84. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Chicora

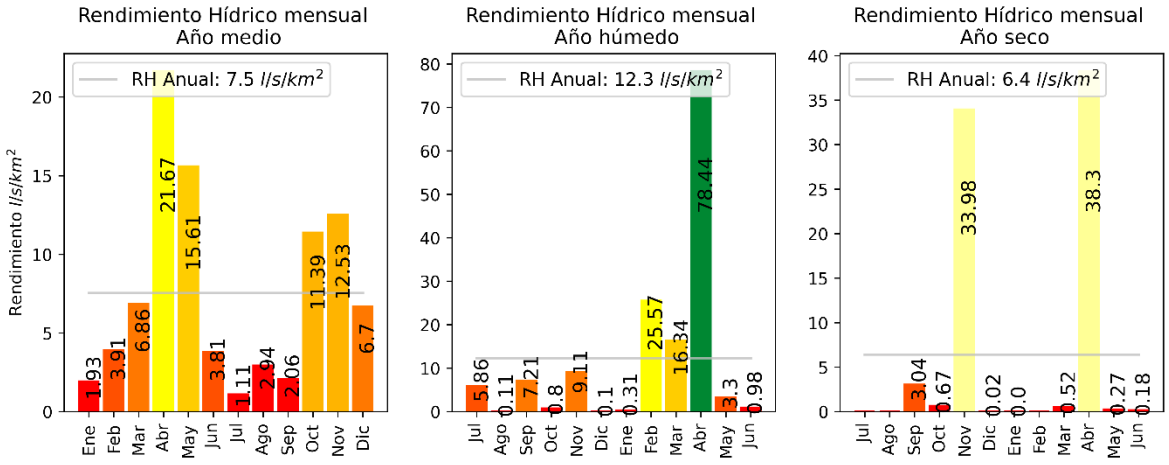


Figura 157. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Chicora

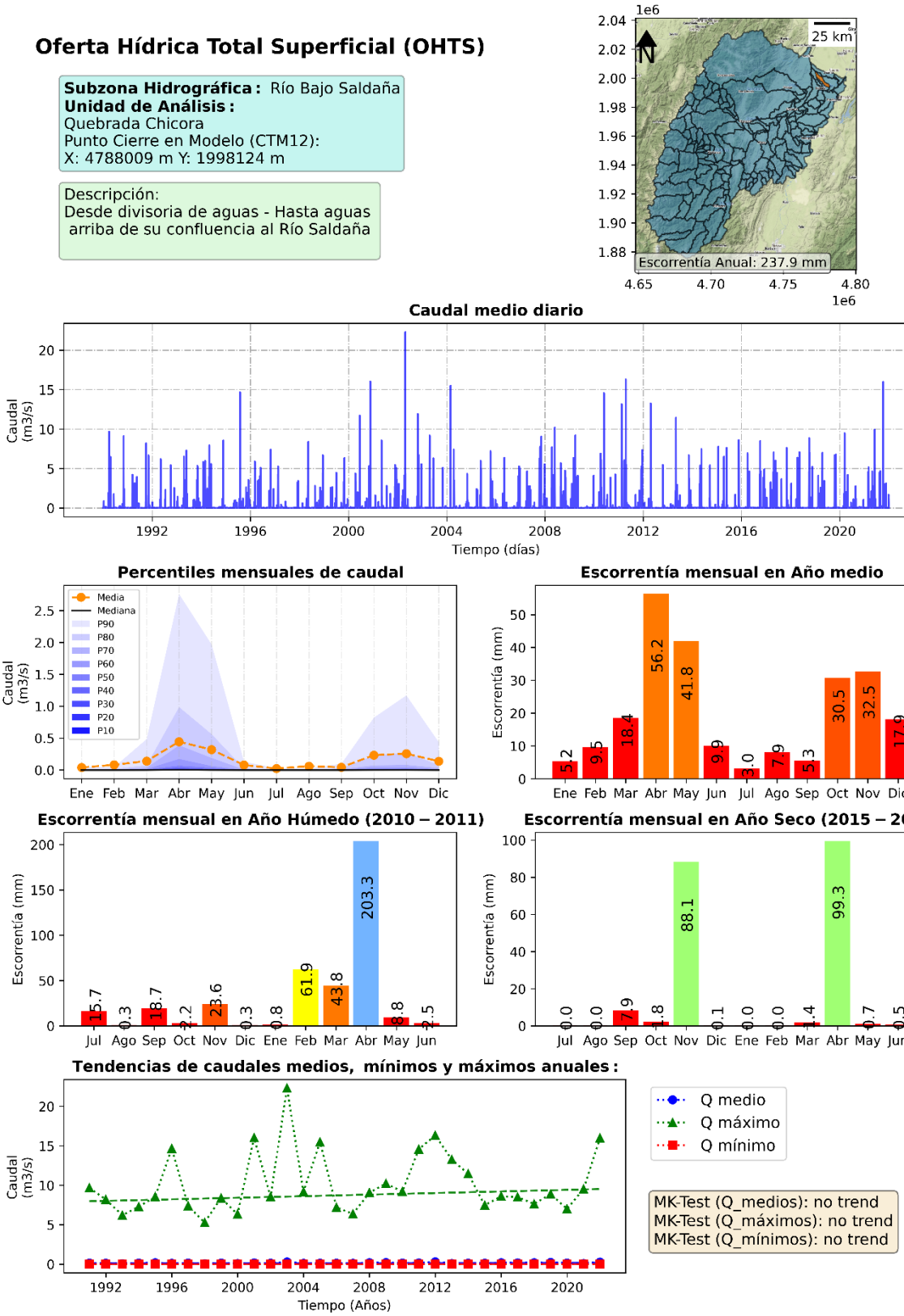


Figura 158. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Chicora

10.5. Unidad de Análisis: Rio Saldaña 19

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 18.4, 63.3 y 41.6 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 229.7 % de aumento, un 789.6 % de aumento, y un 518.4 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 1.4, 0.0 y 0.0 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 17.2, 0.0 y 0.0 % con relación al valor medio anual (Figura 159). La escorrentía anual es de 253.4 mm, con valores máximos mensuales de 47.7, 164.1, y 107.8 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 160).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
304.17	**186.75**	**117.41**	**432.42**	**186.75**	**245.66**	**167.83**	**106.53**	**61.30**

Tabla 85. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Saldaña 19

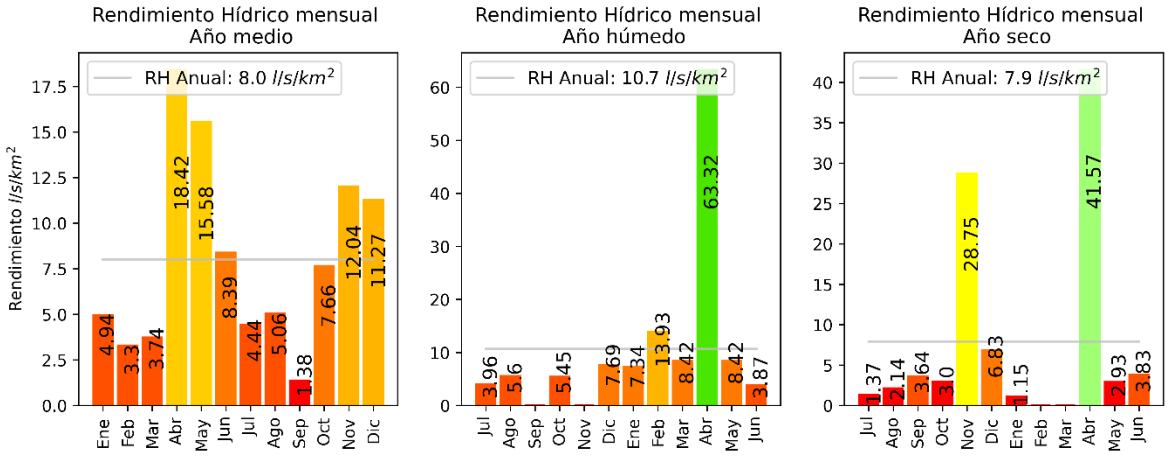


Figura 159. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 19

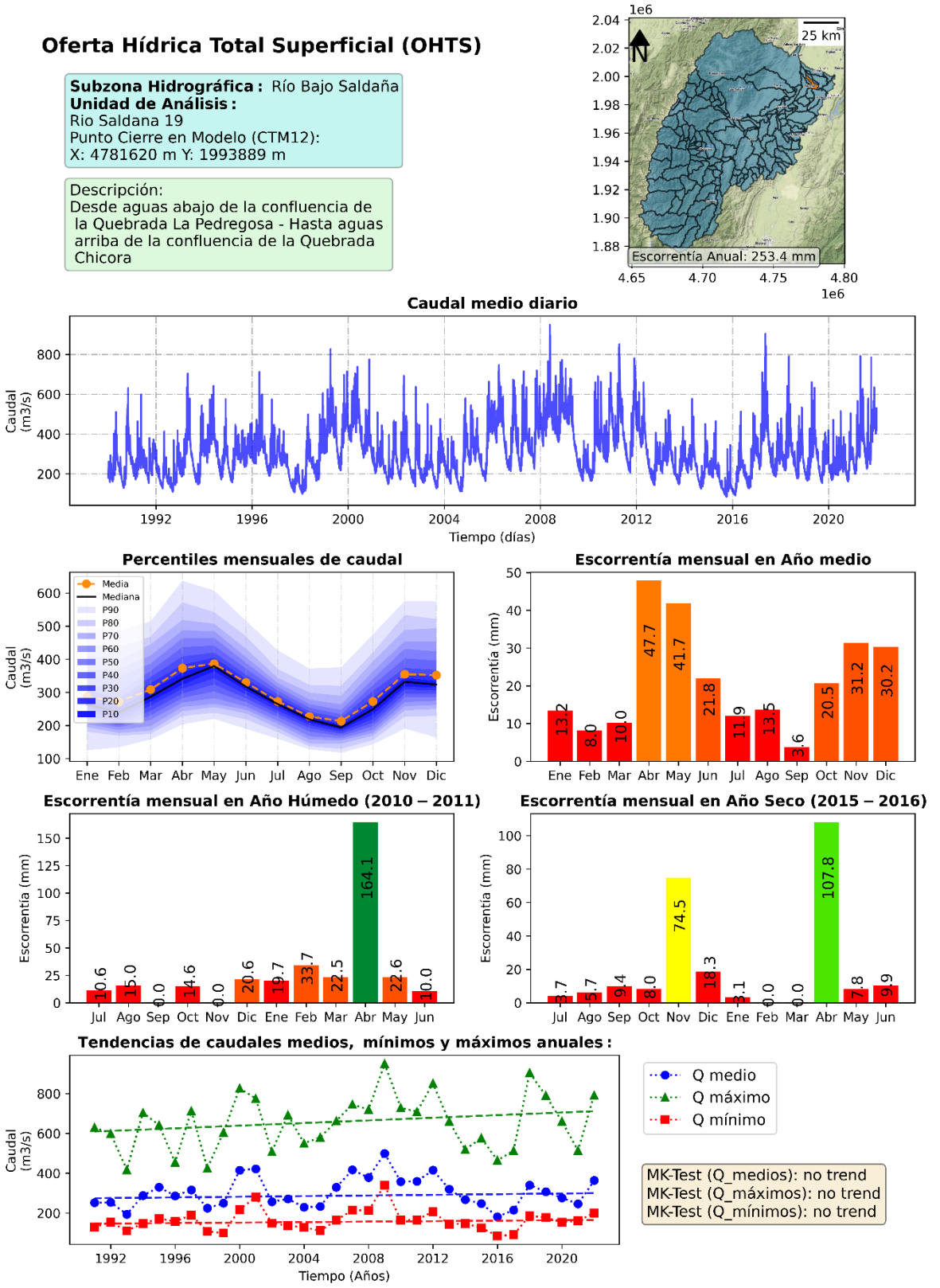


Figura 160. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 19

10.6. Unidad de Análisis: Quebrada Pedregosa

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 24.6, 119.4 y 27.5 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 286.1 % de aumento, un 1,389.3 % de aumento, y un 319.6 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 1.2, 0.1 y 0.0 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 13.7, 0.8 y 0.0 % con relación al valor medio anual (Figura 161). La escorrentía anual es de 271.5 mm, con valores máximos mensuales de 63.7, 309.4, y 71.2 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 162).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
0.27	**0.07**	**0.20**	**0.59**	**0.07**	**0.52**	**0.14**	**0.03**	**0.10**

Tabla 86. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Pedregosa

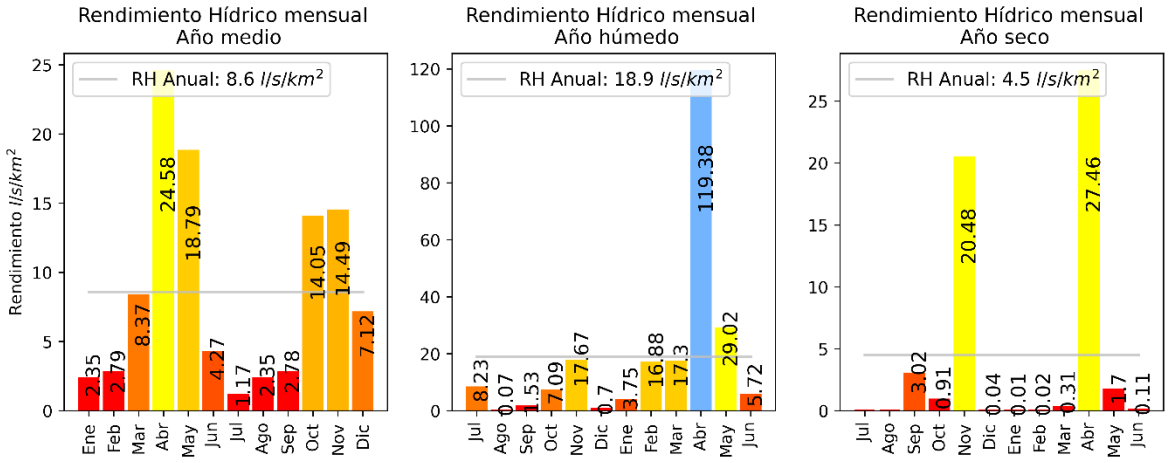


Figura 161. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Pedregosa

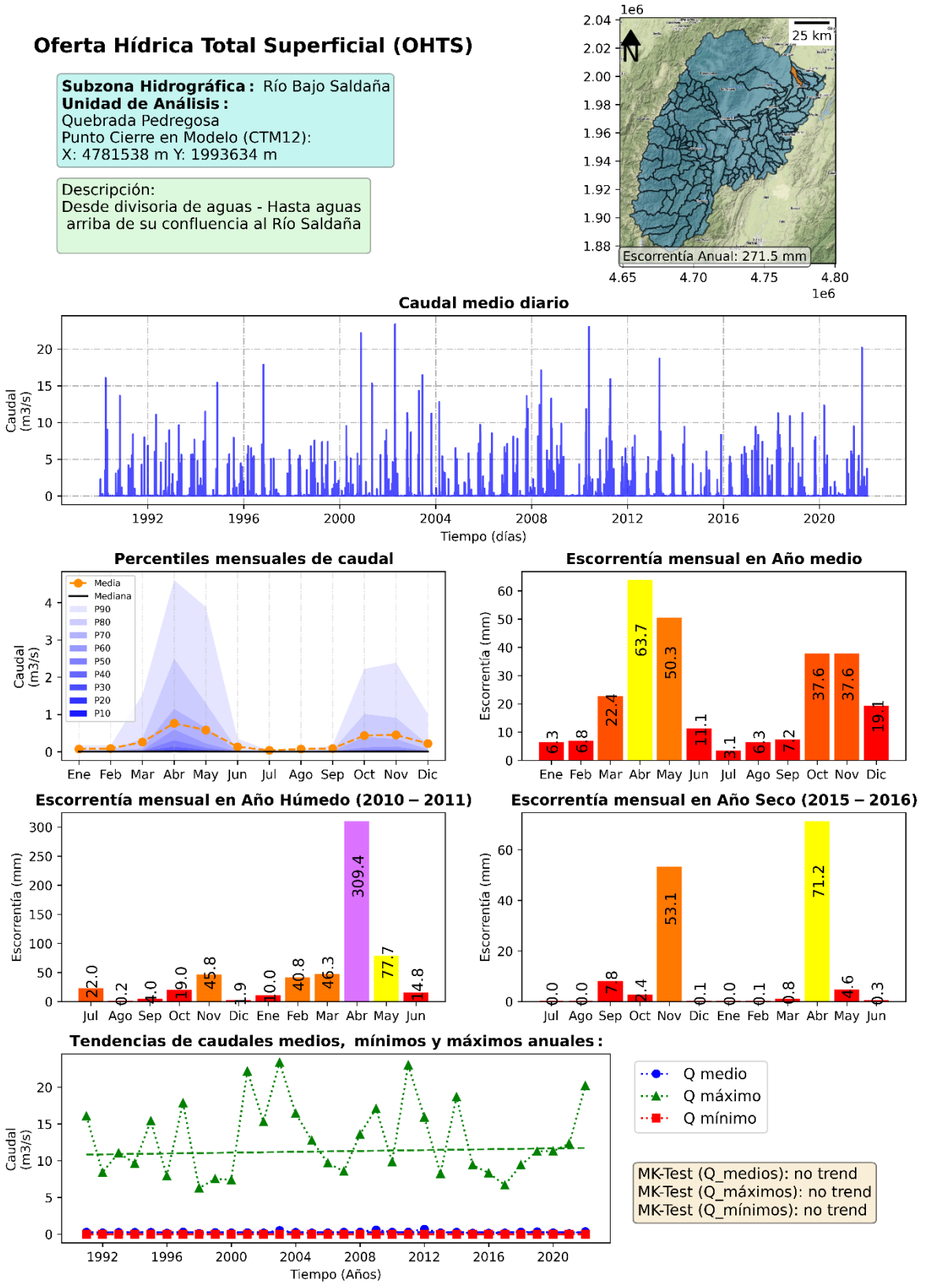


Figura 162. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Pedregosa

10.7. Unidad de Análisis: Rio Saldaña 18

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 26.7, 109.9 y 49.4 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 278.2 % de aumento, un 1,146.7 % de aumento, y un 515.6 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 2.5, 0.4 y 0.0 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 26.1, 4.5 y 0.0 % con relación al valor medio anual (Figura 163). La escorrentía anual es de 302.7 mm, con valores máximos mensuales de 69.1, 284.9, y 128.1 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 164).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
303.70	**186.55**	**117.15**	**431.58**	**186.55**	**245.02**	**167.51**	**106.55**	**60.96**

Tabla 87. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Saldaña 18

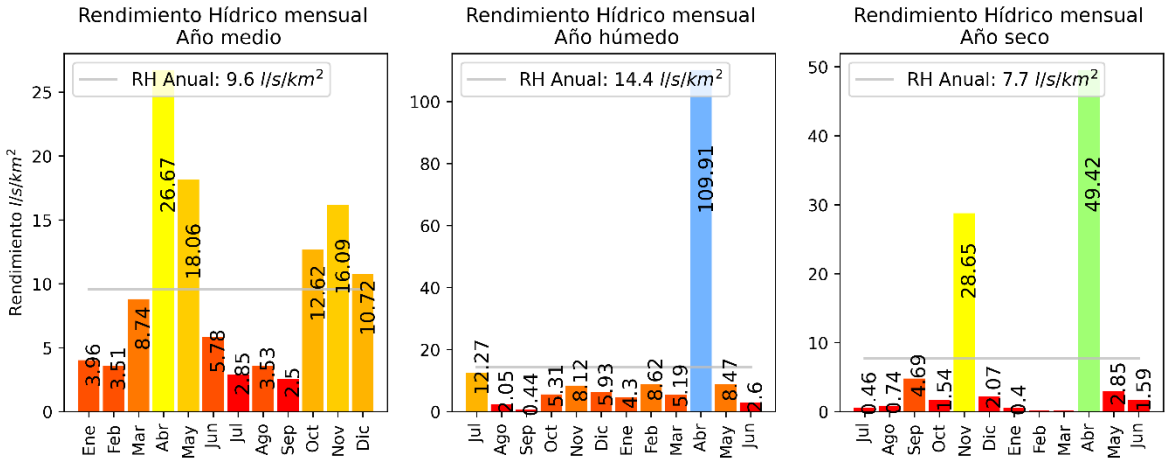


Figura 163. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 18

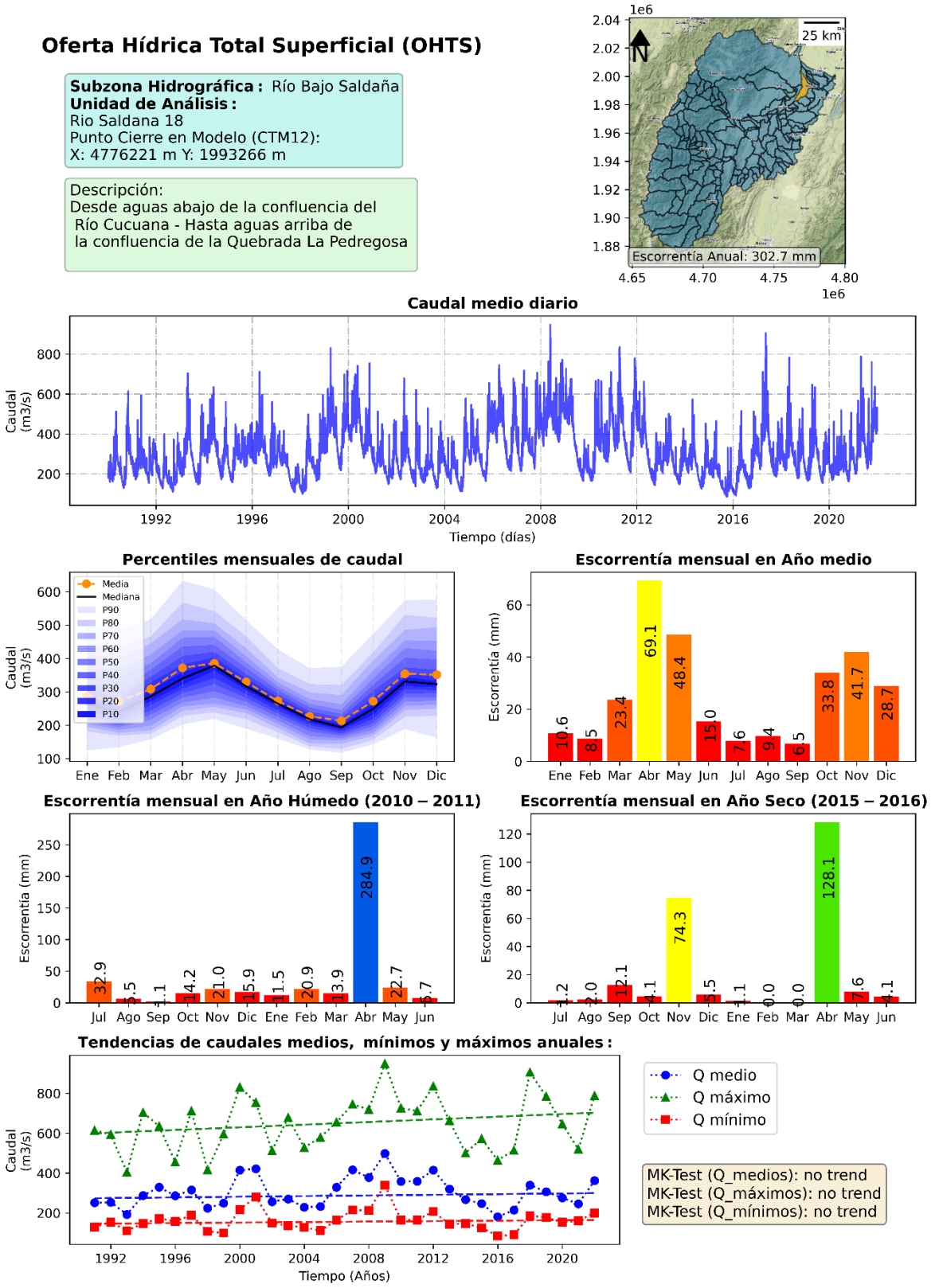


Figura 164. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 18

10.8. Unidad de Análisis: Rio Saldaña 17

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 29.9, 135.1 y 32.4 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 300.5 % de aumento, un 1,358.0 % de aumento, y un 325.8 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 2.2, 0.3 y 0.0 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 21.8, 2.8 y 0.0 % con relación al valor medio anual (Figura 165). La escorrentía anual es de 314.3 mm, con valores máximos mensuales de 77.5, 350.2, y 84.0 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 166).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
269.19	**168.33**	**100.87**	**364.42**	**168.33**	**196.09**	**151.47**	**95.93**	**55.53**

Tabla 88. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Saldaña 17

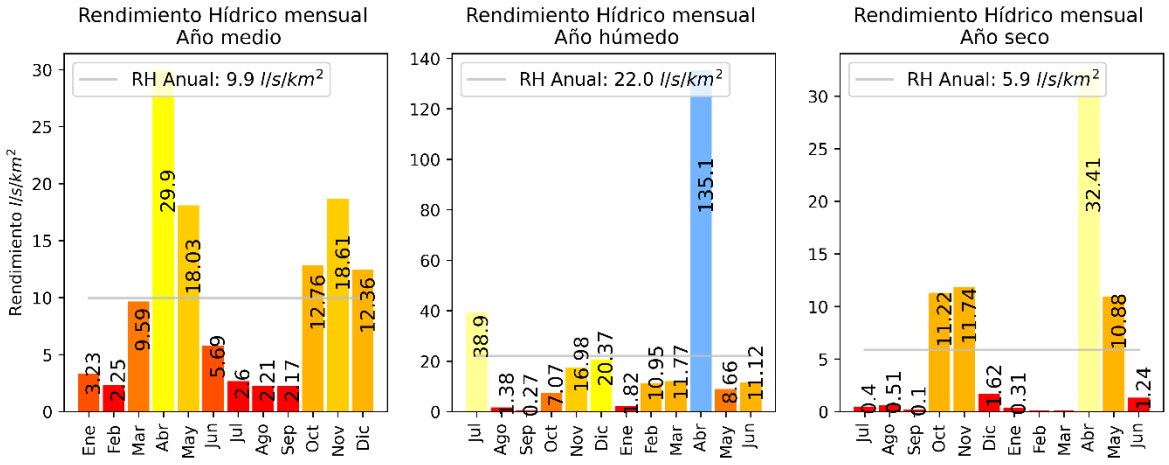


Figura 165. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 17

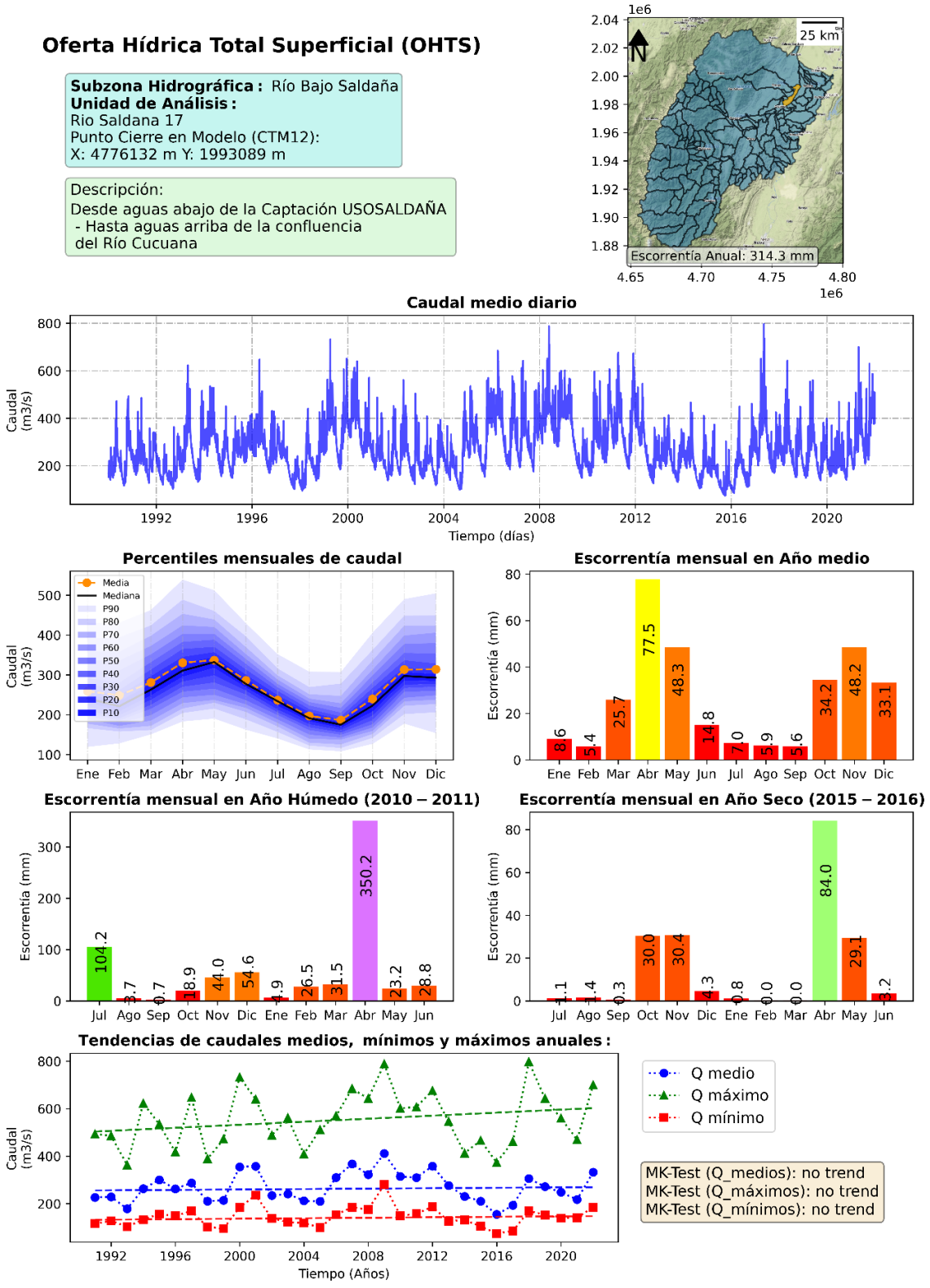


Figura 166. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 17

10.9. Unidad de Análisis: Rio Saldaña 16

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 24.7, 128.9 y 36.6 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 302.1 % de aumento, un 1,579.3 % de aumento, y un 448.1 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 0.2, 0.0 y 0.0 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 2.5, 0.0 y 0.0 % con relación al valor medio anual (Figura 167). La escorrentía anual es de 258.5 mm, con valores máximos mensuales de 63.9, 334.2, y 94.8 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 168).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
268.66	**168.23**	**100.43**	**363.24**	**168.23**	**195.01**	**151.16**	**95.82**	**55.34**

Tabla 89. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Saldaña 16

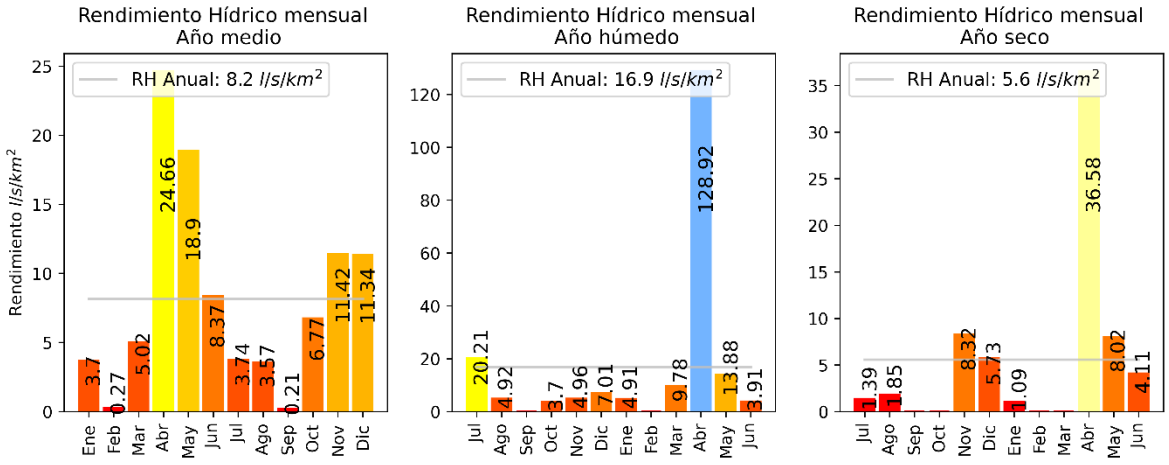


Figura 167. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 16

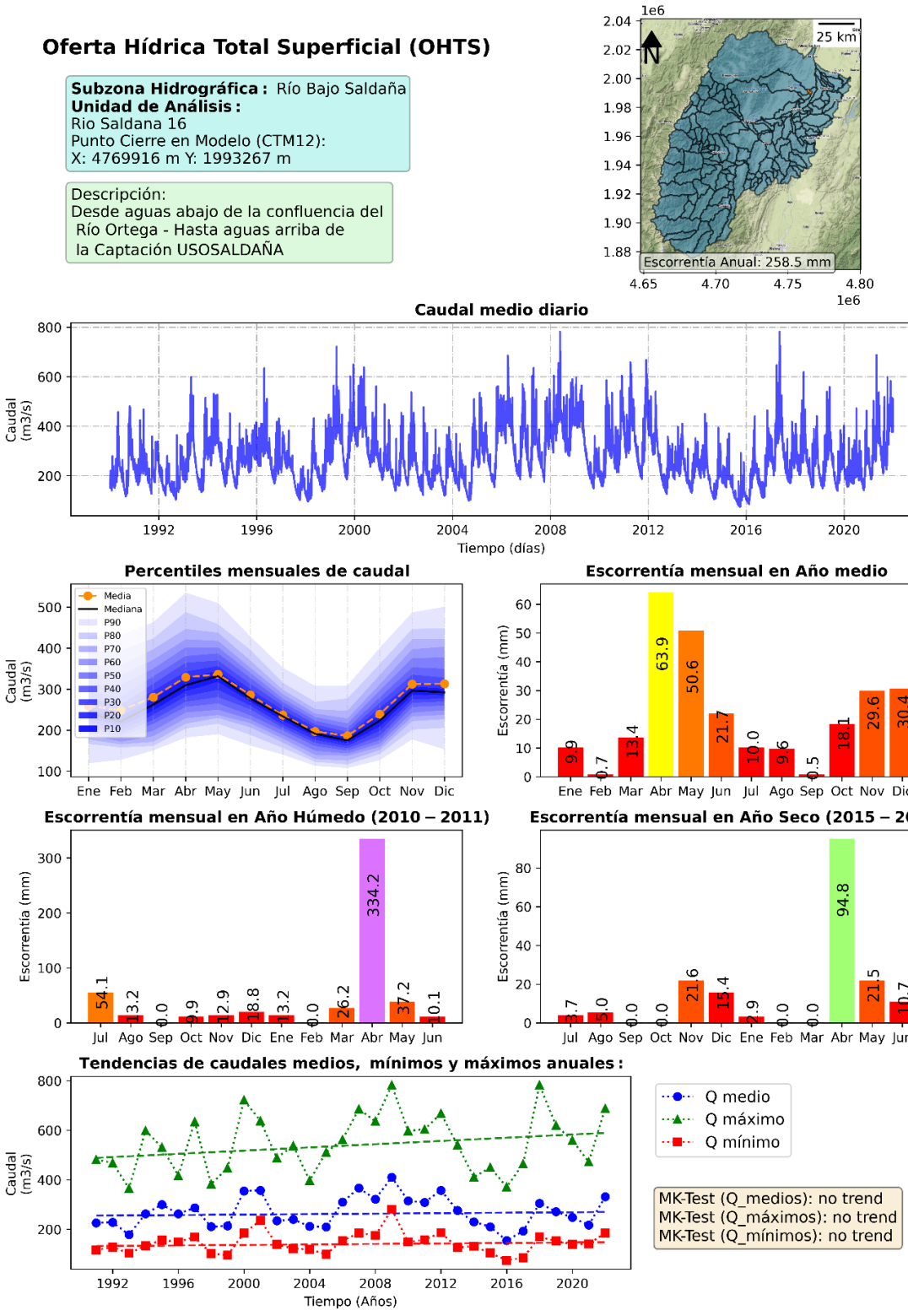


Figura 168. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 16

10.10. Unidad de Análisis: Rio Saldaña 15

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 32.2, 142.8 y 39.3 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 279.7 % de aumento, un 1,239.5 % de aumento, y un 340.9 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 1.8, 0.0 y 0.0 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 15.9, 0.0 y 0.0 % con relación al valor medio anual (Figura 169). La escorrentía anual es de 364.4 mm, con valores máximos mensuales de 83.5, 370.2, y 101.8 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 170).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
261.65	**164.19**	**97.46**	**351.72**	**164.19**	**187.53**	**147.20**	**93.20**	**54.00**

Tabla 90. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Saldaña 15

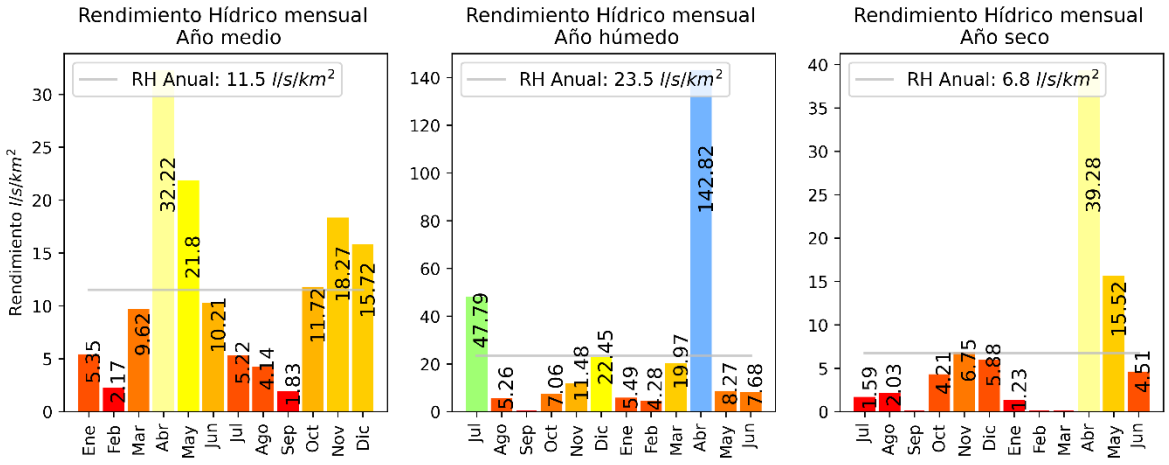


Figura 169. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 15

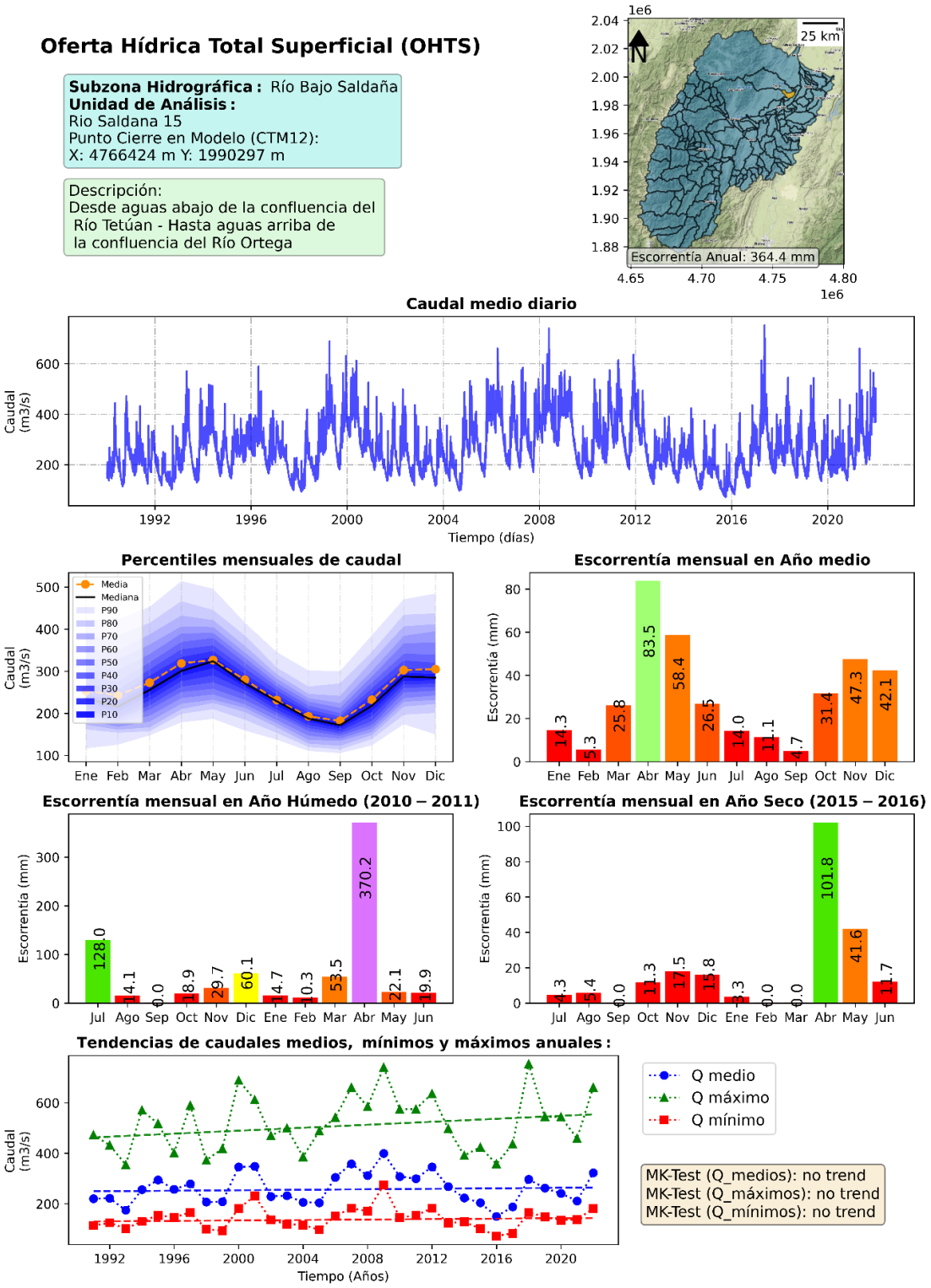


Figura 170. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 15

10.11. Unidad de Análisis: Rio Saldaña 14

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 27.8, 123.3 y 17.7 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 271.5 % de aumento, un 1,202.2 % de aumento, y un 172.8 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 1.3, 0.0 y 0.0 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 13.1, 0.0 y 0.0 % con relación al valor medio anual (Figura 171). La escorrentía anual es de 324.2 mm, con valores máximos mensuales de 72.1, 319.5, y 45.9 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 172).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
241.00	**152.56**	**88.45**	**318.28**	**152.56**	**165.72**	**135.00**	**85.21**	**49.79**

Tabla 91. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Saldaña 14

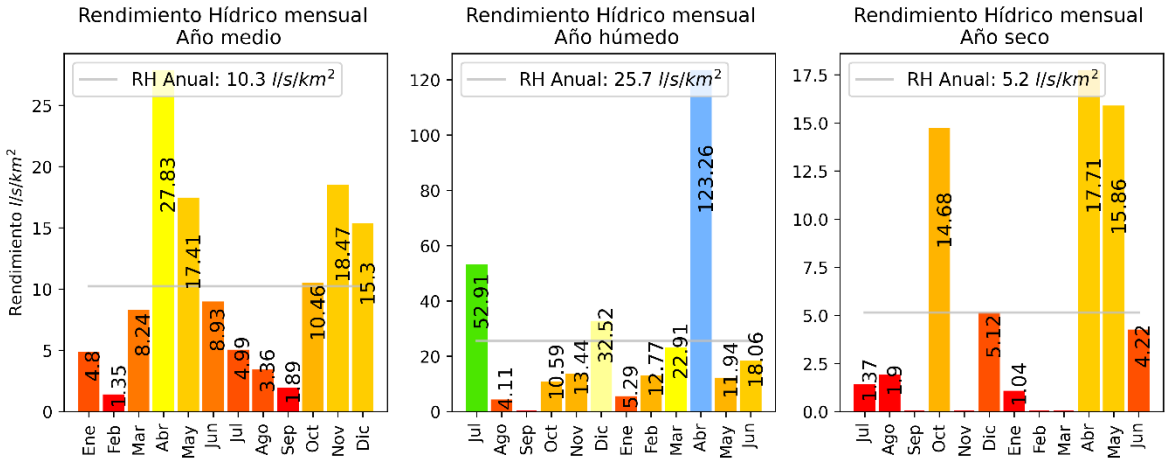


Figura 171. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 14

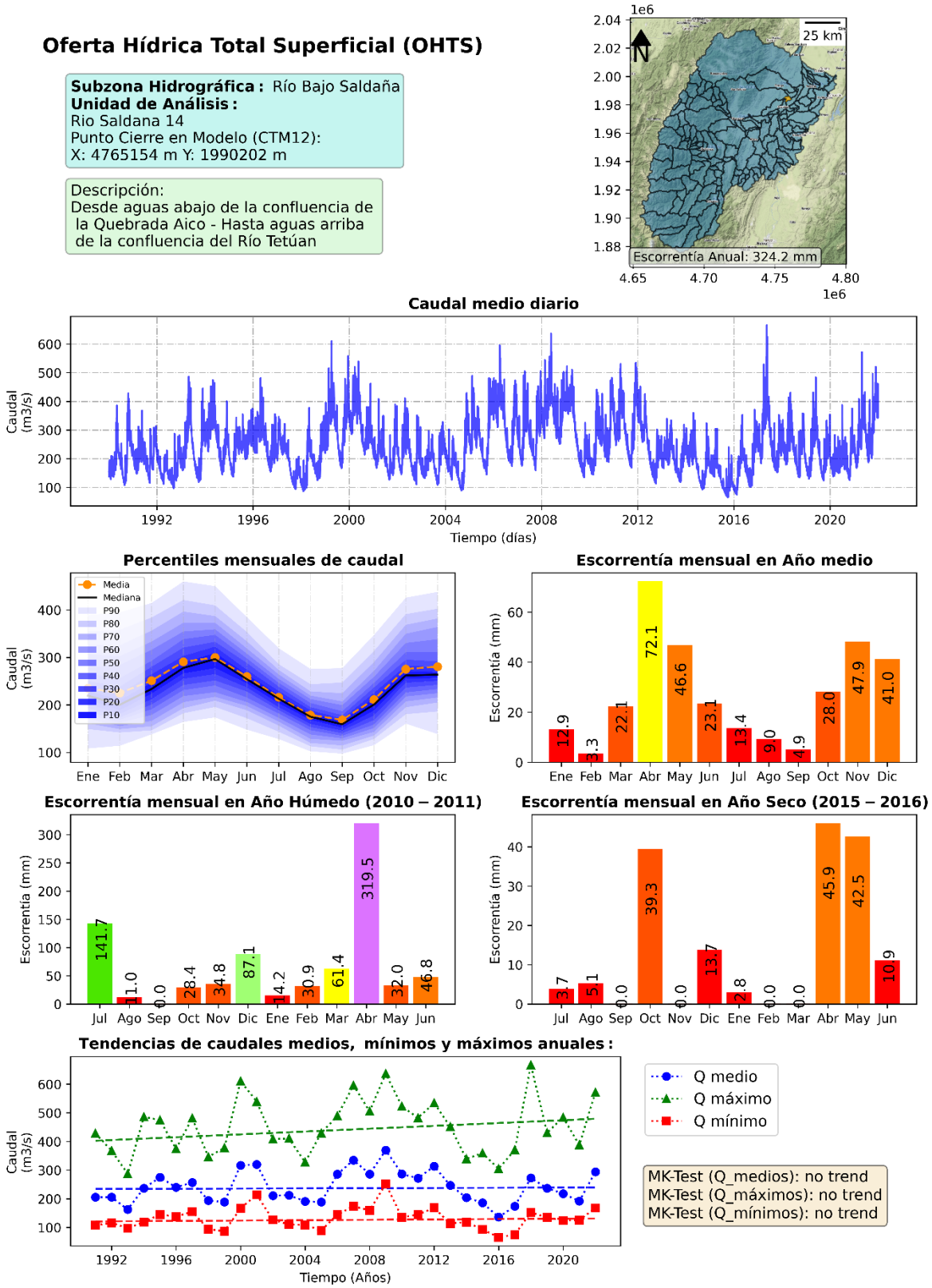


Figura 172 Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 14

10.12. Unidad de Análisis: Quebrada Aico

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 38.1, 117.1 y 25.7 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 179.2 % de aumento, un 551.2 % de aumento, y un 120.7 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 10.0, 13.7 y 4.6 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 47.2, 64.5 y 21.8 % con relación al valor medio anual (Figura 173). La escorrentía anual es de 670.3 mm, con valores máximos mensuales de 98.7, 303.5, y 66.5 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 174).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
1.68	**0.56**	**1.11**	**3.31**	**0.56**	**2.75**	**0.82**	**0.36**	**0.46**

Tabla 92. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Aico

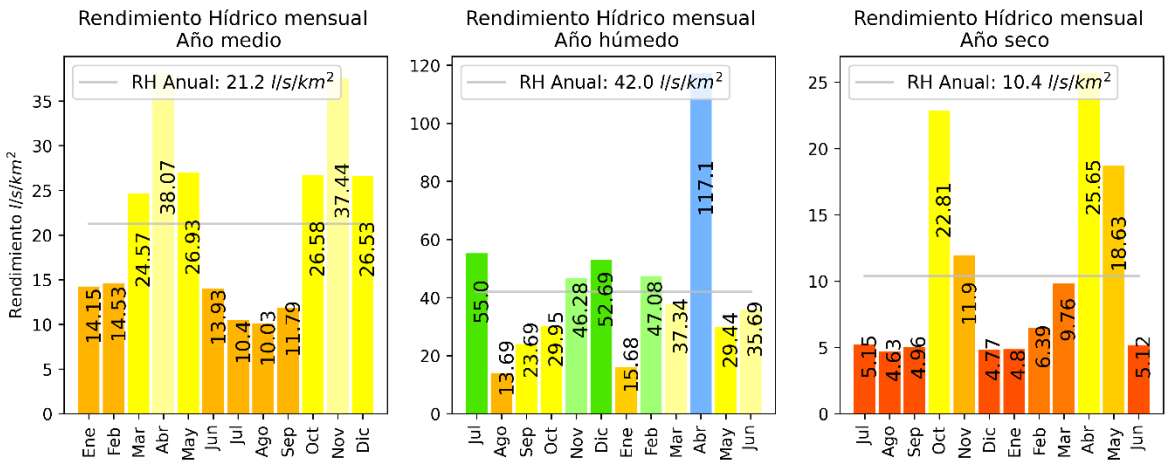


Figura 173. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Aico

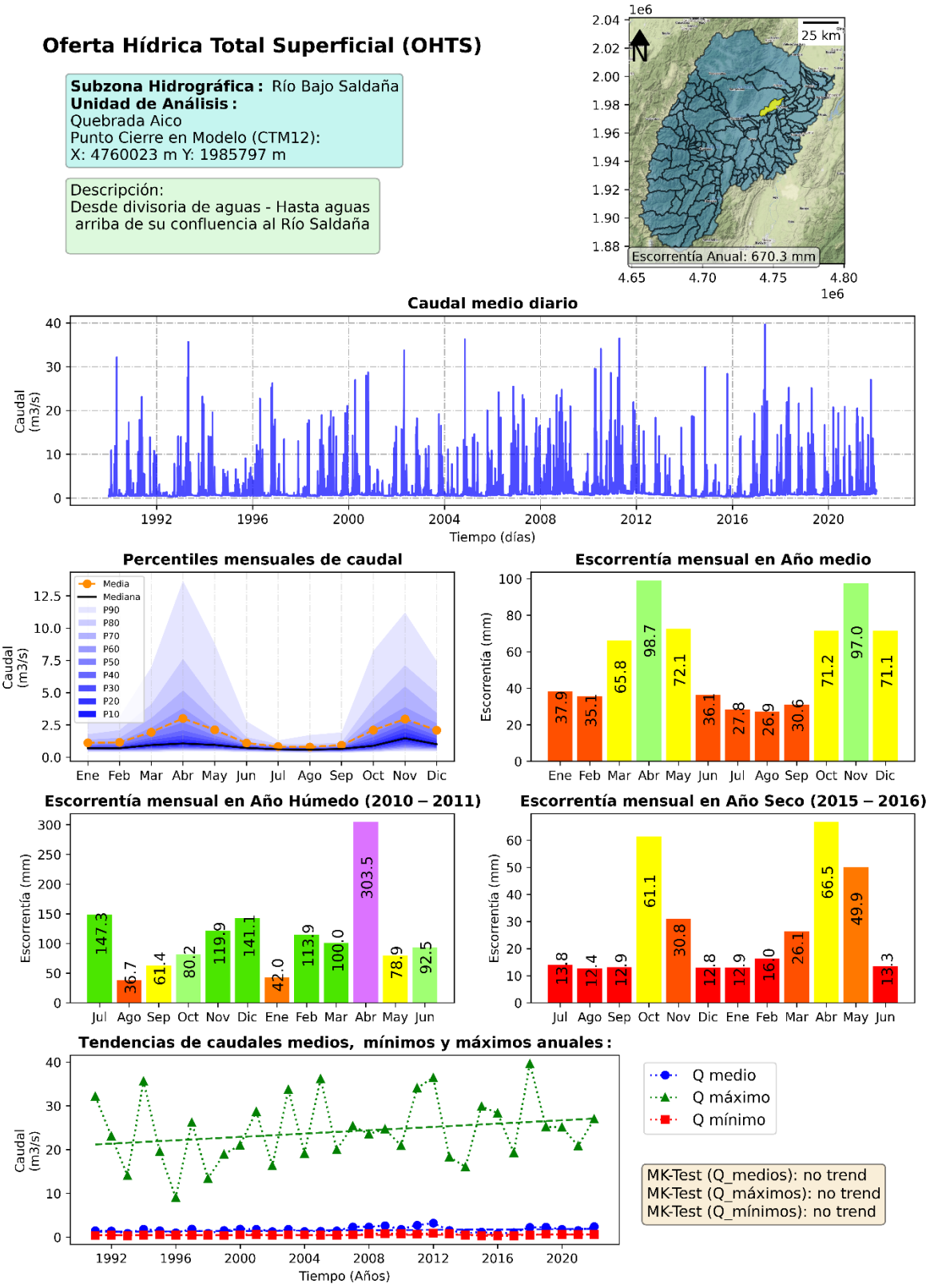


Figura 174. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Aico

10.13. Unidad de Análisis: Rio Saldaña 13

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 31.6, 130.3 y 34.2 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 226.7 % de aumento, un 934.7 % de aumento, y un 245.6 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 4.2, 4.6 y 0.0 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 30.0, 32.8 y 0.0 % con relación al valor medio anual (Figura 175). La escorrentía anual es de 440.3 mm, con valores máximos mensuales de 81.9, 337.6, y 91.7 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 176).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
239.23	**151.90**	**87.33**	**314.72**	**151.90**	**162.81**	**134.14**	**84.74**	**49.40**

Tabla 93. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Saldaña 13

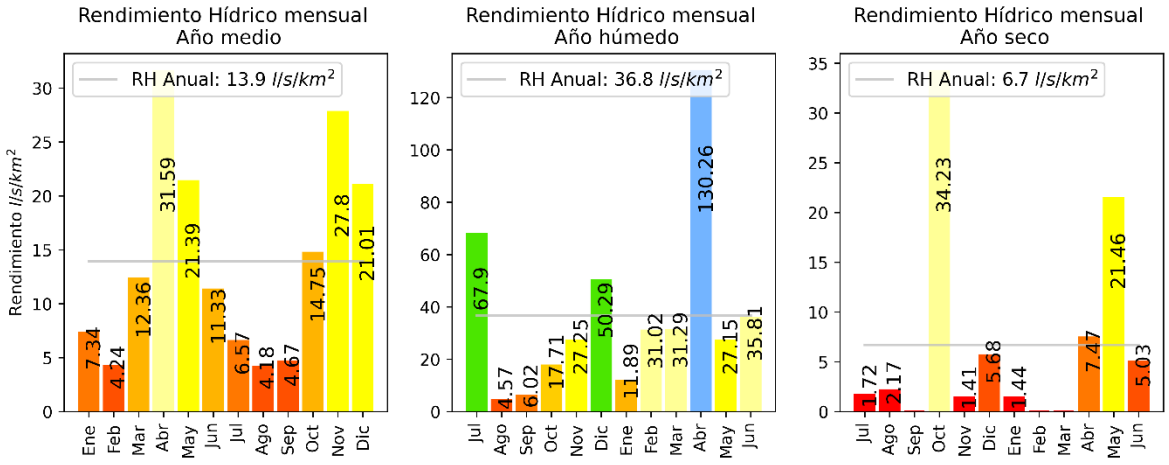


Figura 175. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 13

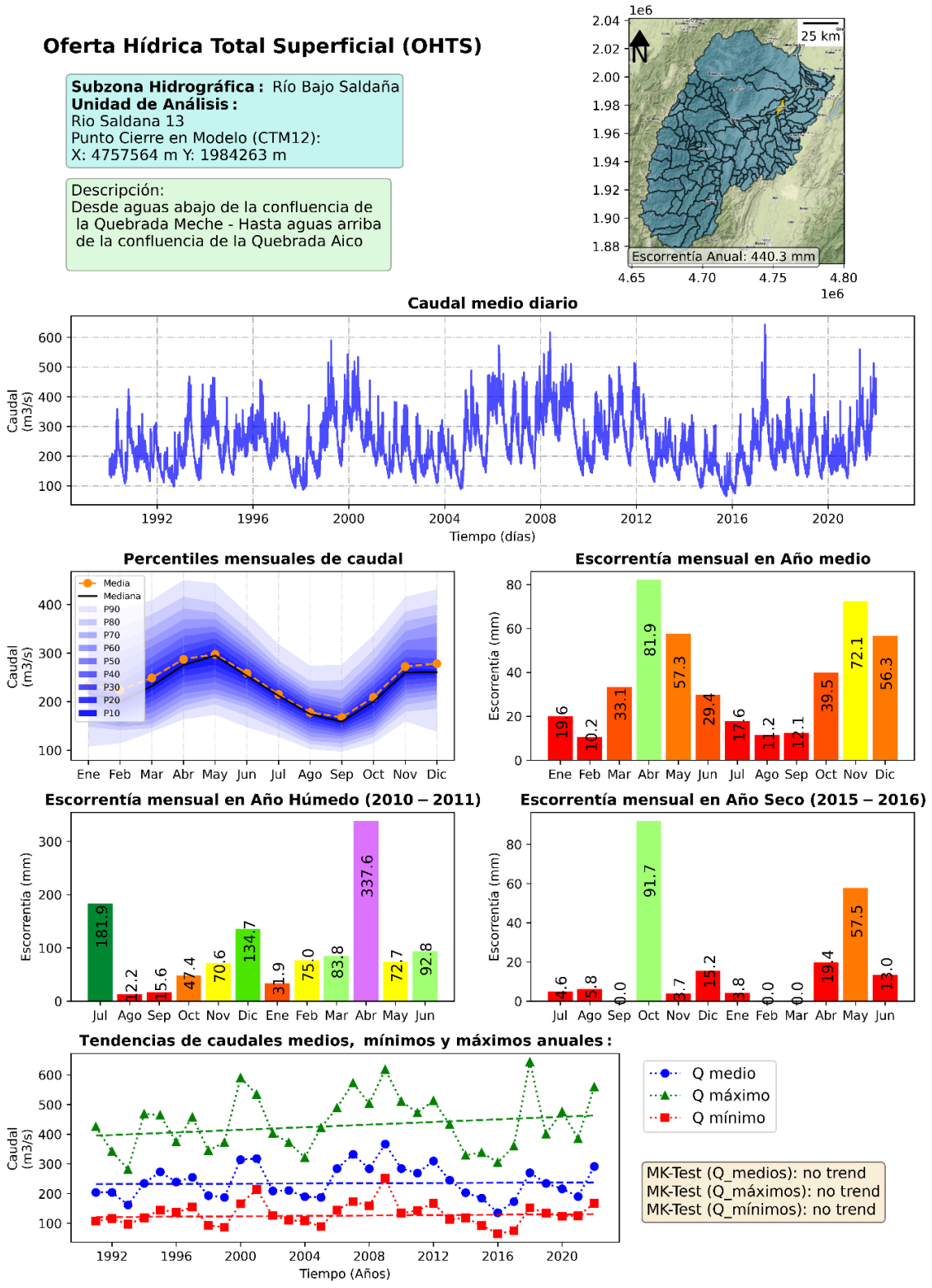


Figura 176. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 13

10.14. Unidad de Análisis: Quebrada Meche

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 27.2, 67.8 y 16.4 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 160.8 % de aumento, un 401.0 % de aumento, y un 96.9 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 9.8, 13.2 y 4.7 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 57.7, 77.9 y 28.0 % con relación al valor medio anual (Figura 177). La escorrentía anual es de 533.3 mm, con valores máximos mensuales de 70.5, 175.7, y 42.5 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 178).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
1.33	**0.57**	**0.76**	**2.40**	**0.57**	**1.83**	**0.67**	**0.39**	**0.28**

Tabla 94. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Meche

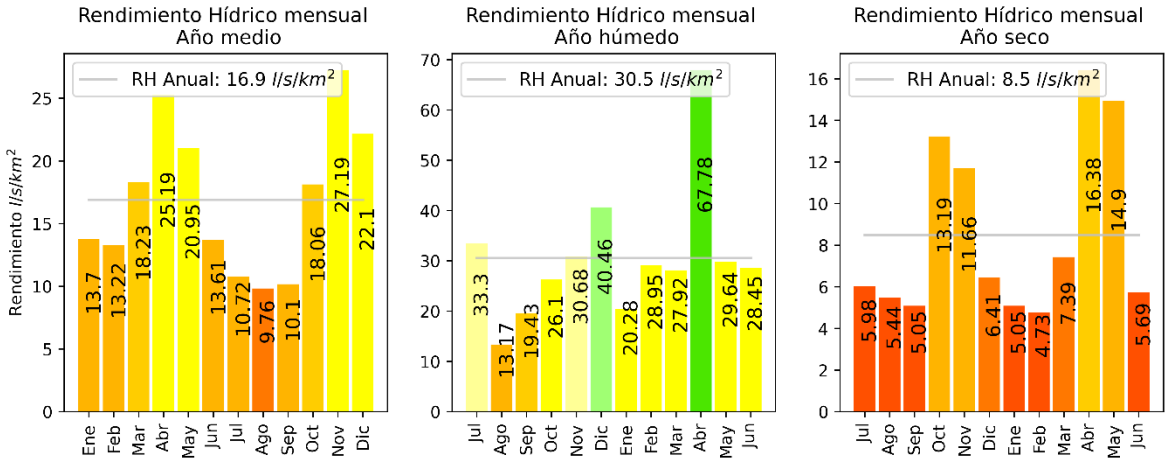


Figura 177. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Meche

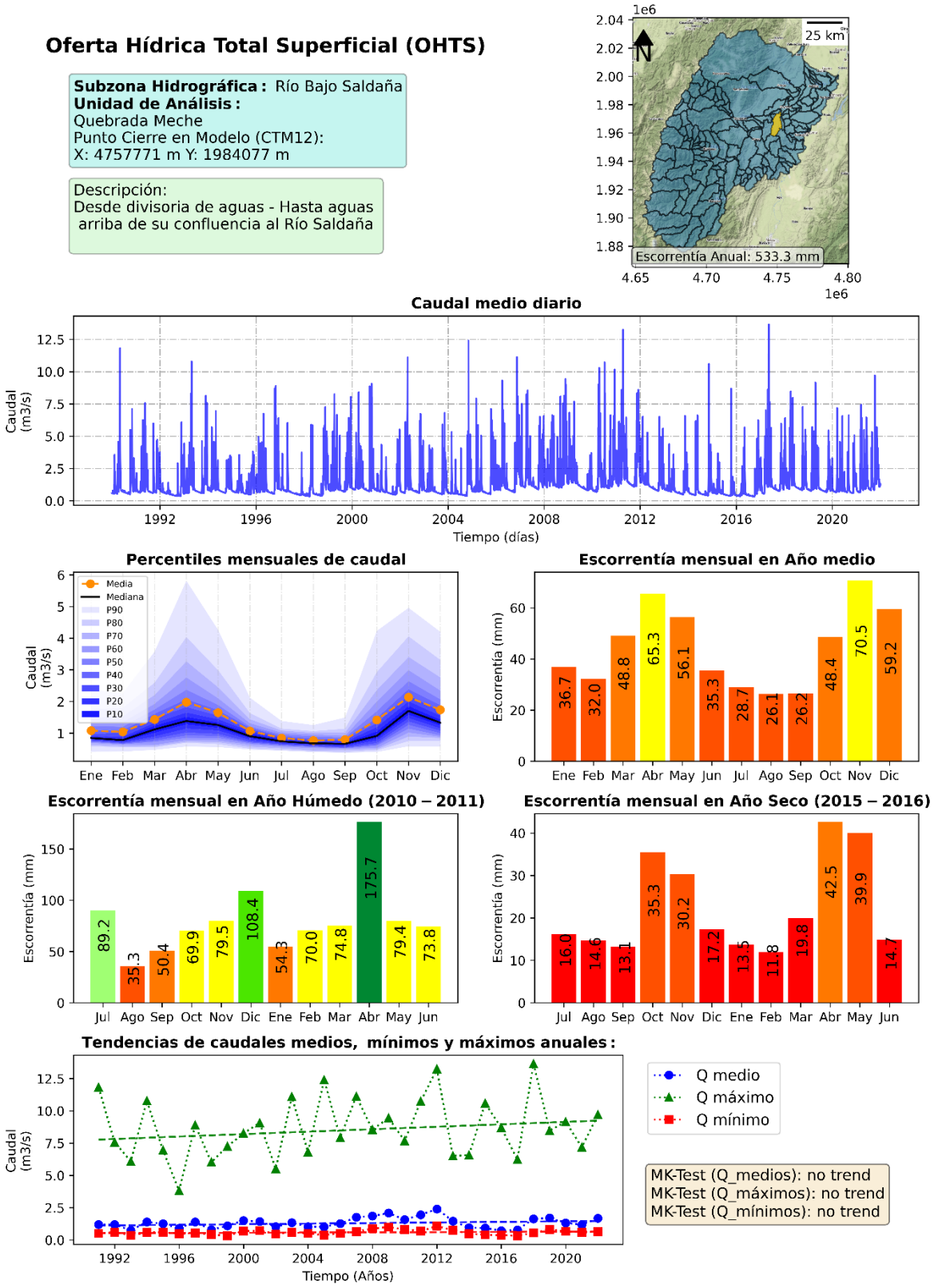


Figura 178. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Meche

10.15. Unidad de Análisis: Rio Saldaña 12

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 30.4, 92.3 y 20.1 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 153.7 % de aumento, un 466.2 % de aumento, y un 101.4 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 11.4, 18.6 y 1.1 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 57.4, 93.8 y 5.4 % con relación al valor medio anual (Figura 179). La escorrentía anual es de 625.5 mm, con valores máximos mensuales de 78.9, 239.3, y 53.8 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 180).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
237.44	**151.07**	**86.38**	**311.11**	**151.07**	**160.04**	**133.27**	**84.17**	**49.09**

Tabla 95. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Saldaña 12

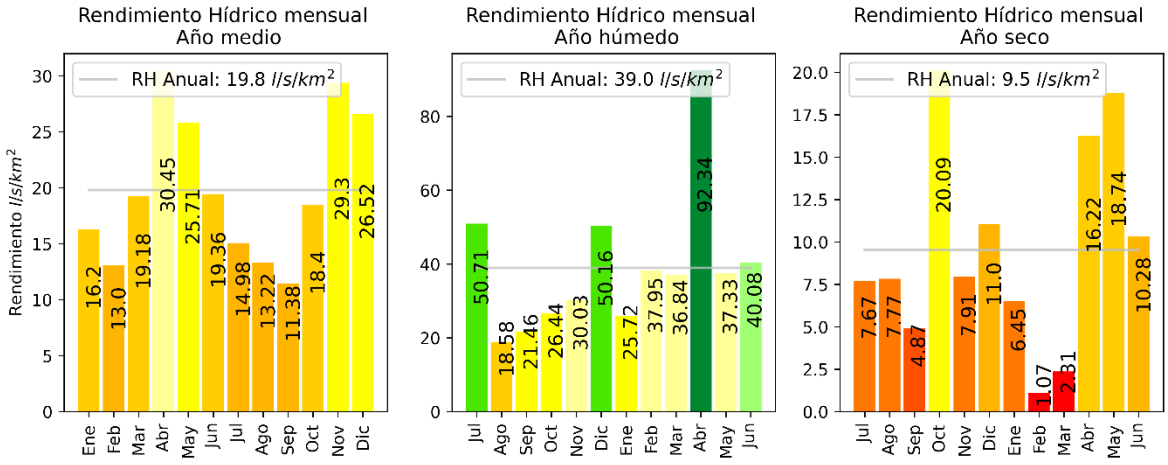


Figura 179. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 12

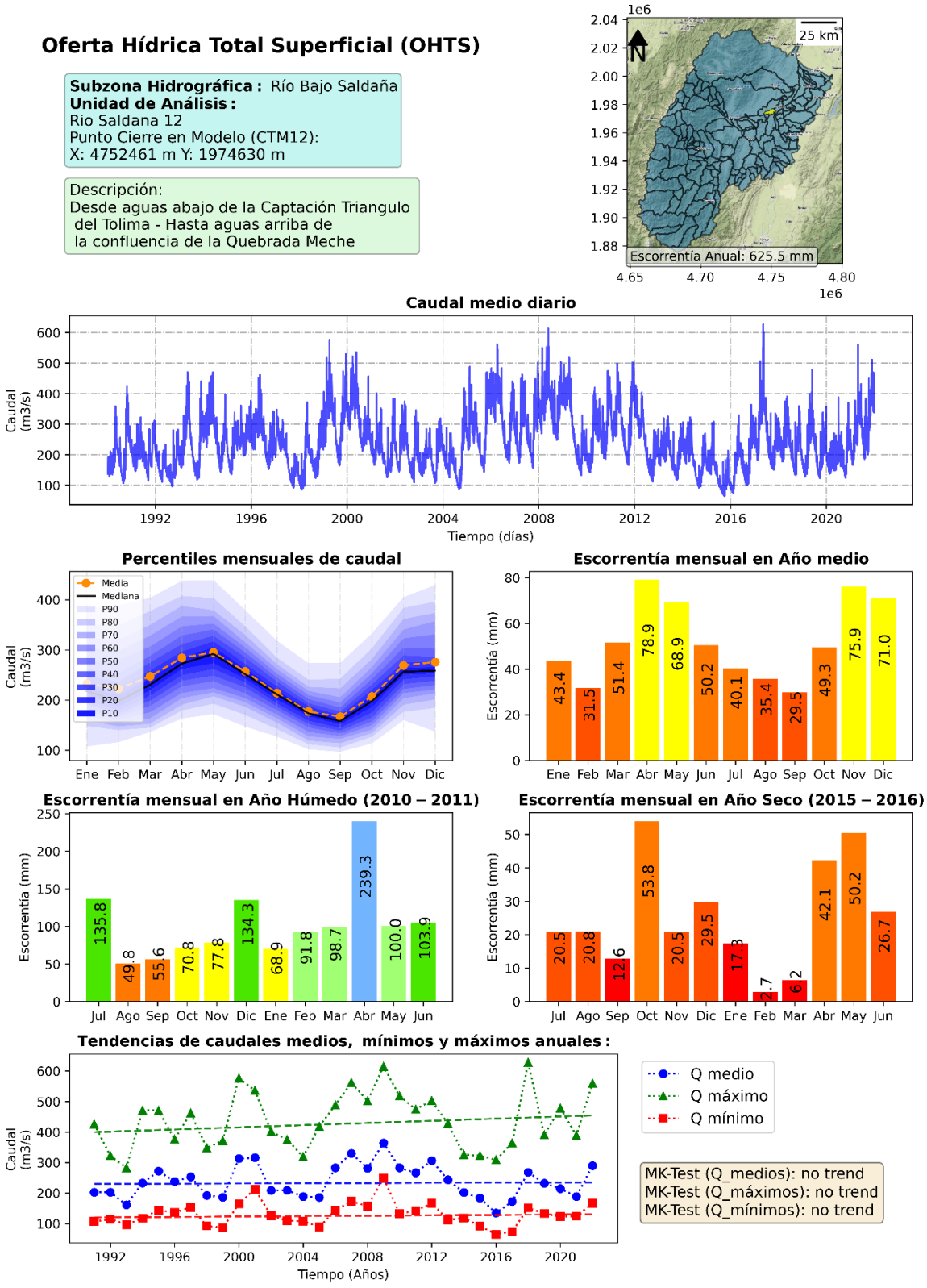


Figura 180. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 12

10.16. Unidad de Análisis: Rio Saldaña 11

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 26.6, 43.8 y 17.0 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 123.4 % de aumento, un 202.8 % de aumento, y un 78.9 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 15.7, 20.0 y 6.6 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 72.7, 92.5 y 30.6 % con relación al valor medio anual (Figura 181). La escorrentía anual es de 681.0 mm, con valores máximos mensuales de 69.0, 117.2, y 45.6 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 182).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
237.12	**150.90**	**86.22**	**310.48**	**150.90**	**159.58**	**133.11**	**83.75**	**49.37**

Tabla 96. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Saldaña 11

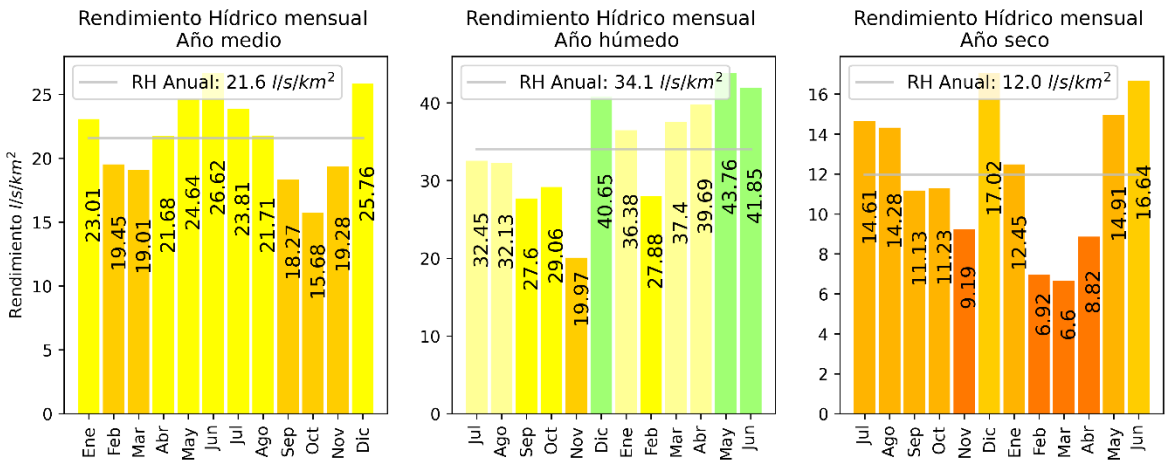


Figura 181. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 11

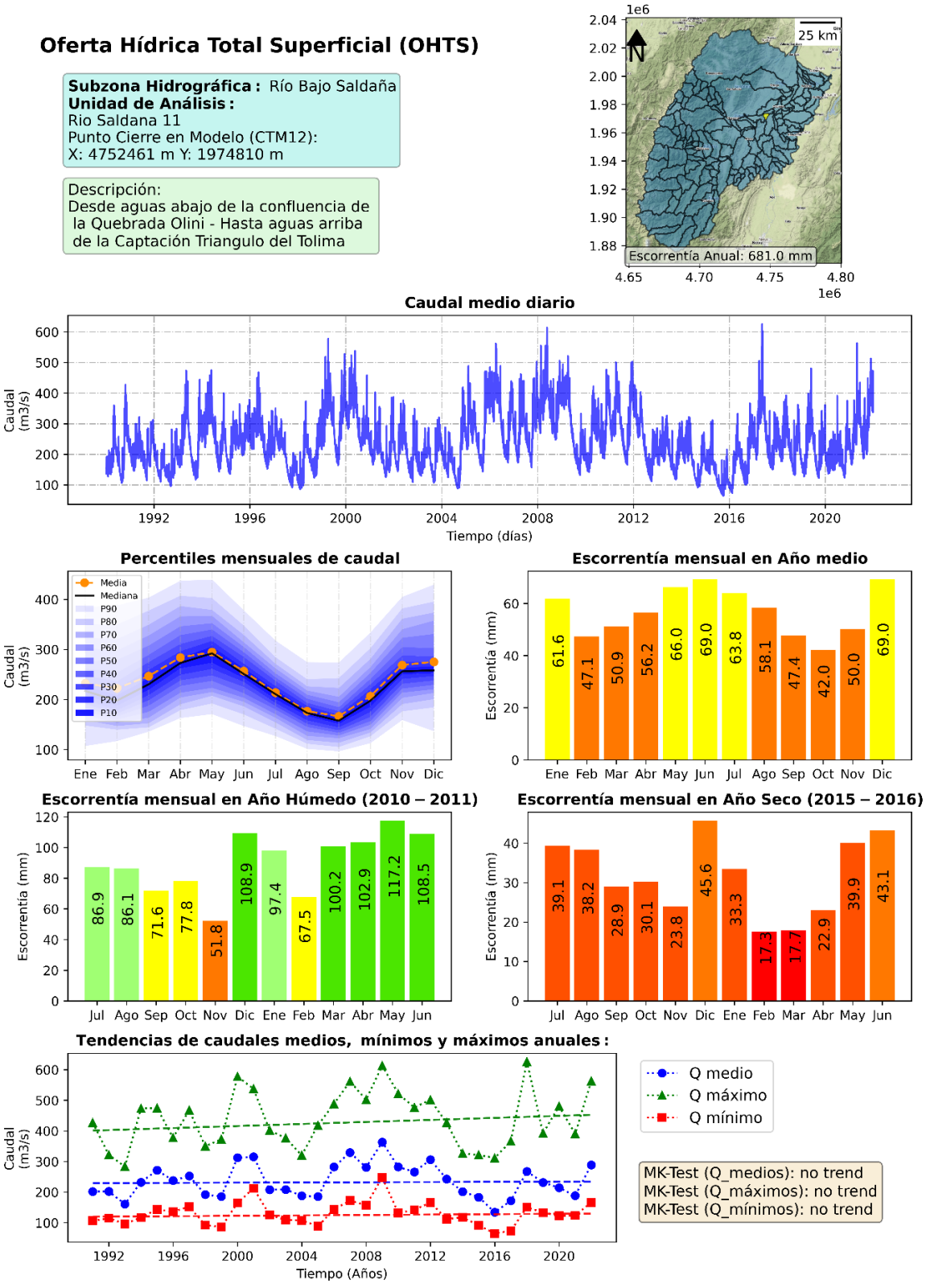


Figura 182. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 11

10.17. Unidad de Análisis: Quebrada Olini

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 28.8, 45.4 y 22.2 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 107.1 % de aumento, un 168.5 % de aumento, y un 82.4 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 24.4, 33.6 y 19.3 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 90.5, 124.9 y 71.5 % con relación al valor medio anual (Figura 183). La escorrentía anual es de 849.6 mm, con valores máximos mensuales de 77.3, 118.8, y 59.5 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas al incremento de los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 184).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
1.30	**0.99**	**0.31**	**1.87**	**0.99**	**0.89**	**1.00**	**0.95**	**0.05**

Tabla 97. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Olini

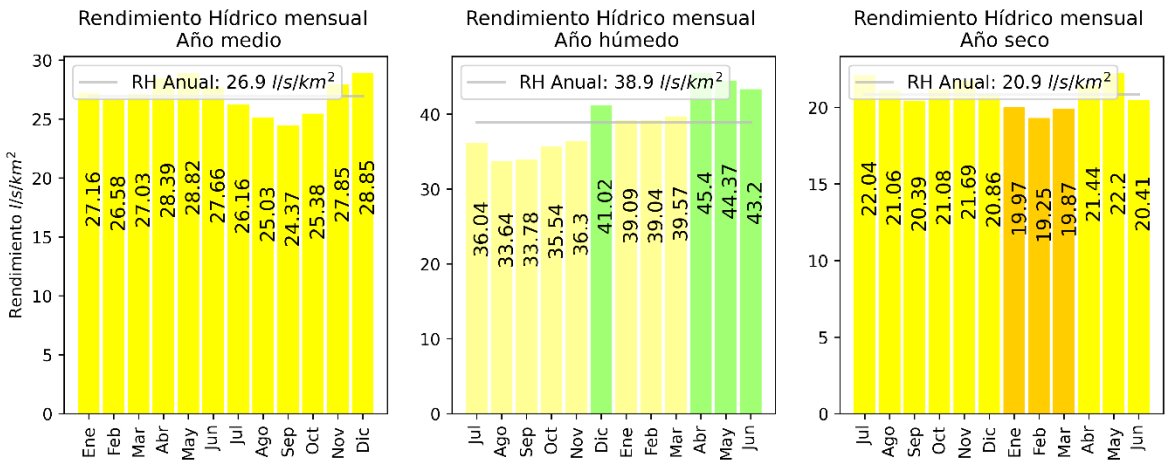


Figura 183. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Olini

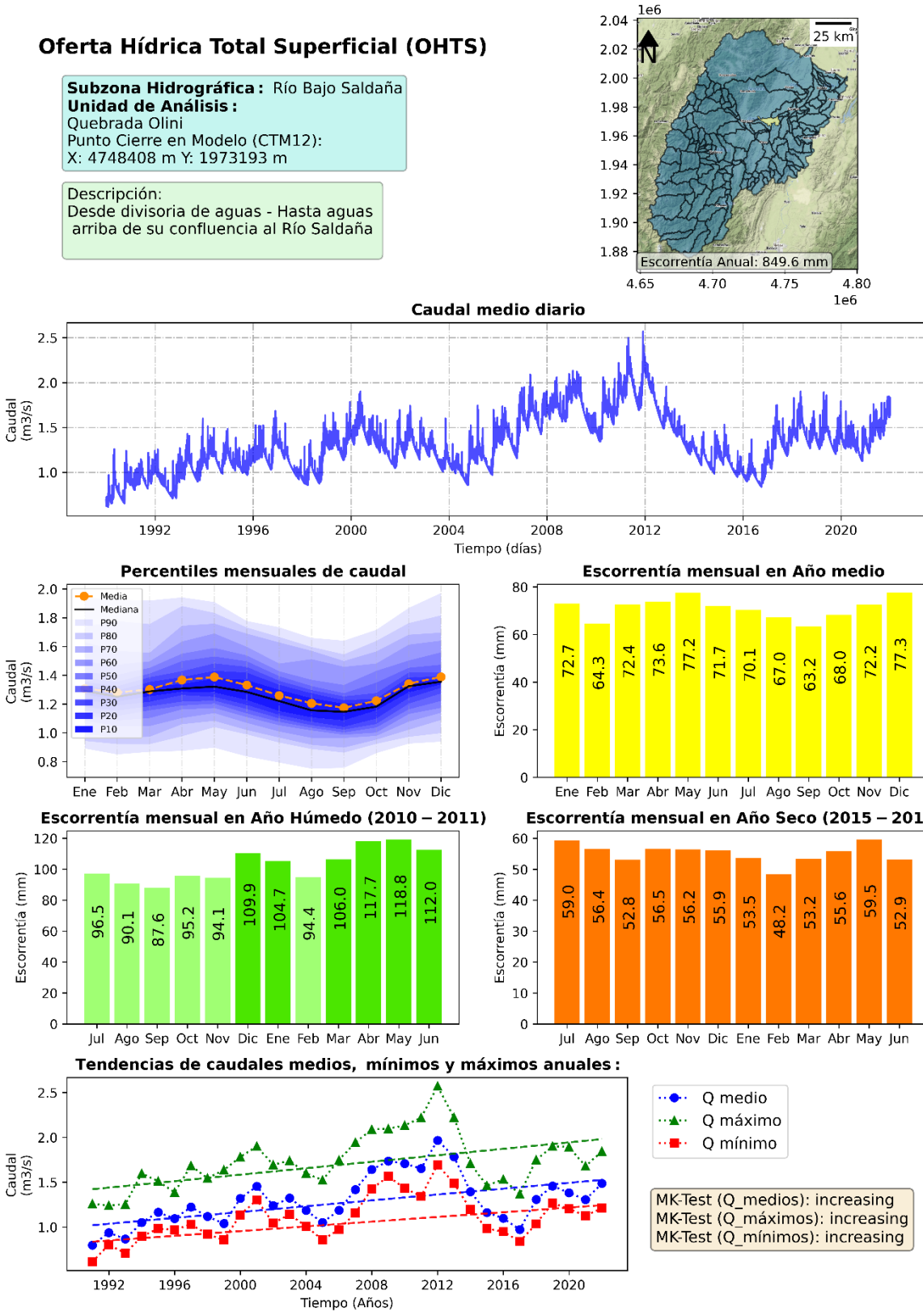


Figura 184. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Olini

10.18. Unidad de Análisis: Rio Saldaña 10

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 46.2, 97.2 y 30.4 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 160.3 % de aumento, un 337.6 % de aumento, y un 105.6 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 16.3, 19.5 y 6.9 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 56.8, 67.6 y 23.9 % con relación al valor medio anual (Figura 185). La escorrentía anual es de 908.1 mm, con valores máximos mensuales de 119.6, 251.8, y 78.8 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 186).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
235.63	**149.54**	**86.09**	**308.29**	**149.54**	**158.75**	**132.00**	**82.59**	**49.40**

Tabla 98. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Saldaña 10

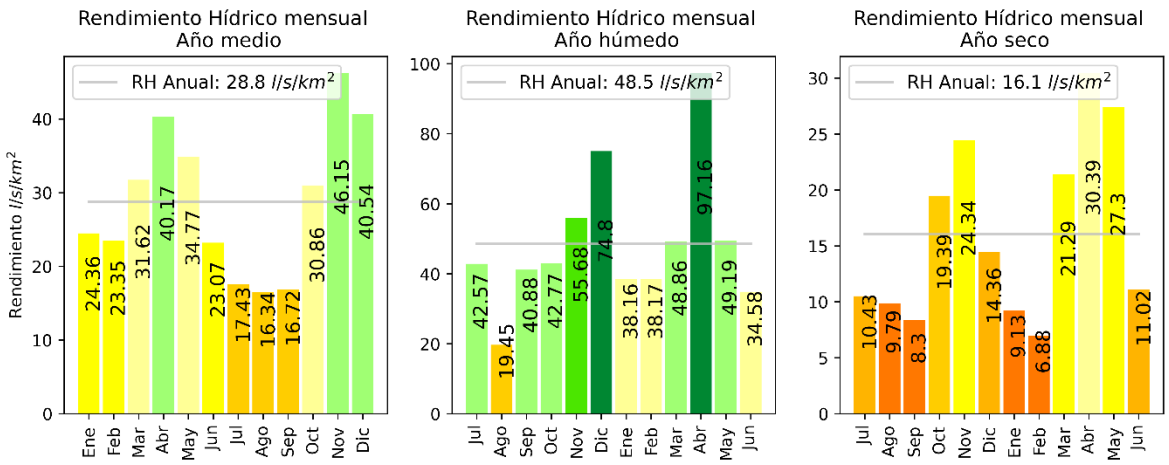


Figura 185. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 10

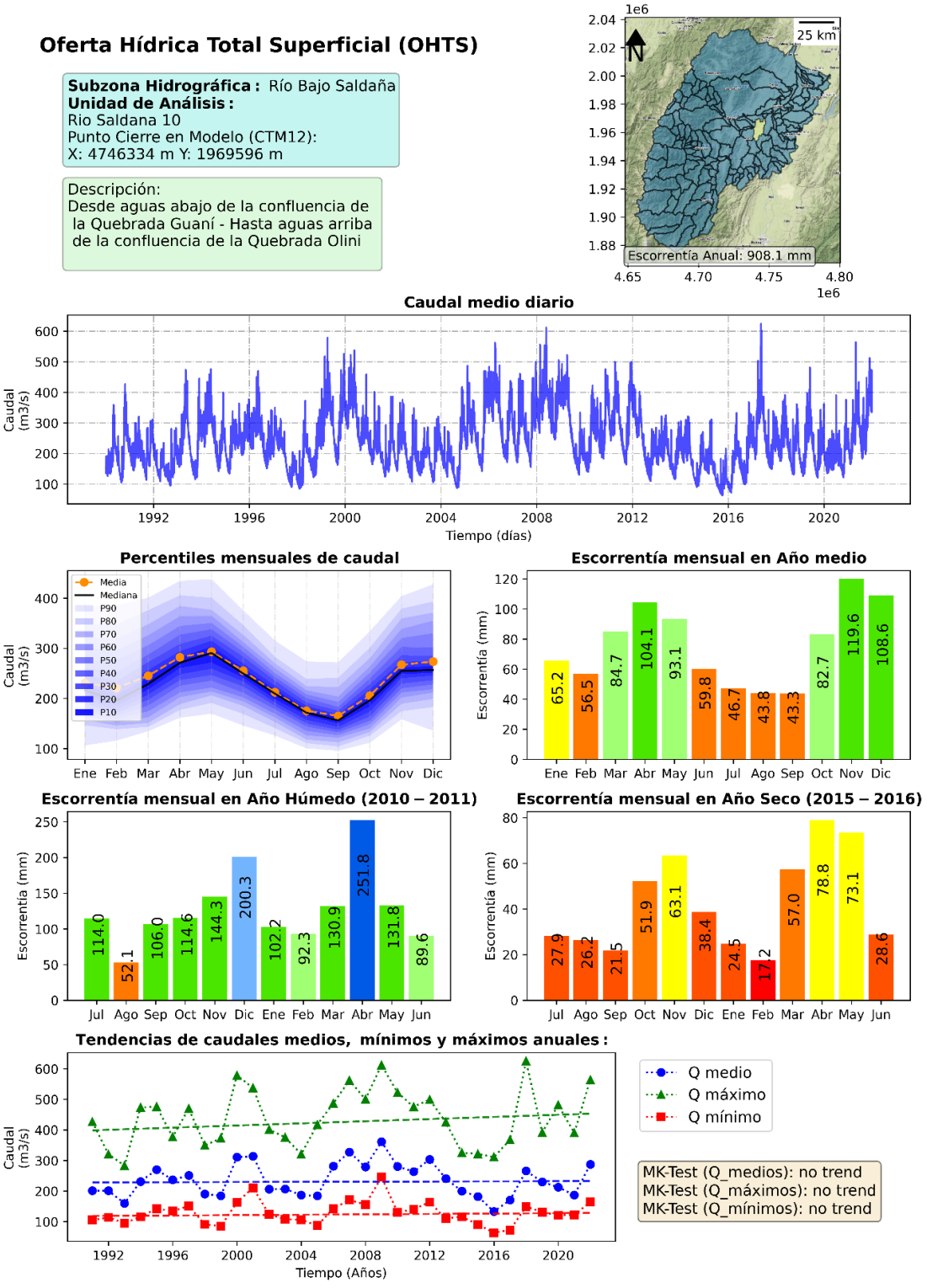


Figura 186. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 10

11. OHTS y OHTD en la Subzona Hidrográfica Medio Saldaña

11.1. Unidad de Análisis: Rio Saldaña 9

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 33.3, 63.1 y 24.8 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 127.8 % de aumento, un 242.3 % de aumento, y un 95.3 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 19.7, 24.5 y 12.9 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 75.5, 93.9 y 49.5 % con relación al valor medio anual (Figura 187). La escorrentía anual es de 821.7 mm, con valores máximos mensuales de 86.3, 163.6, y 66.5 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 188).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
173.28	**105.42**	**67.86**	**228.70**	**105.42**	**123.28**	**89.89**	**50.80**	**39.08**

Tabla 99. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Saldaña 9

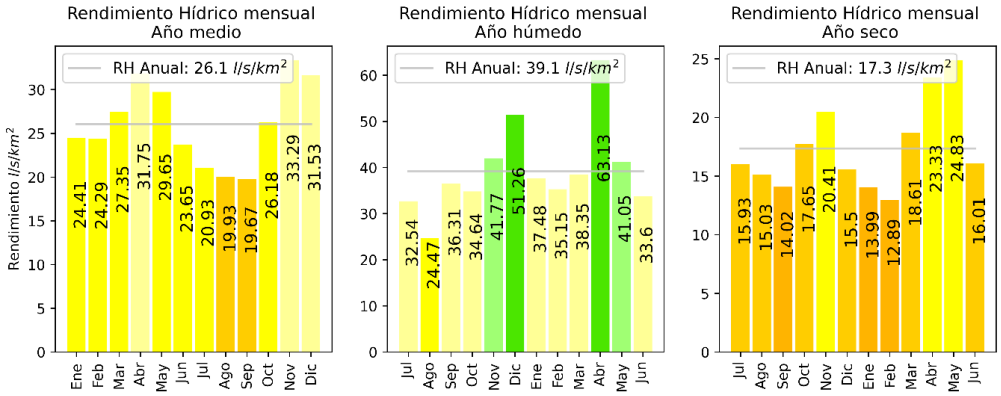


Figura 187. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 9

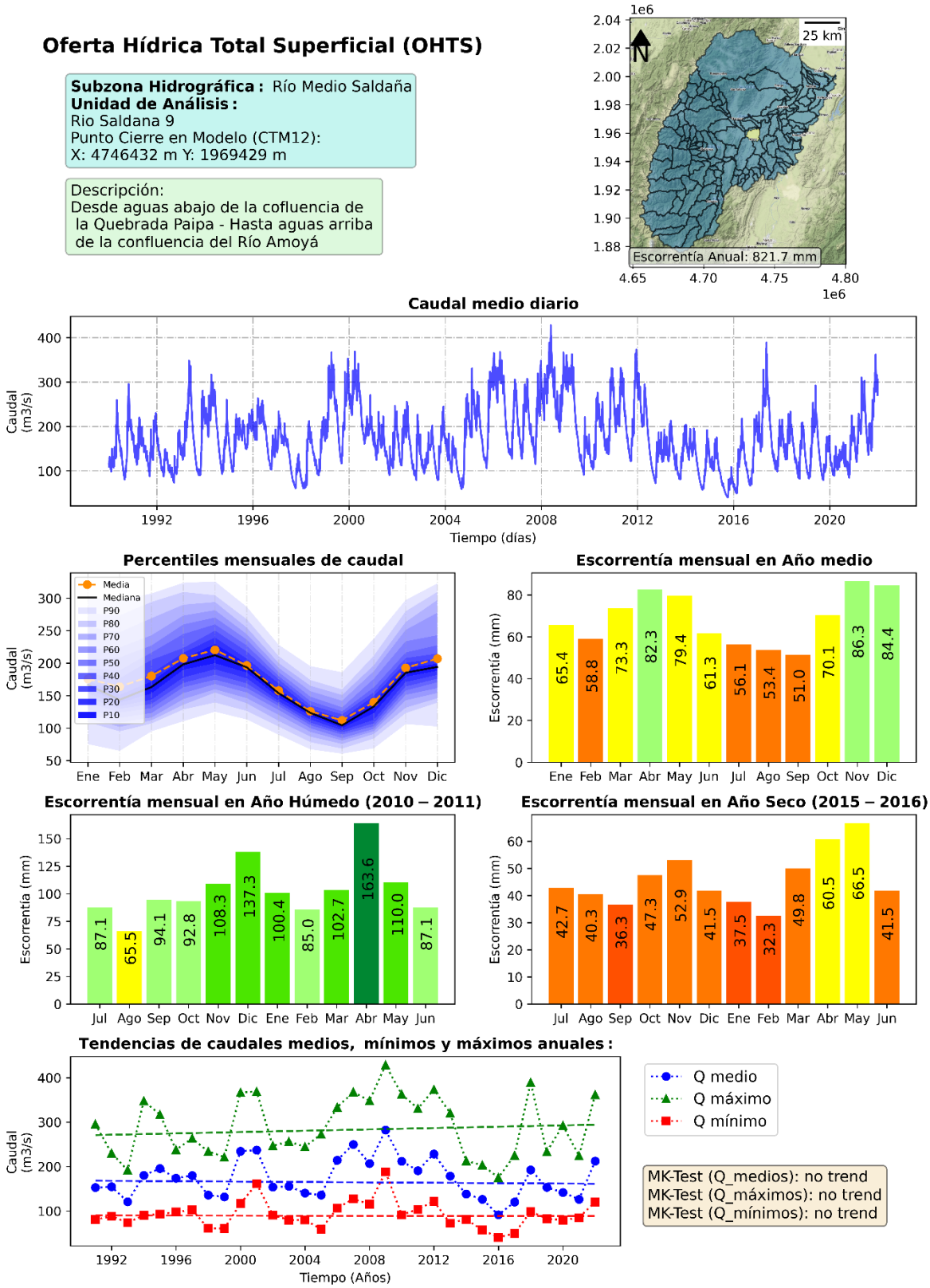


Figura 188. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 9

11.2. Unidad de Análisis: Quebrada Paipa

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 30.5, 51.4 y 22.2 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 111.0 % de aumento, un 187.1 % de aumento, y un 80.7 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 23.2, 27.8 y 17.1 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 84.2, 101.1 y 62.2 % con relación al valor medio anual (Figura 189). La escorrentía anual es de 867.3 mm, con valores máximos mensuales de 81.8, 133.4, y 57.8 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas al incremento de los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 190).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
1.90	**1.37**	**0.53**	**2.71**	**1.37**	**1.34**	**1.34**	**1.21**	**0.13**

Tabla 100. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Paipa

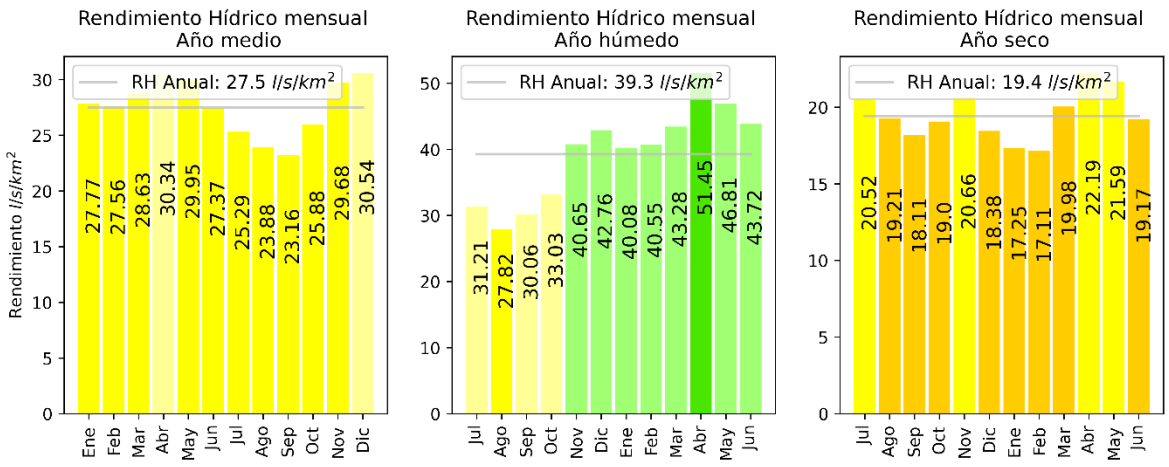


Figura 189. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Paipa

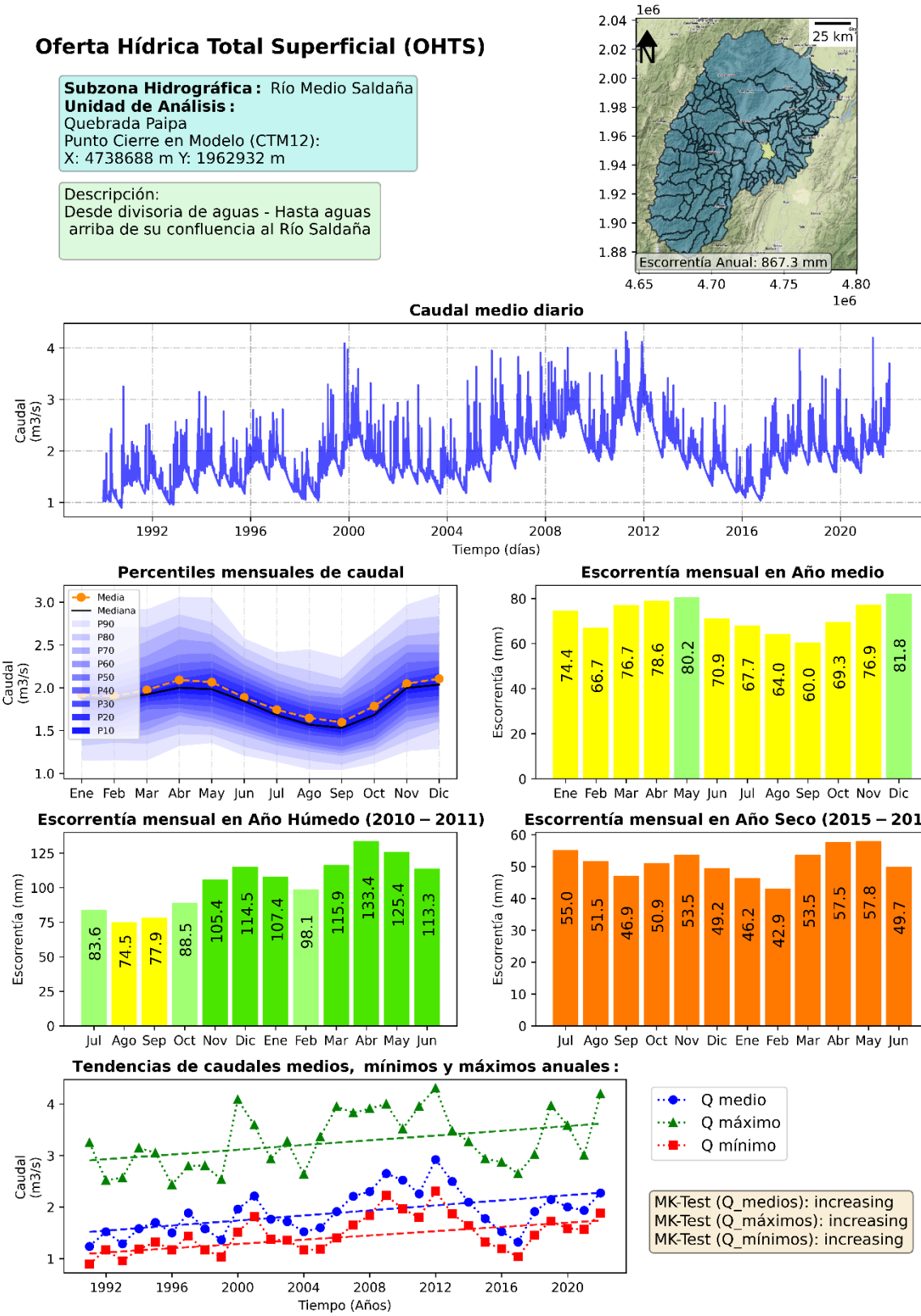


Figura 190. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Paipa

11.3. Unidad de Análisis: Rio Saldaña 8

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 38.6, 64.0 y 27.2 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 127.2 % de aumento, un 211.1 % de aumento, y un 89.8 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 22.1, 26.5 y 15.8 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 72.9, 87.4 y 52.0 % con relación al valor medio anual (Figura 191). La escorrentía anual es de 956.4 mm, con valores máximos mensuales de 103.3, 165.9, y 70.6 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 192).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
169.85	**102.89**	**66.95**	**223.68**	**102.89**	**120.79**	**87.52**	**48.74**	**38.78**

Tabla 101. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Saldaña 8

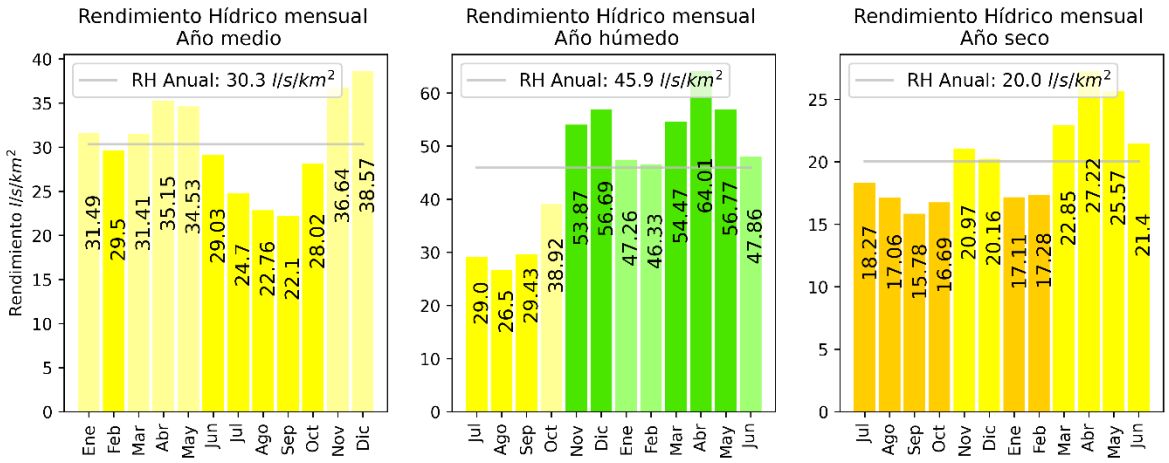


Figura 191. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 8

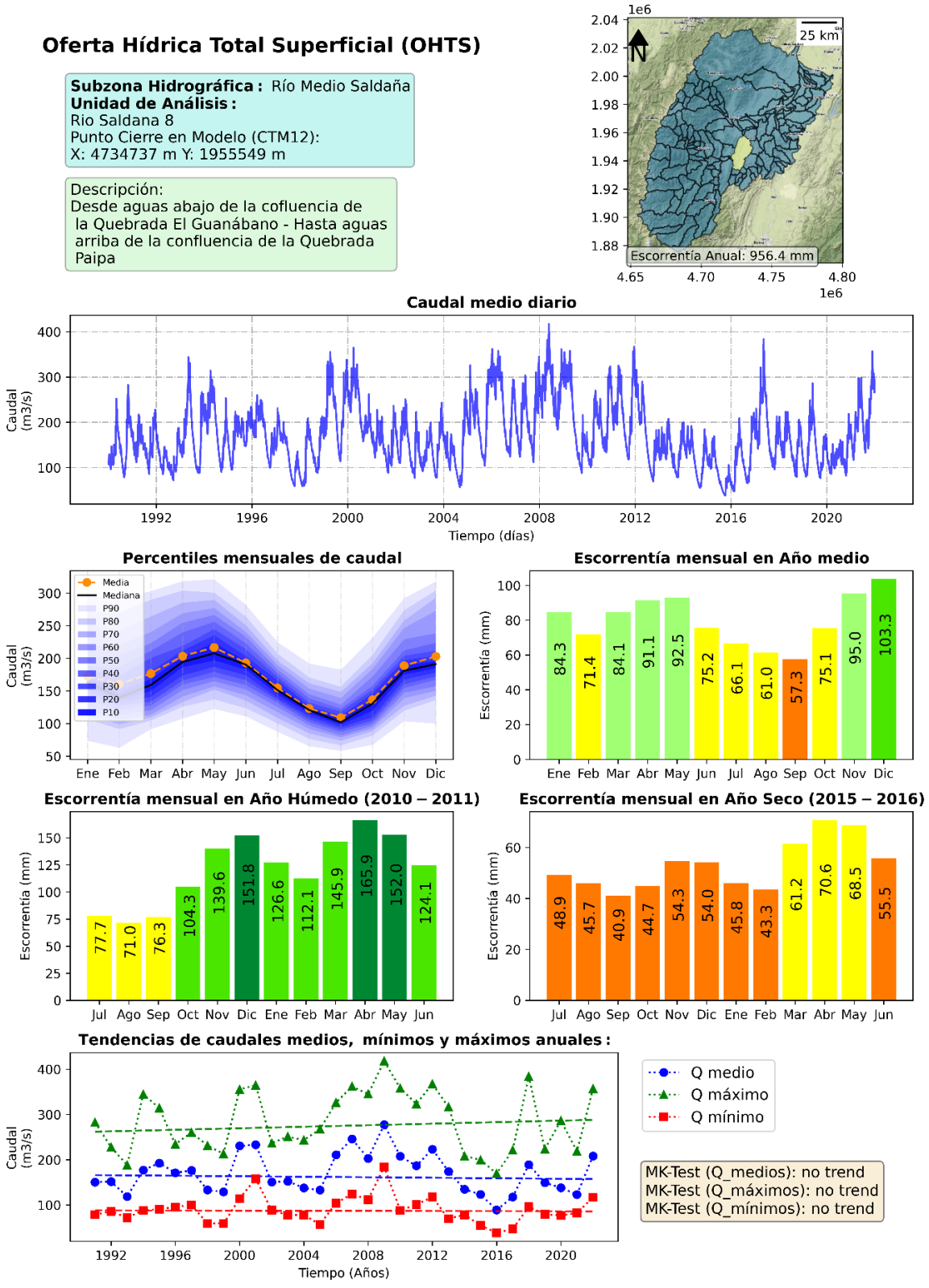


Figura 192. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 8

11.4. Unidad de Análisis: Quebrada Guanabano

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 48.8, 86.1 y 35.4 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 130.7 % de aumento, un 230.8 % de aumento, y un 94.7 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 23.5, 29.0 y 14.0 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 62.9, 77.6 y 37.4 % con relación al valor medio anual (Figura 193). La escorrentía anual es de 1,176.6 mm, con valores máximos mensuales de 130.6, 223.3, y 91.6 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas al incremento de los caudales medios y mínimos anuales, y los caudales máximos anuales no evidencian tendencias según la prueba Mann-Kendall (Figura 194).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
2.63	**1.48**	**1.15**	**4.04**	**1.48**	**2.56**	**1.59**	**1.03**	**0.56**

Tabla 102. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Guanabano

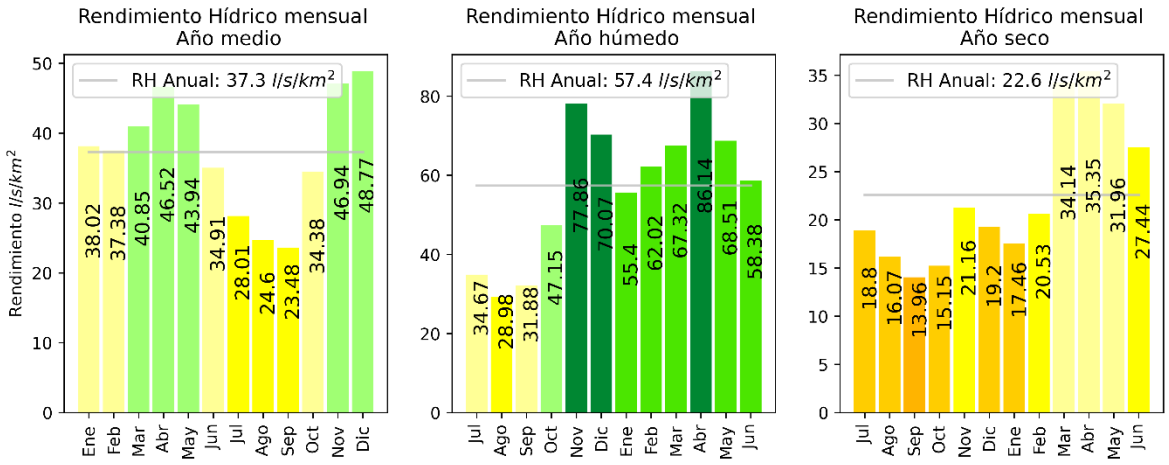


Figura 193. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Guanabano

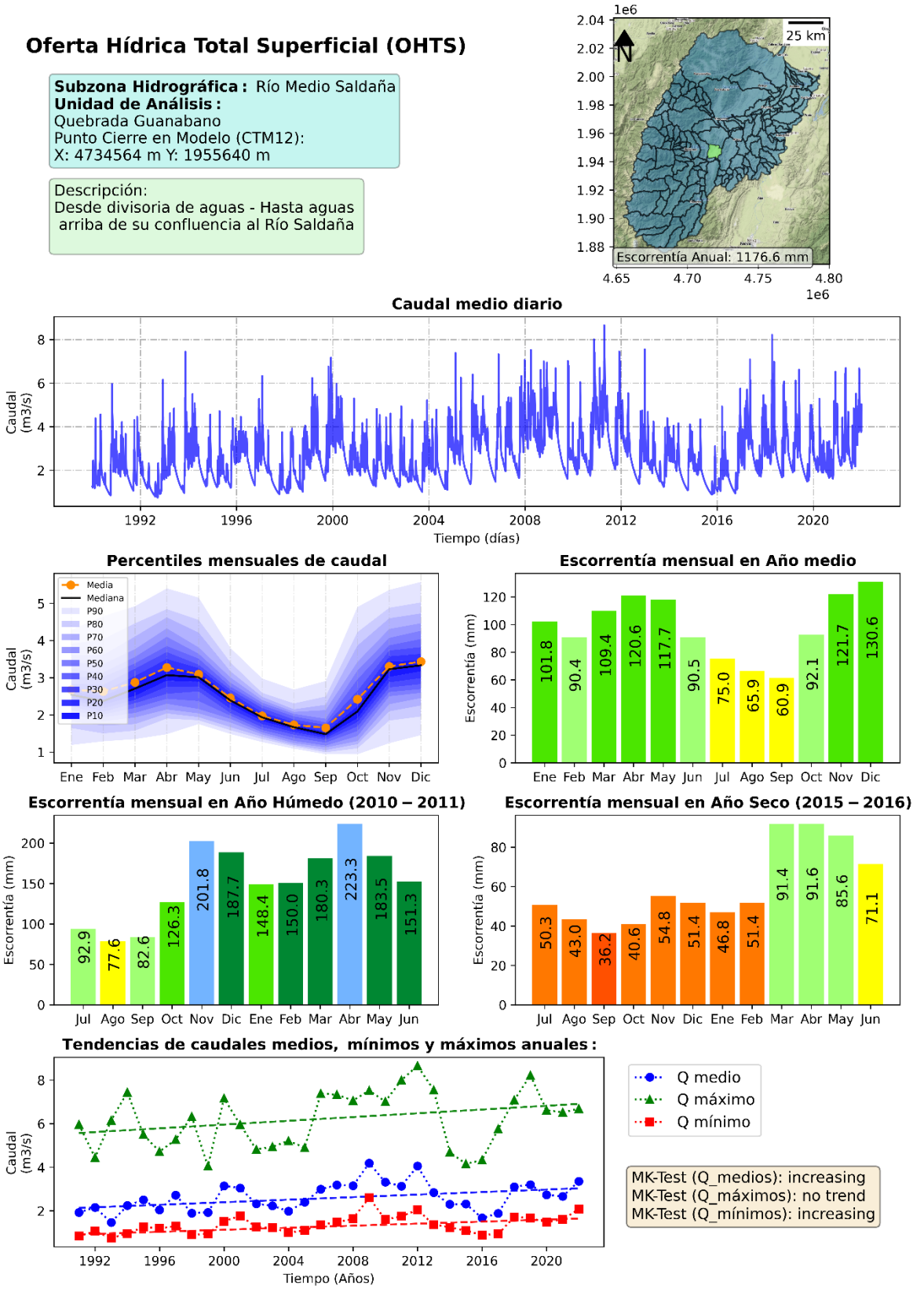


Figura 194. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Guanabano

11.5. Unidad de Análisis: Rio Saldaña 7

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 28.4, 43.8 y 20.0 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 120.9 % de aumento, un 186.2 % de aumento, y un 84.8 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 19.0, 22.8 y 11.8 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 80.7, 97.0 y 49.9 % con relación al valor medio anual (Figura 195). La escorrentía anual es de 742.4 mm, con valores máximos mensuales de 76.2, 113.6, y 51.8 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 196).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
160.86	**96.60**	**64.26**	**210.01**	**96.60**	**113.41**	**81.73**	**44.29**	**37.44**

Tabla 103. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Saldaña 7

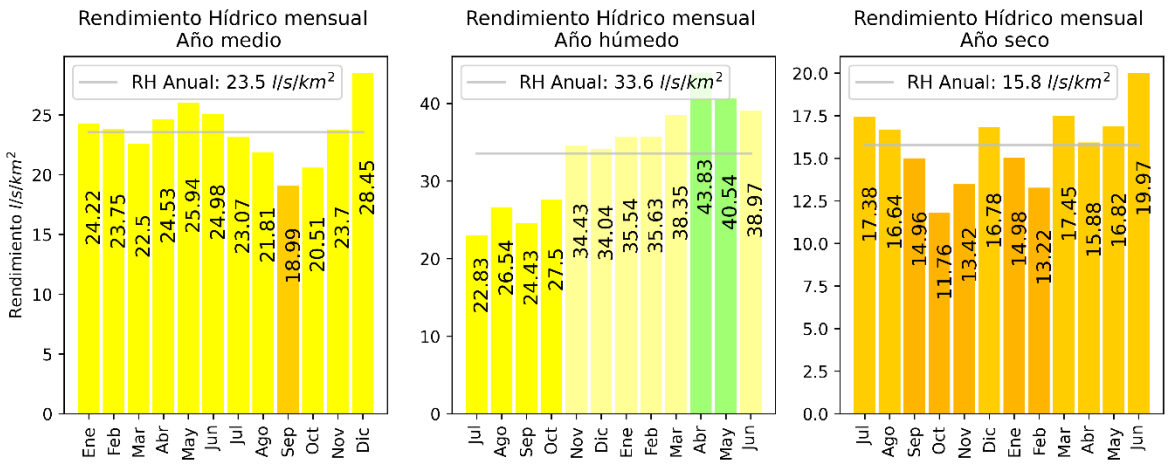


Figura 195. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 7

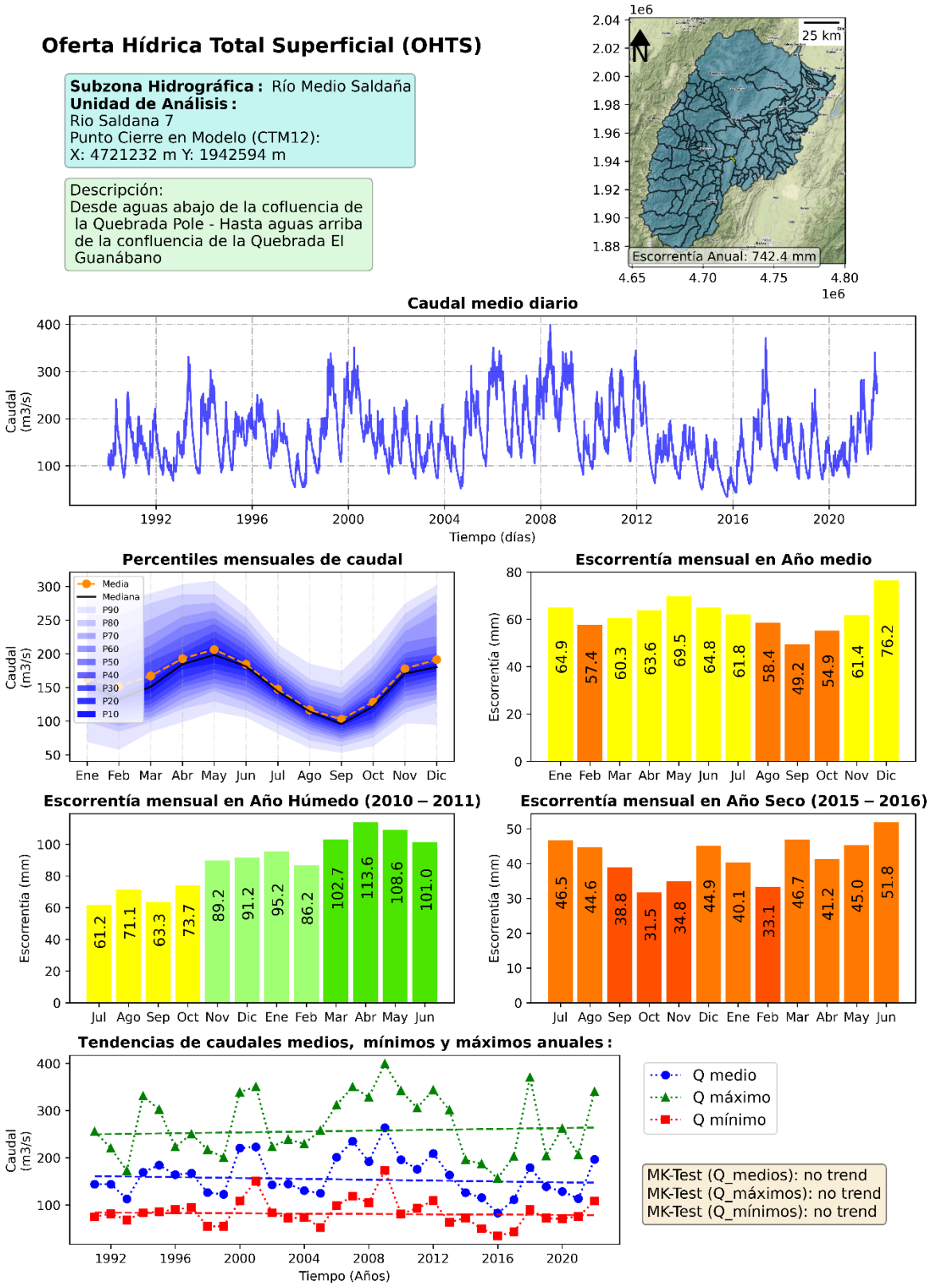


Figura 196. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 7

11.6. Unidad de Análisis: Quebrada Pole

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 39.0, 70.8 y 34.3 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 127.4 % de aumento, un 231.4 % de aumento, y un 112.0 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 17.4, 22.6 y 9.8 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 57.0, 73.7 y 32.0 % con relación al valor medio anual (Figura 197). La escorrentía anual es de 965.1 mm, con valores máximos mensuales de 104.4, 189.7, y 91.5 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas al incremento de los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 198).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
5.32	**2.86**	**2.46**	**8.66**	**2.86**	**5.80**	**3.17**	**1.82**	**1.35**

Tabla 104. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Pole

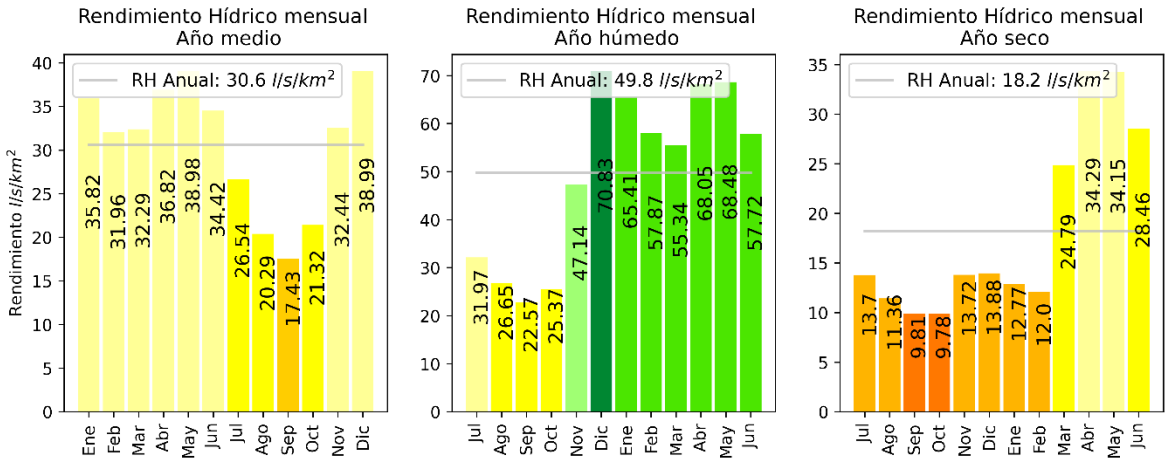


Figura 197. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Pole

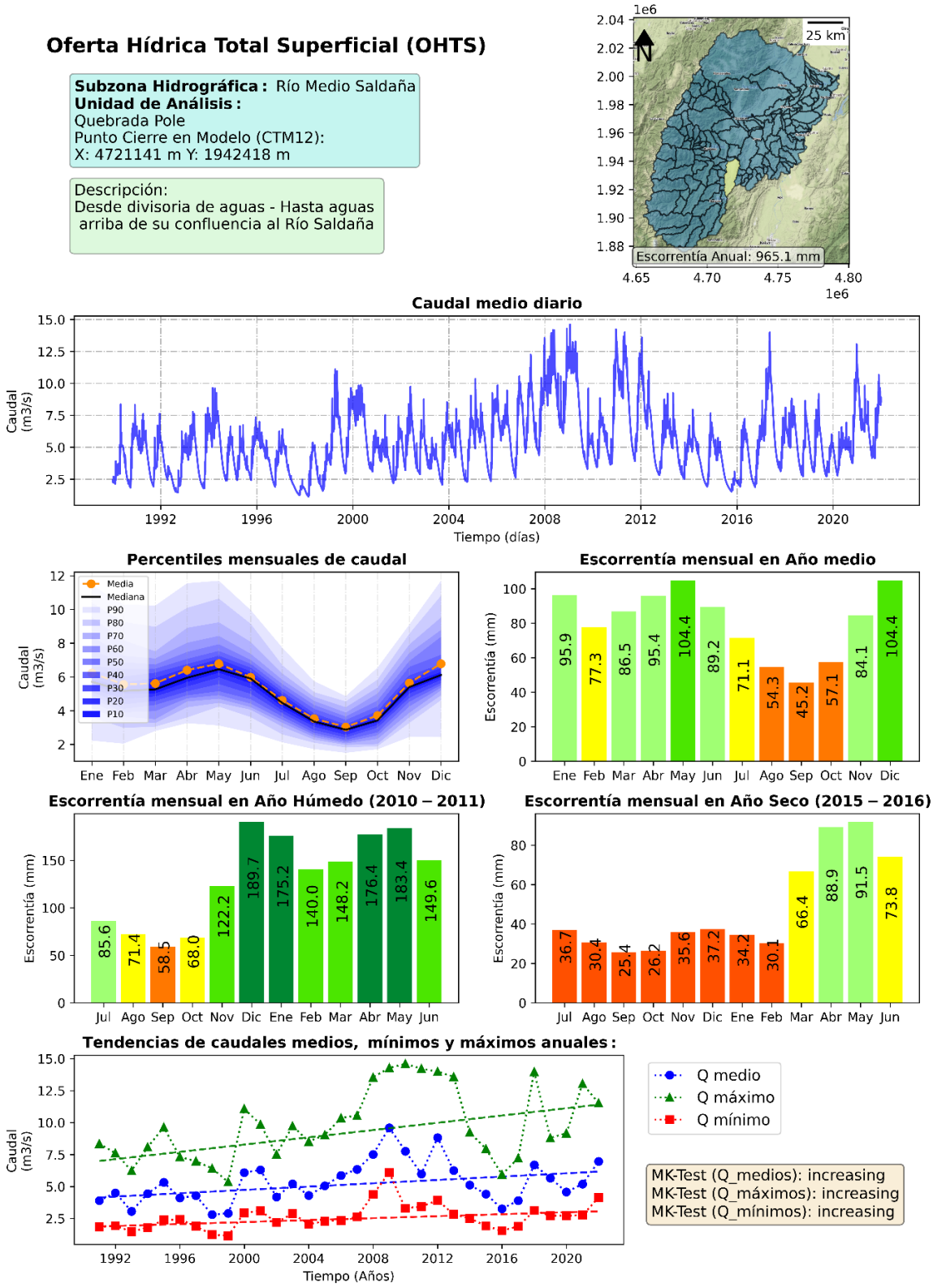


Figura 198. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Pole

11.7. Unidad de Análisis: Rio Saldaña 6

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 34.4, 57.4 y 23.7 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 126.4 % de aumento, un 210.8 % de aumento, y un 87.0 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 19.7, 24.3 y 11.6 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 72.2, 89.3 y 42.7 % con relación al valor medio anual (Figura 199). La escorrentía anual es de 859.3 mm, con valores máximos mensuales de 92.3, 148.9, y 61.5 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 200).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
155.44	**93.34**	**62.10**	**201.21**	**93.34**	**107.87**	**78.49**	**42.29**	**36.20**

Tabla 105. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Saldaña 6

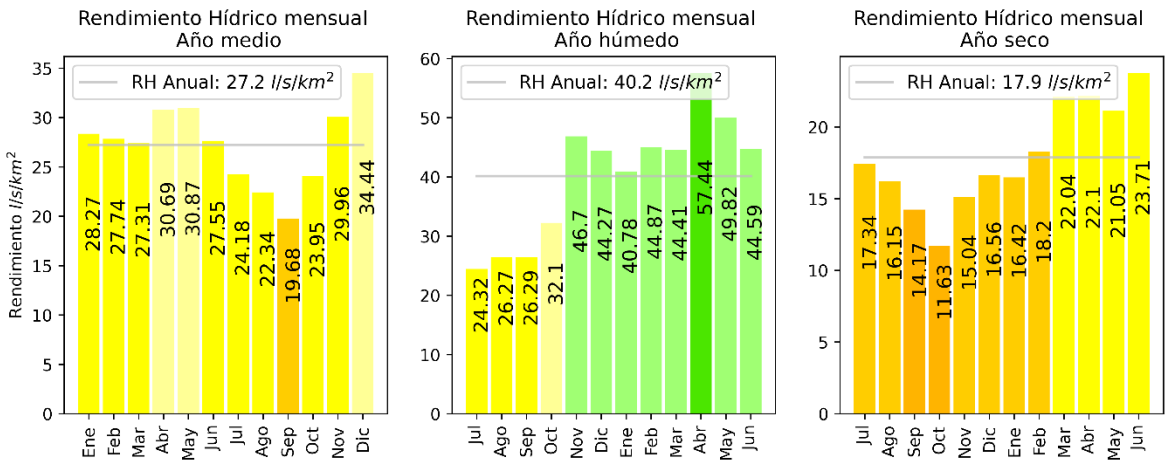


Figura 199. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 6

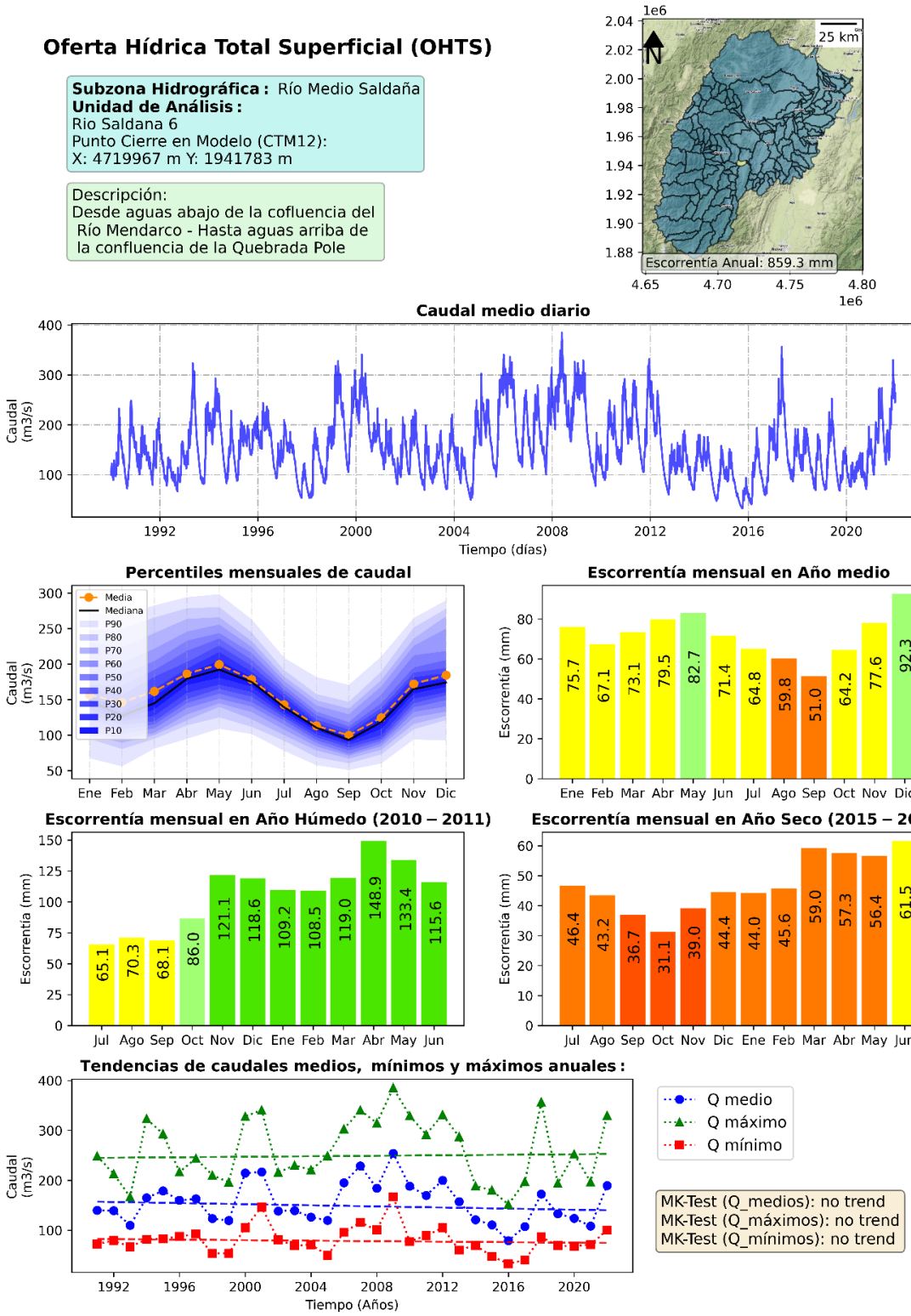


Figura 200. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 6

12. OHTS y OHTD en la Subzona Hidrográfica Alto Saldaña

12.1. Unidad de Análisis: Rio Mendarco

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 57.4, 87.9 y 40.6 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 135.7 % de aumento, un 207.7 % de aumento, y un 96.0 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 21.5, 31.9 y 8.5 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 50.7, 75.3 y 20.2 % con relación al valor medio anual (Figura 201). La escorrentía anual es de 1,334.0 mm, con valores máximos mensuales de 153.9, 227.8, y 105.3 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 202).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
4.60	**2.11**	**2.49**	**6.35**	**2.11**	**4.24**	**2.35**	**1.05**	**1.30**

Tabla 106. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Mendarco

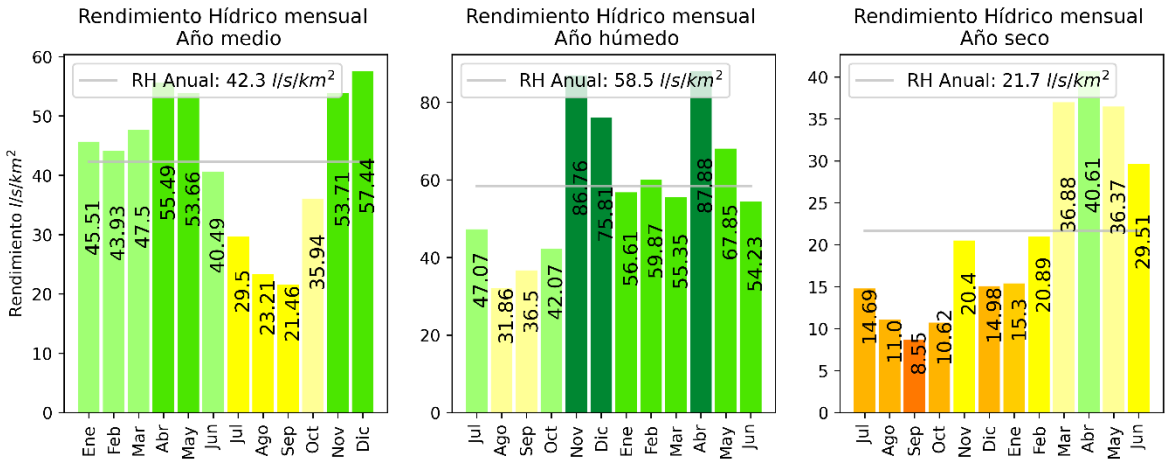


Figura 201. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Mendarco

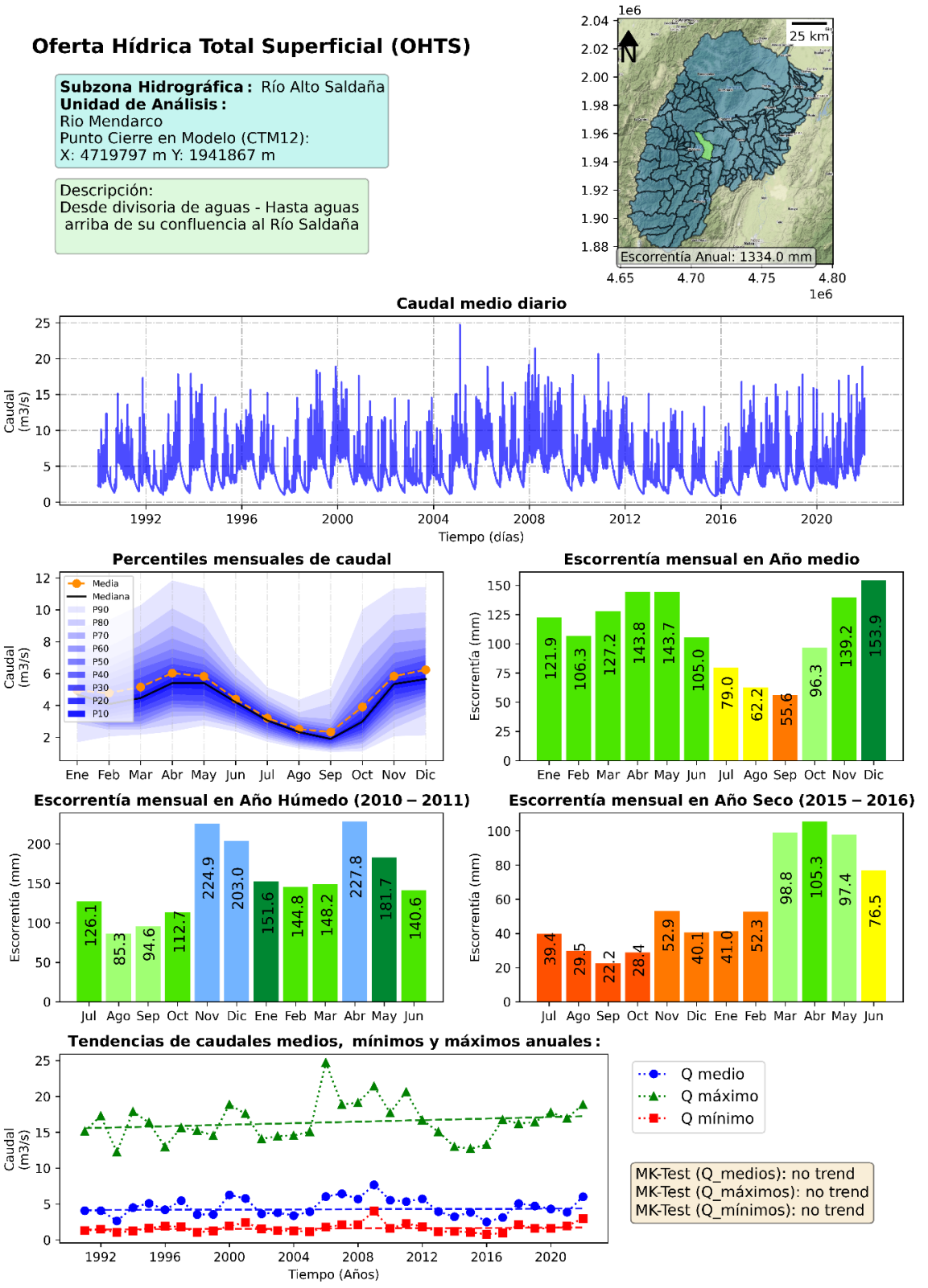


Figura 202. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Mendarco

12.2. Unidad de Análisis: Rio Saldaña 5

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 104.0, 151.9 y 79.5 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 131.7 % de aumento, un 192.5 % de aumento, y un 100.7 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 39.5, 48.0 y 16.7 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 50.0, 60.8 y 21.1 % con relación al valor medio anual (Figura 203). La escorrentía anual es de 2,488.7 mm, con valores máximos mensuales de 278.6, 406.9, y 212.9 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 204).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
150.39	**90.61**	**59.78**	**194.20**	**90.61**	**103.59**	**75.85**	**40.85**	**34.99**

Tabla 107. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Saldaña 5

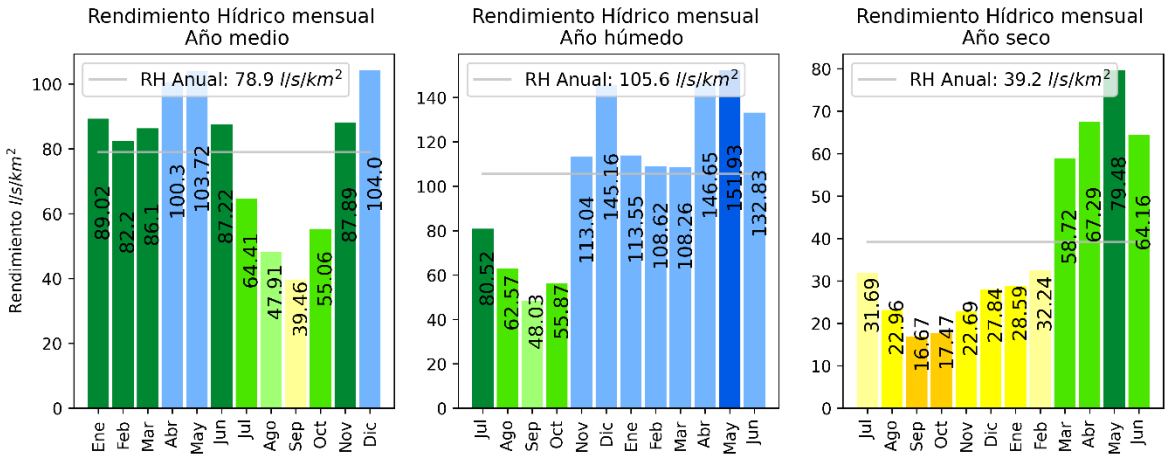


Figura 203. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 5

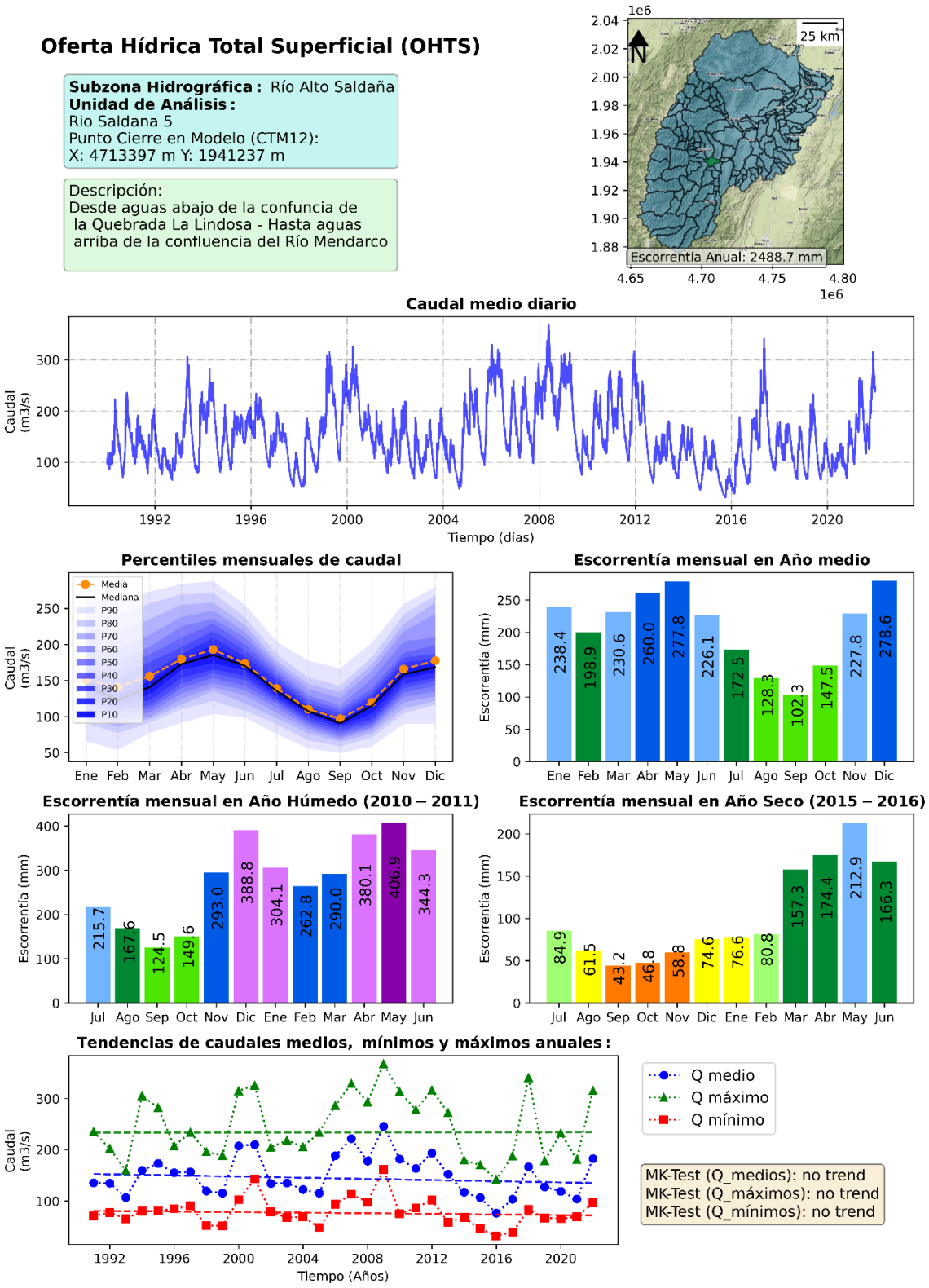


Figura 204. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 5

12.3. Unidad de Análisis: Quebrada Lindosa

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 47.5, 54.9 y 28.1 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 128.8 % de aumento, un 149.0 % de aumento, y un 76.3 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 21.6, 22.9 y 8.3 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 58.7, 62.2 y 22.4 % con relación al valor medio anual (Figura 205). La escorrentía anual es de 1,162.3 mm, con valores máximos mensuales de 127.2, 147.1, y 75.3 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas a la reducción de los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 206).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
1.28	**0.66**	**0.62**	**1.36**	**0.66**	**0.70**	**0.49**	**0.30**	**0.20**

Tabla 108. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Lindosa

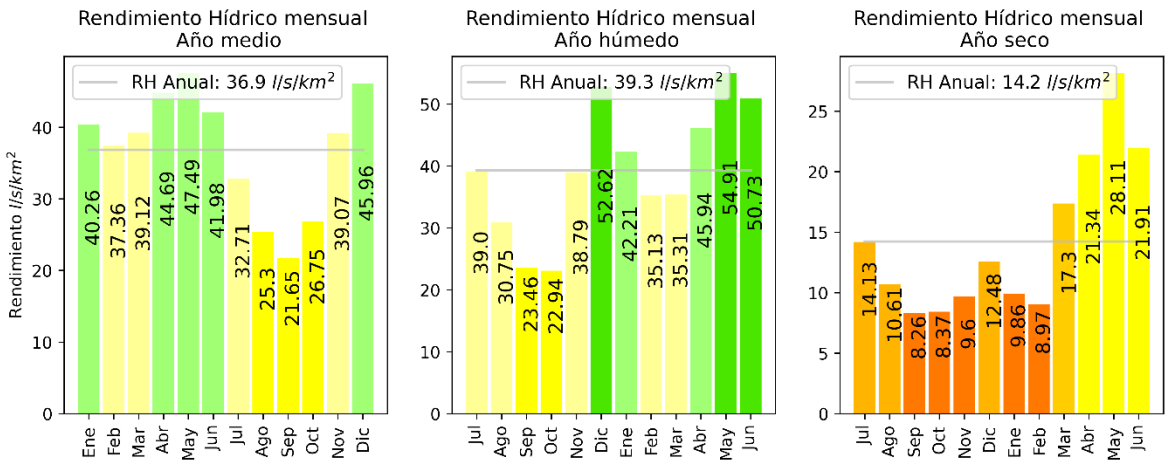


Figura 205. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Lindosa

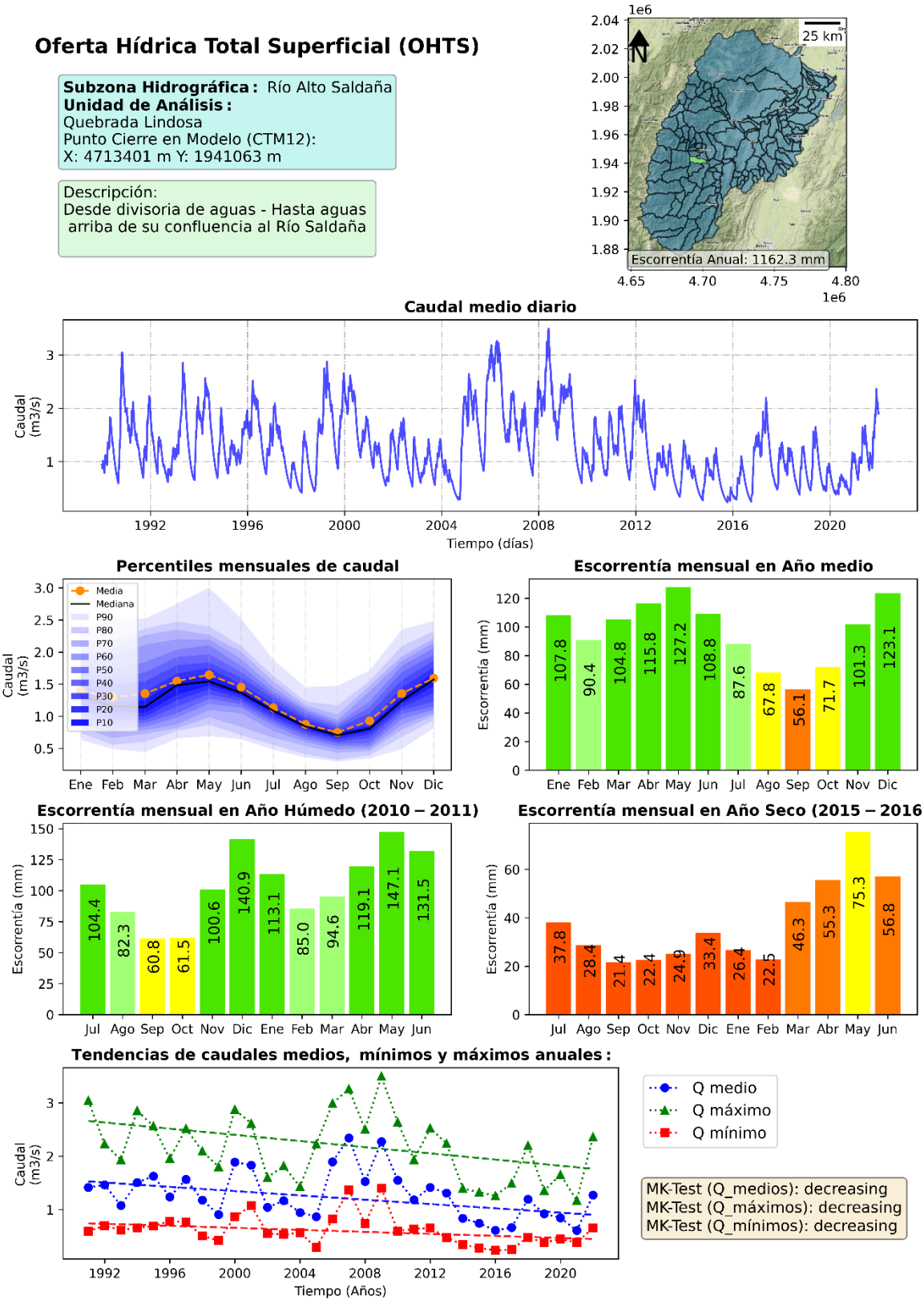


Figura 206. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Lindosa

12.4. Unidad de Análisis: Rio Saldaña 4

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 29.0, 50.5 y 31.5 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 137.2 % de aumento, un 238.7 % de aumento, y un 148.9 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 10.9, 15.8 y 6.1 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 51.4, 74.7 y 28.7 % con relación al valor medio anual (Figura 207). La escorrentía anual es de 667.6 mm, con valores máximos mensuales de 77.8, 135.4, y 84.5 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 208).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
56.18	**33.59**	**22.58**	**70.23**	**33.59**	**36.63**	**29.39**	**15.26**	**14.13**

Tabla 109. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Saldaña 4

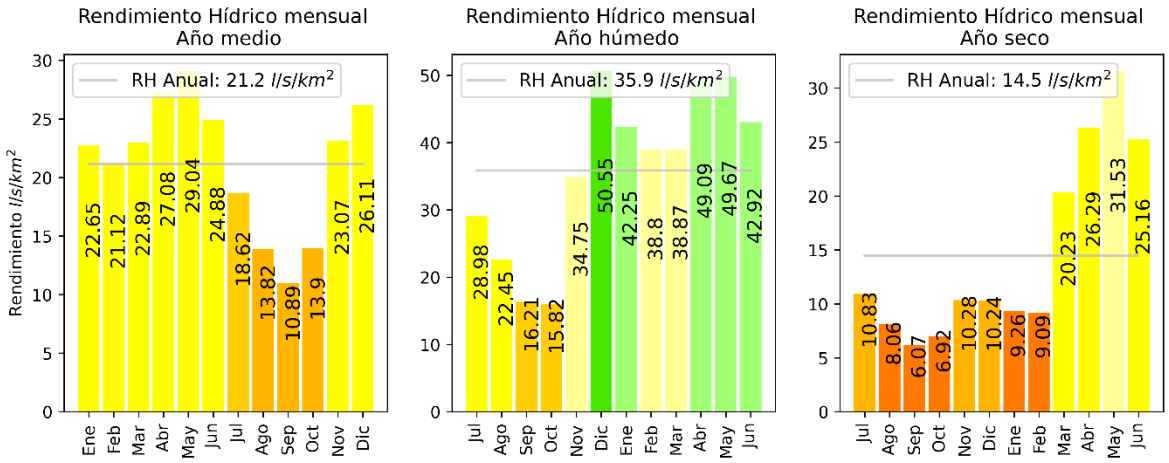


Figura 207. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 4

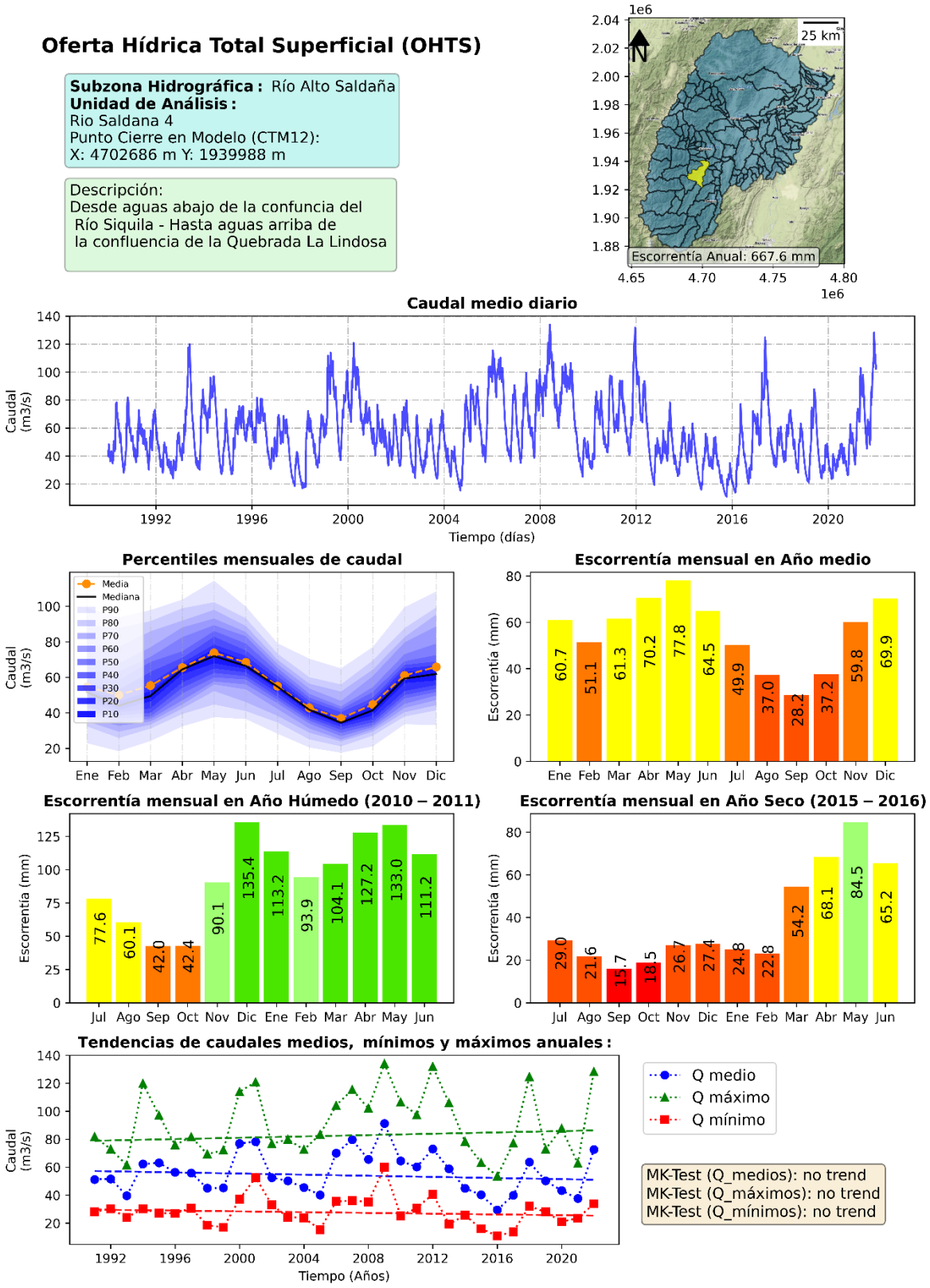


Figura 208. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 4

12.5. Unidad de Análisis: Rio Siquila

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 33.9, 49.6 y 28.4 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 121.8 % de aumento, un 178.1 % de aumento, y un 101.8 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 22.3, 28.9 y 8.7 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 80.0, 103.7 y 31.1 % con relación al valor medio anual (Figura 209). La escorrentía anual es de 879.1 mm, con valores máximos mensuales de 90.9, 132.9, y 76.0 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 210).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
4.43	**2.85**	**1.58**	**6.50**	**2.85**	**3.65**	**2.28**	**1.47**	**0.81**

Tabla 110. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Siquila

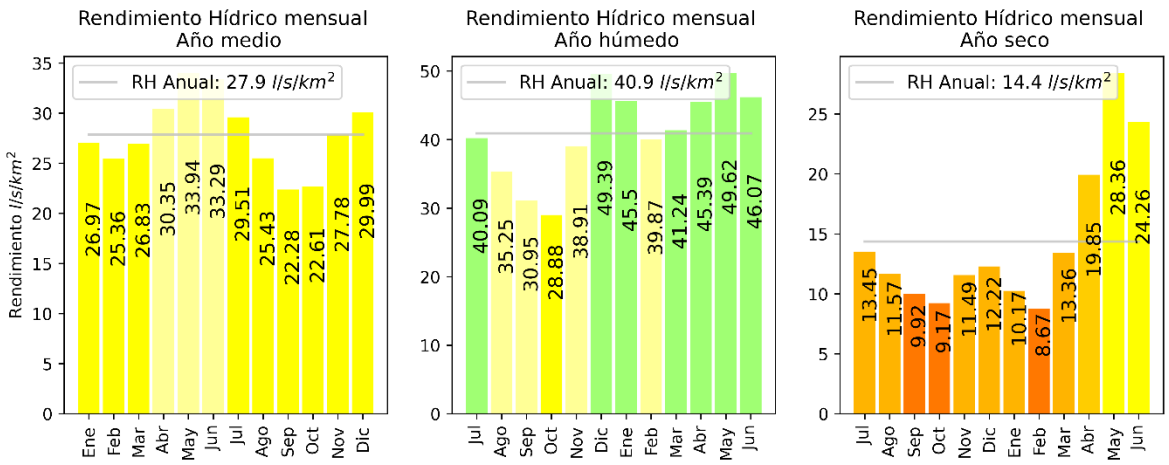


Figura 209. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Siquila

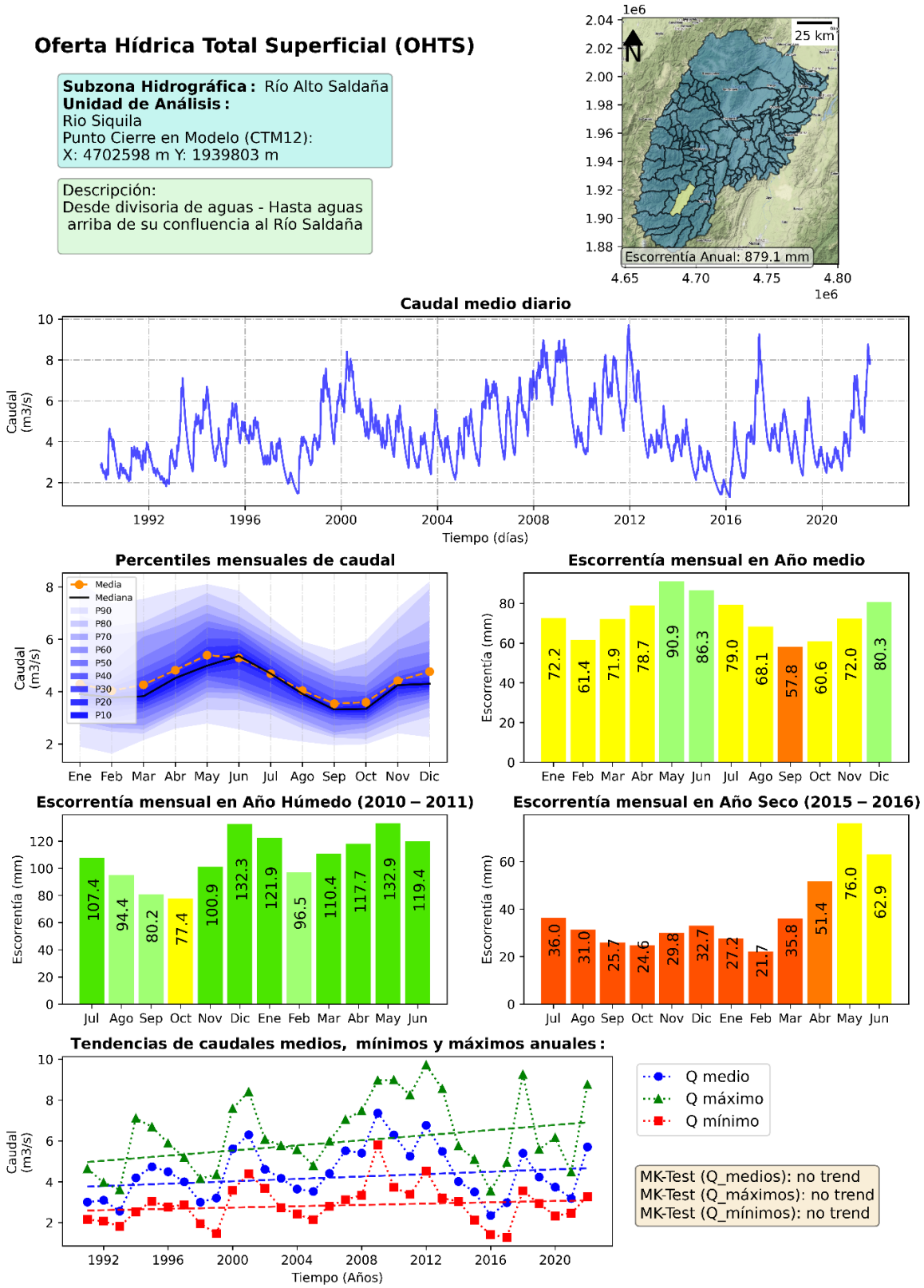


Figura 210. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Siquila

12.6. Unidad de Análisis: Rio Saldaña 3

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 29.5, 39.0 y 29.8 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 133.8 % de aumento, un 176.7 % de aumento, y un 134.9 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 16.8, 19.6 y 5.6 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 76.4, 88.9 y 25.5 % con relación al valor medio anual (Figura 211). La escorrentía anual es de 696.8 mm, con valores máximos mensuales de 76.5, 104.4, y 79.7 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 212).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
22.78	**13.69**	**9.09**	**31.07**	**13.69**	**17.38**	**13.22**	**6.40**	**6.82**

Tabla 111. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Saldaña 3

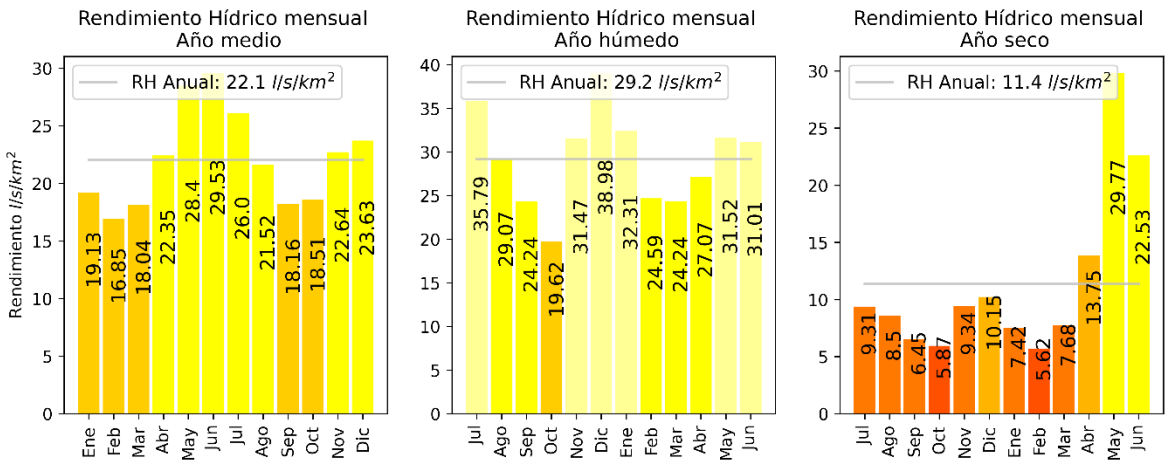


Figura 211. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 3

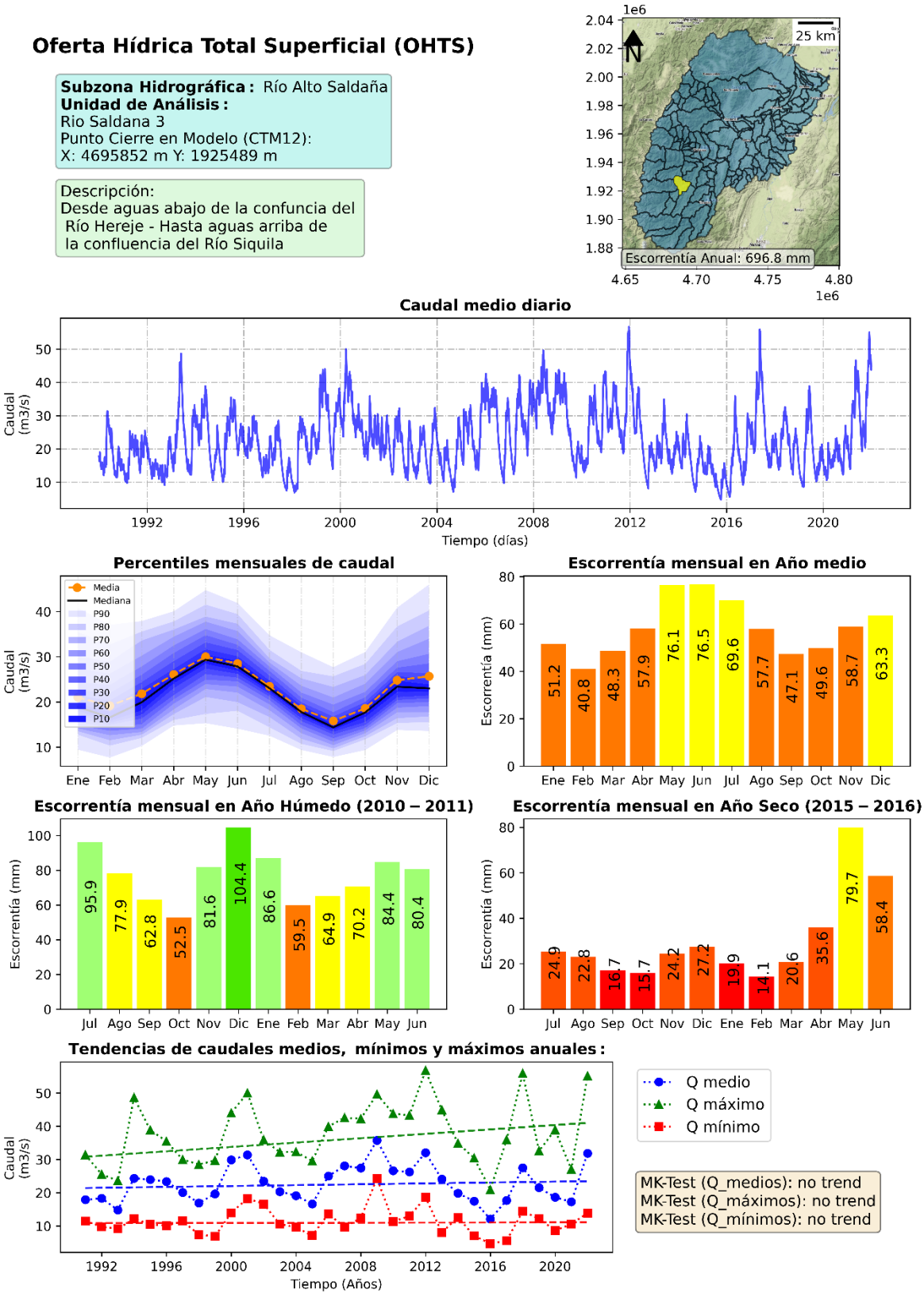


Figura 212. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 3

12.7. Unidad de Análisis: Rio Hereje

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 42.8, 53.0 y 42.8 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 132.7 % de aumento, un 164.2 % de aumento, y un 132.8 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 22.8, 27.8 y 8.4 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 70.8, 86.2 y 26.0 % con relación al valor medio anual (Figura 213). La escorrentía anual es de 1,018.3 mm, con valores máximos mensuales de 114.6, 141.9, y 114.7 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 214).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
6.68	**3.94**	**2.74**	**8.24**	**3.94**	**4.30**	**3.81**	**1.86**	**1.95**

Tabla 112. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Hereje

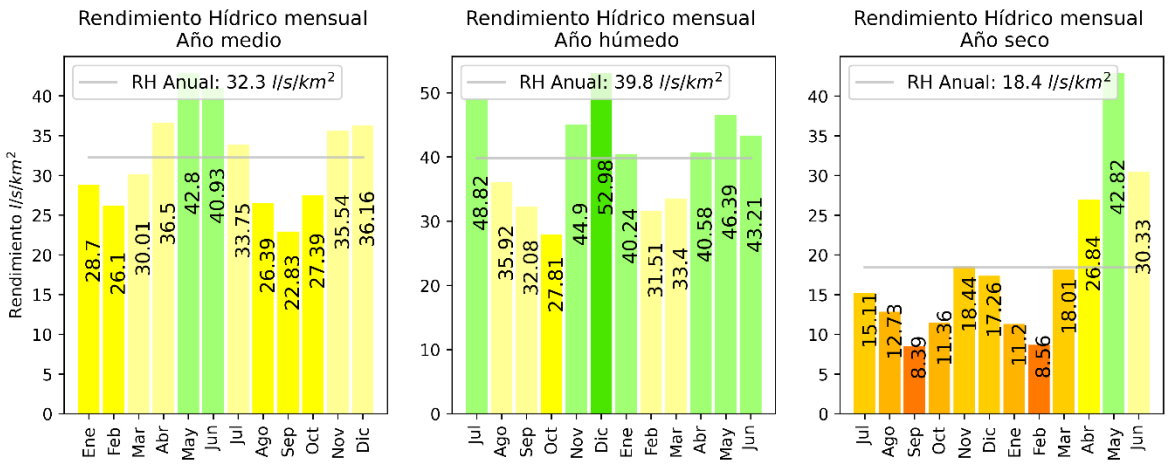


Figura 213. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Hereje

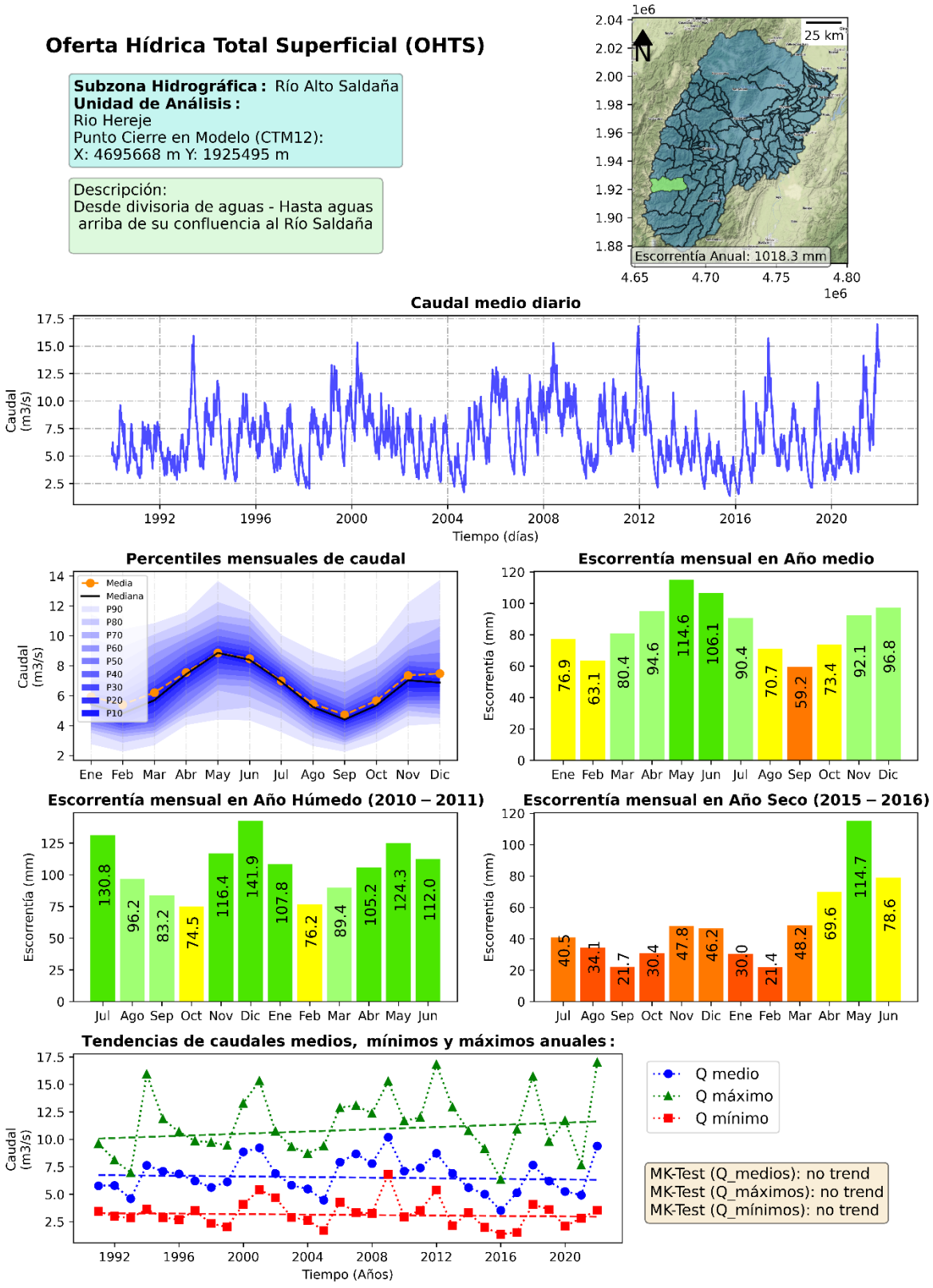


Figura 214. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Hereje

12.8. Unidad de Análisis: Rio Saldaña 2

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 30.3, 38.7 y 27.9 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 123.3 % de aumento, un 157.5 % de aumento, y un 113.6 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 19.9, 25.0 y 8.8 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 80.8, 101.6 y 35.7 % con relación al valor medio anual (Figura 215). La escorrentía anual es de 775.8 mm, con valores máximos mensuales de 79.3, 103.7, y 74.8 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 216).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
14.26	**8.56**	**5.70**	**20.39**	**8.56**	**11.83**	**8.46**	**4.05**	**4.41**

Tabla 113. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Saldaña 2

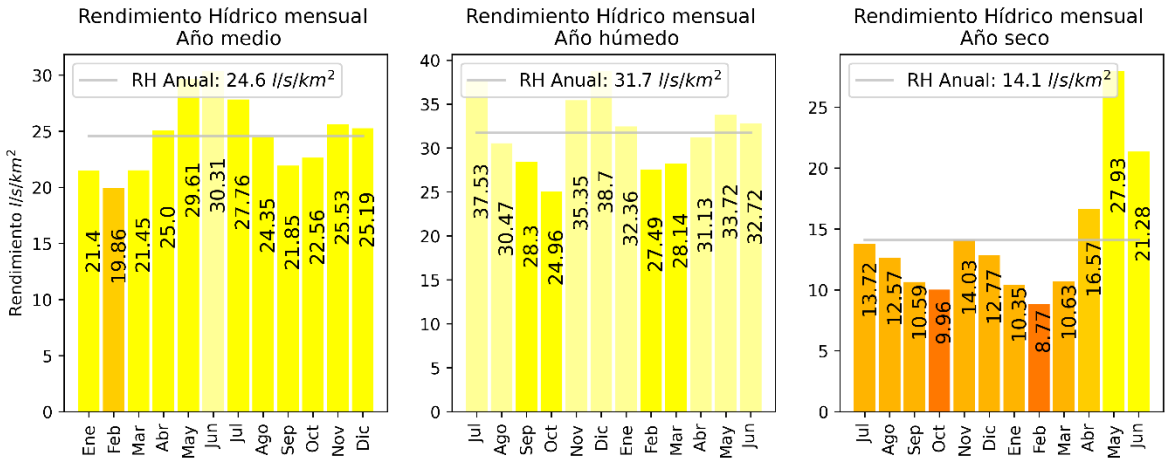


Figura 215. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 2

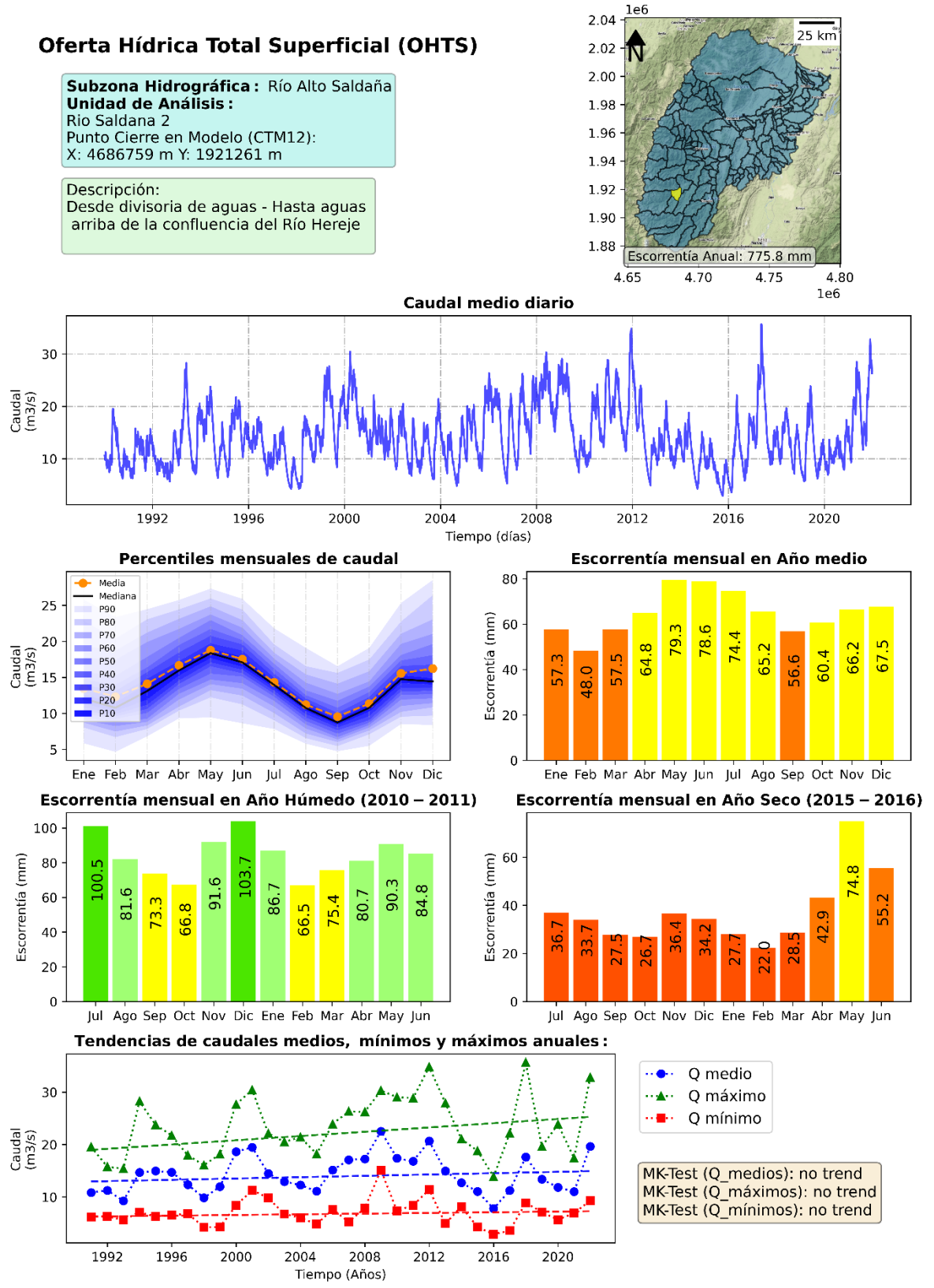


Figura 216. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 2

12.9. Unidad de Análisis: Rio Candelario

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 40.2, 58.0 y 35.6 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 124.1 % de aumento, un 178.8 % de aumento, y un 109.9 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 24.8, 33.3 y 9.3 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 76.6, 102.8 y 28.8 % con relación al valor medio anual (Figura 217). La escorrentía anual es de 1,023.0 mm, con valores máximos mensuales de 107.8, 155.3, y 95.5 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 218).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
2.25	**1.43**	**0.81**	**3.25**	**1.43**	**1.82**	**1.20**	**0.70**	**0.50**

Tabla 114. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Candelario

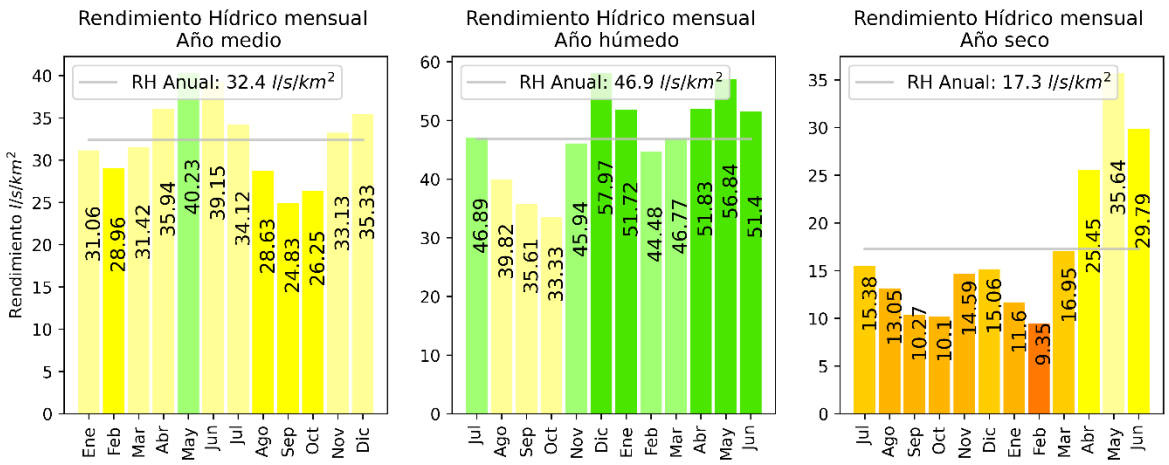


Figura 217. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Candelario

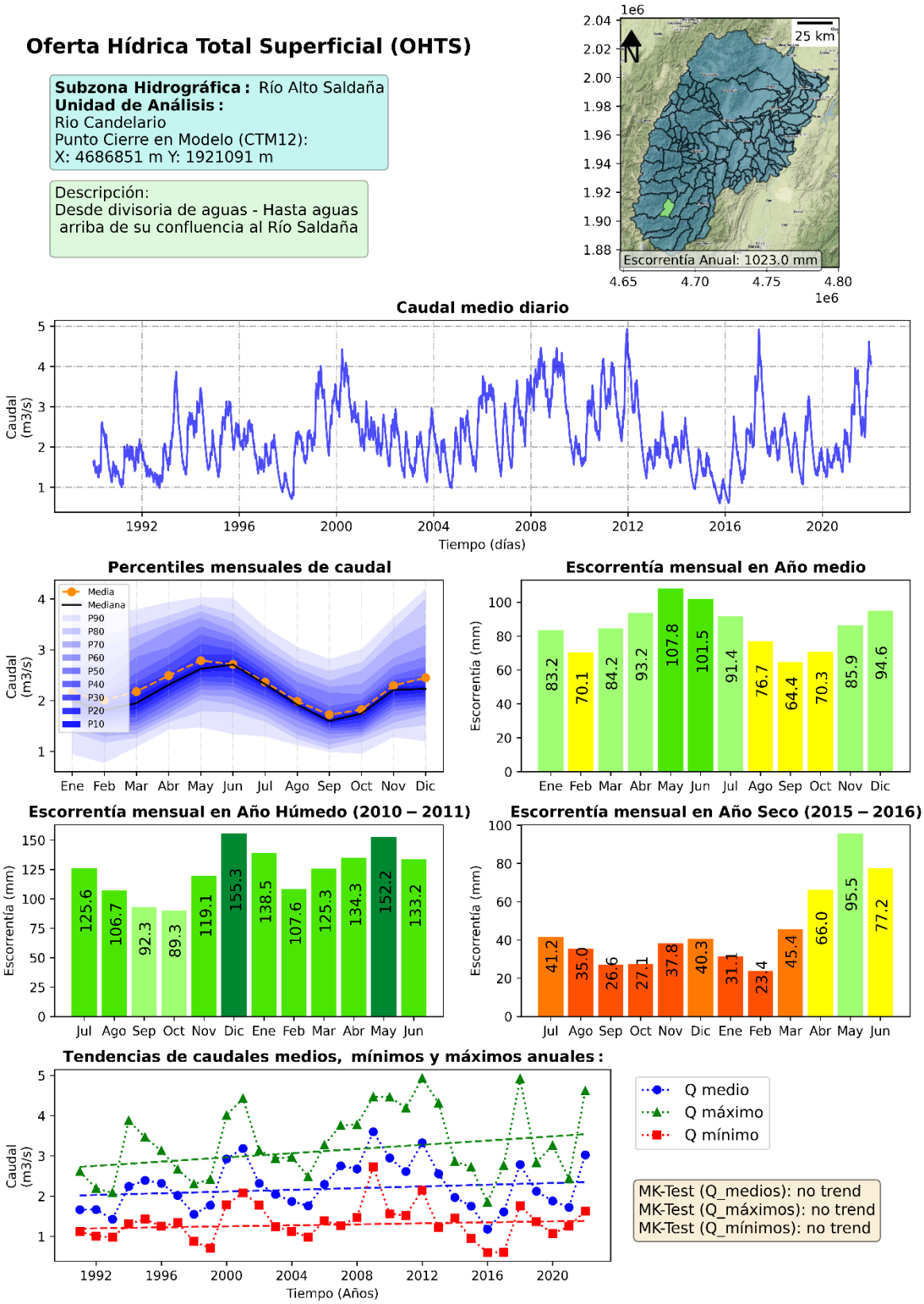


Figura 218. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Candelario

12.10. Unidad de Análisis: Rio Saldaña 1

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 48.9, 72.7 y 50.4 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 134.2 % de aumento, un 199.3 % de aumento, y un 138.2 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 23.0, 33.5 y 8.1 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 63.2, 91.9 y 22.3 % con relación al valor medio anual (Figura 219). La escorrentía anual es de 1,150.8 mm, con valores máximos mensuales de 131.1, 194.7, y 135.0 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 220).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
11.03	**6.43**	**4.60**	**15.87**	**6.43**	**9.44**	**6.70**	**2.94**	**3.76**

Tabla 115. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Saldaña 1

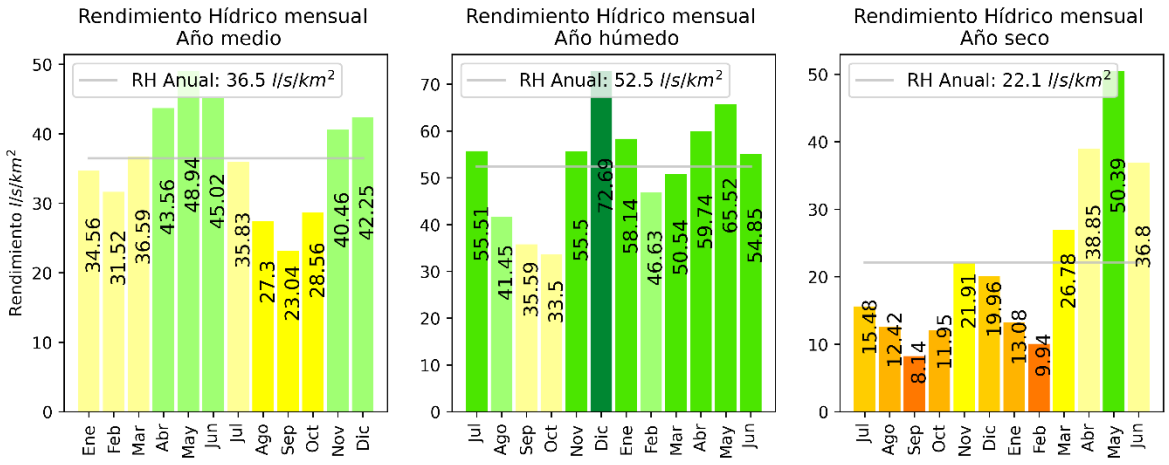


Figura 219. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 1

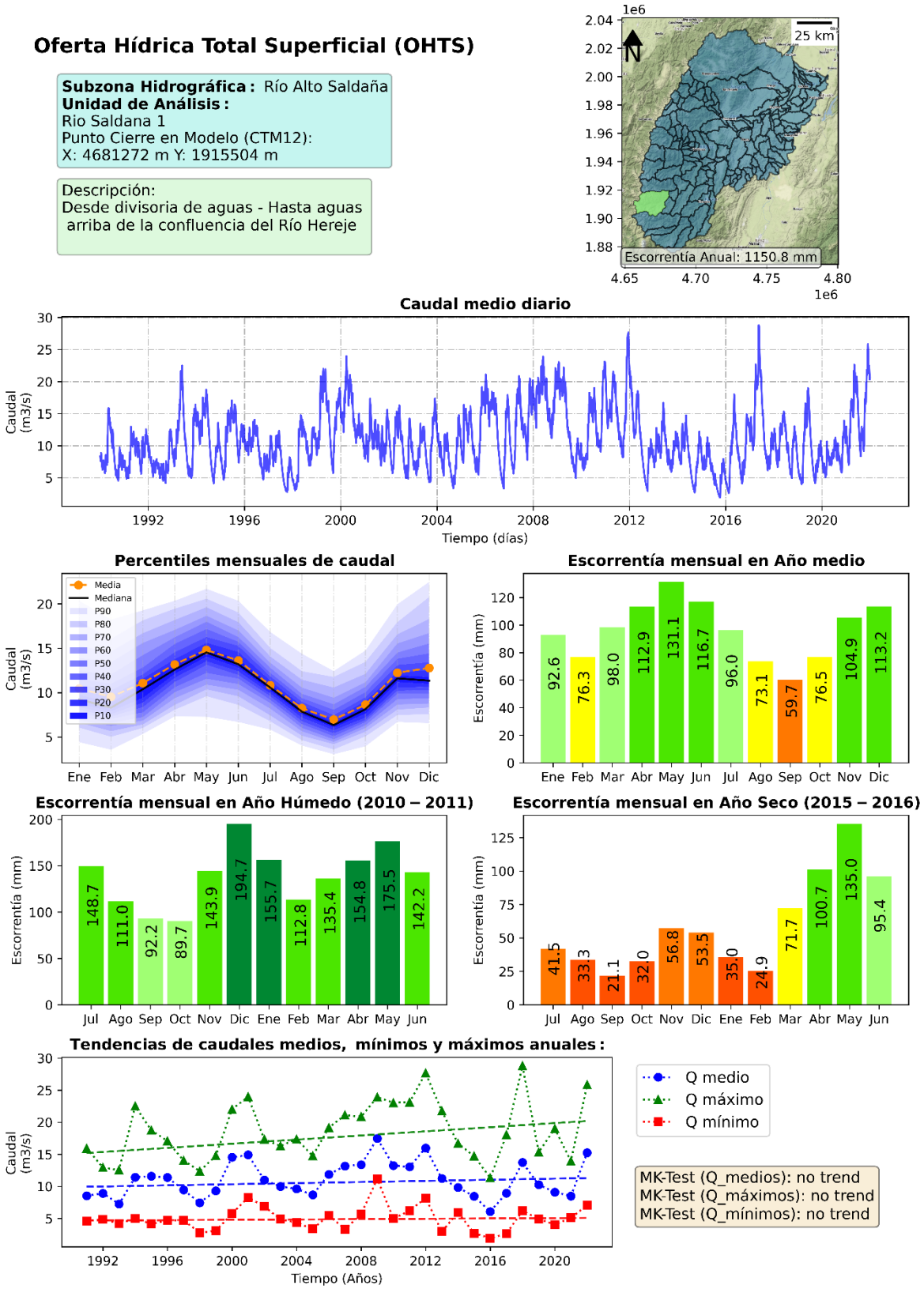


Figura 220. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Saldaña 1

13. OHTS y OHTD en la Subzona Hidrográfica Amoyá

13.1. Unidad de Análisis: Quebrada Guani

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 38.1, 64.7 y 34.8 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 126.5 % de aumento, un 214.7 % de aumento, y un 115.4 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 23.1, 28.9 y 23.0 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 76.6, 95.9 y 76.4 % con relación al valor medio anual (Figura 221). La escorrentía anual es de 950.5 mm, con valores máximos mensuales de 98.8, 167.7, y 90.4 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas al incremento de los caudales medios y mínimos anuales, y los caudales máximos anuales no evidencian tendencias según la prueba Mann-Kendall (Figura 222).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
1.03	**0.58**	**0.45**	**1.47**	**0.58**	**0.89**	**0.95**	**0.76**	**0.19**

Tabla 116. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Guani

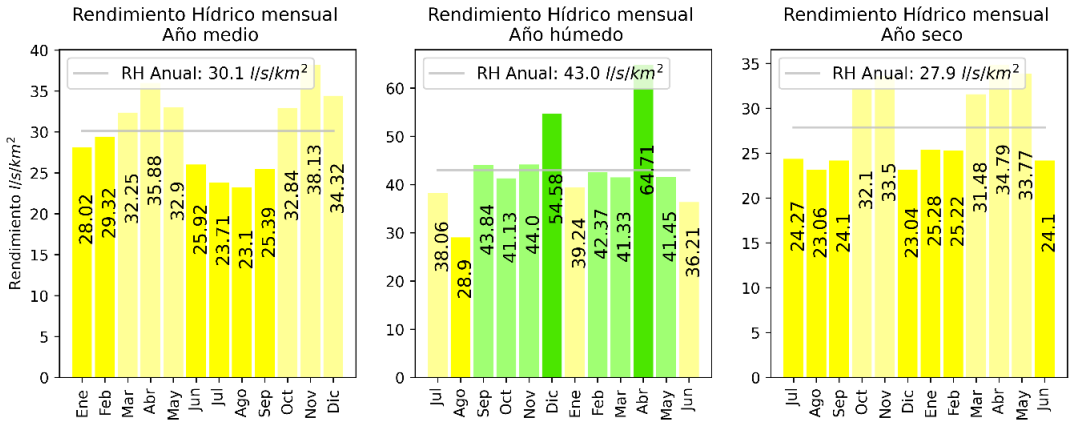


Figura 221. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Guani

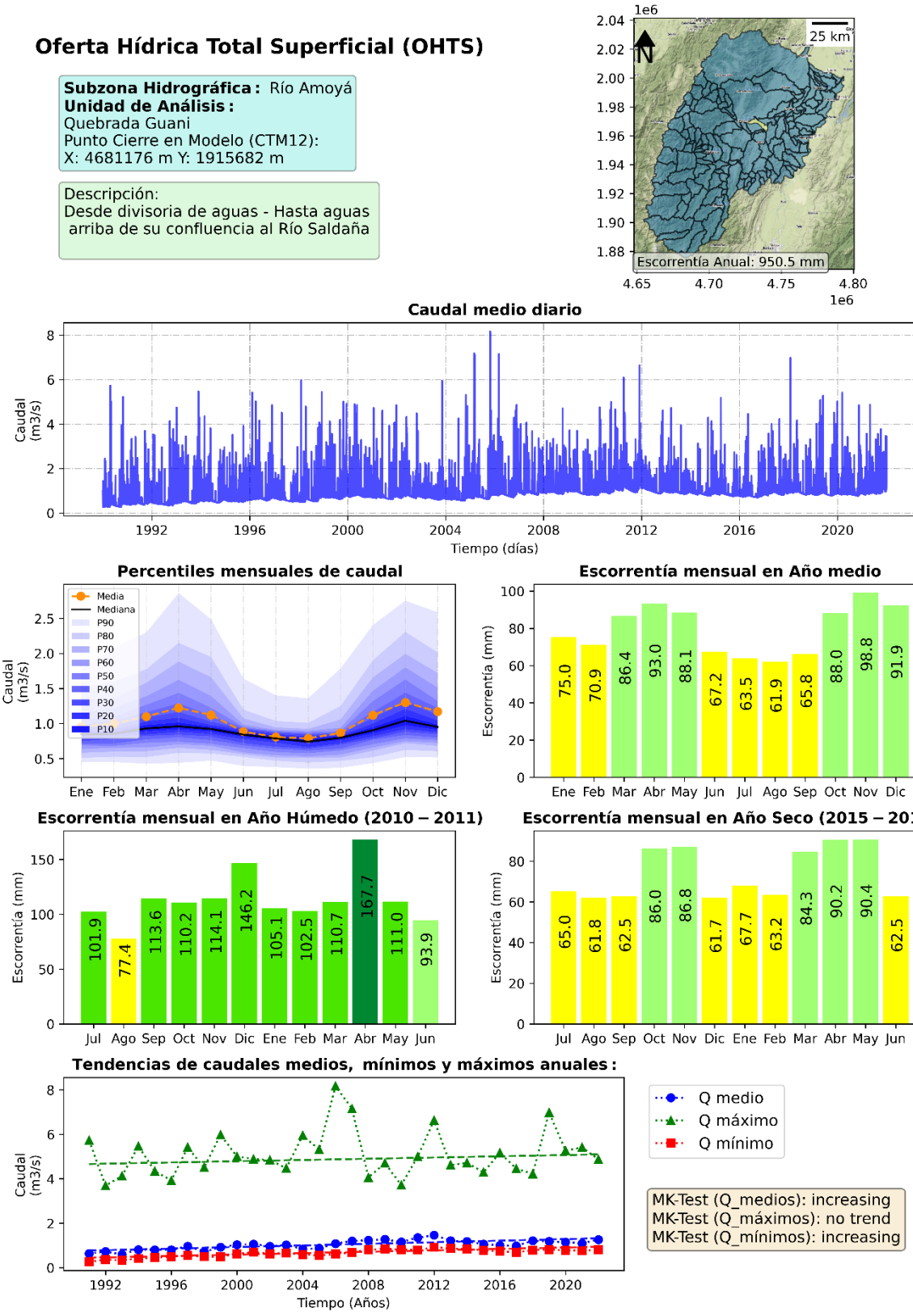


Figura 222. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Guani

13.2. Unidad de Análisis: Rio Amoyá 13

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 33.4, 63.9 y 29.9 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 140.5 % de aumento, un 269.0 % de aumento, y un 125.8 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 15.1, 18.1 y 12.9 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 63.7, 76.3 y 54.4 % con relación al valor medio anual (Figura 223). La escorrentía anual es de 748.8 mm, con valores máximos mensuales de 86.5, 165.5, y 78.9 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas al incremento de los caudales máximos y mínimos anuales, y no se presentan tendencias en los caudales medios anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 224).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
59.05	**35.18**	**23.86**	**74.30**	**35.18**	**39.11**	**39.90**	**23.96**	**15.94**

Tabla 117. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Amoyá 13

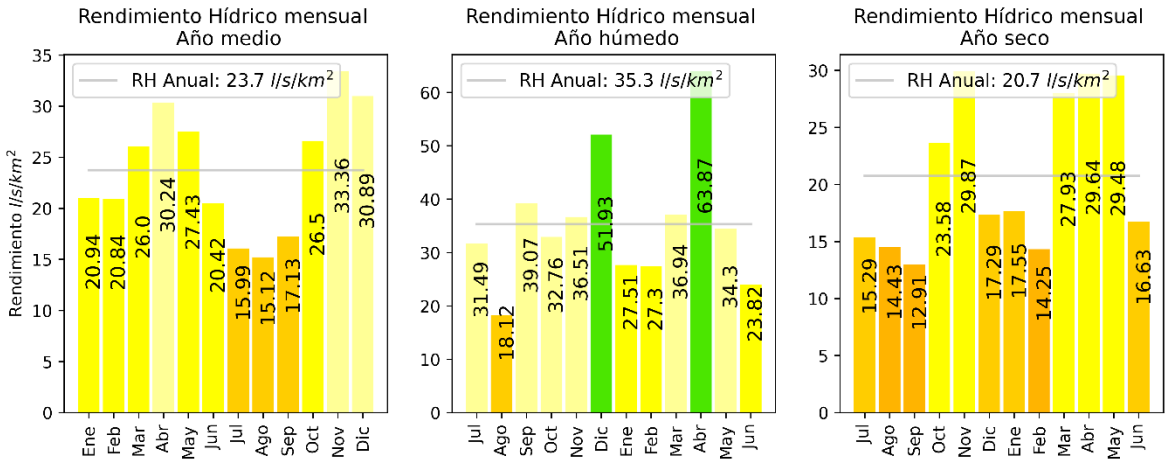


Figura 223. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Amoyá 13

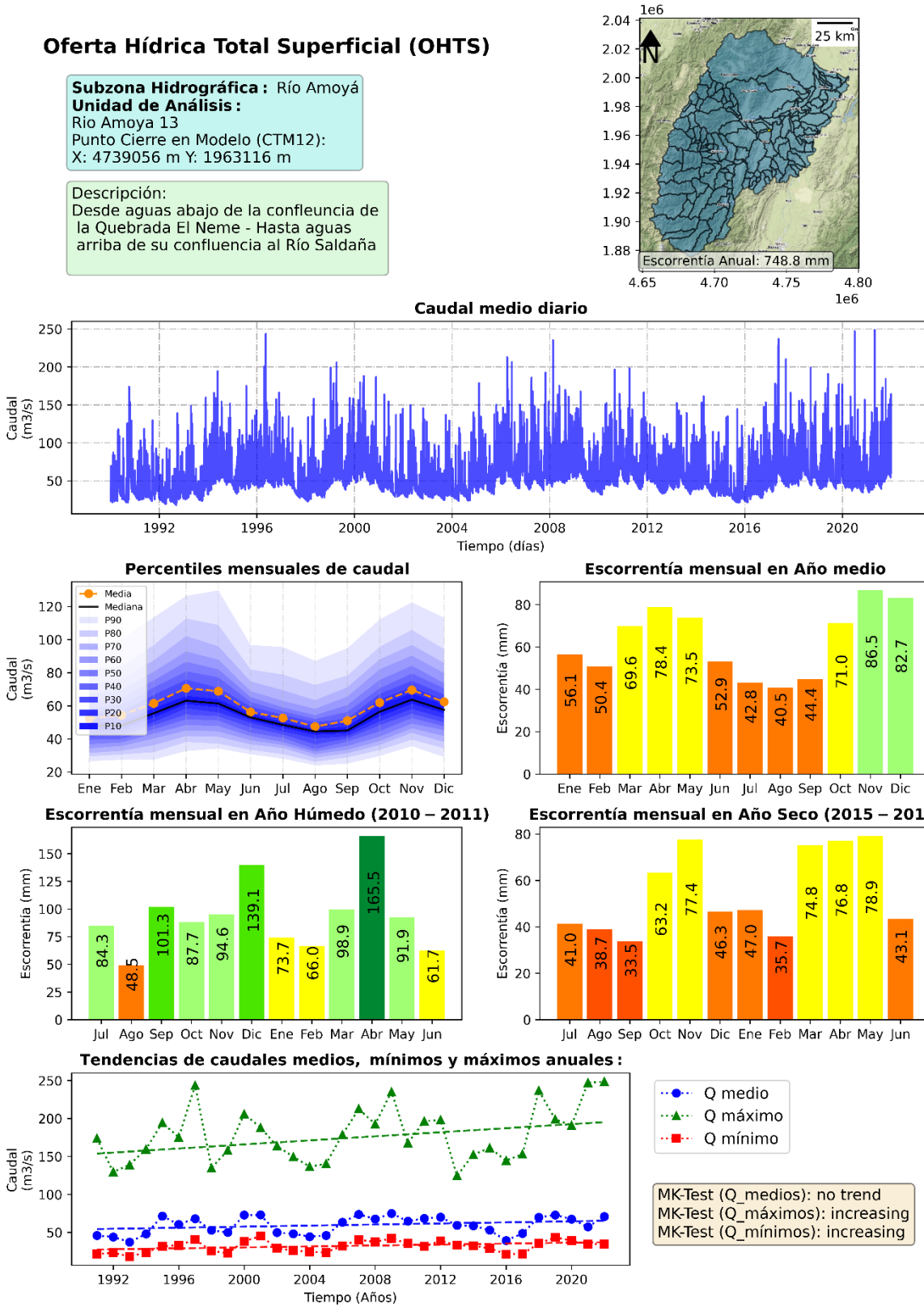


Figura 224. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Amoyá 13

13.3. Unidad de Análisis: Quebrada Neme

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 41.8, 70.8 y 37.6 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 129.4 % de aumento, un 219.1 % de aumento, y un 116.4 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 23.8, 29.0 y 22.8 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 73.8, 89.7 y 70.6 % con relación al valor medio anual (Figura 225). La escorrentía anual es de 1,018.4 mm, con valores máximos mensuales de 108.3, 183.5, y 97.5 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas al incremento de los caudales medios y mínimos anuales, y los caudales máximos anuales no evidencian tendencias según la prueba Mann-Kendall (Figura 226).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
1.78	**0.95**	**0.83**	**2.52**	**0.95**	**1.58**	**1.62**	**1.21**	**0.42**

Tabla 118. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Neme

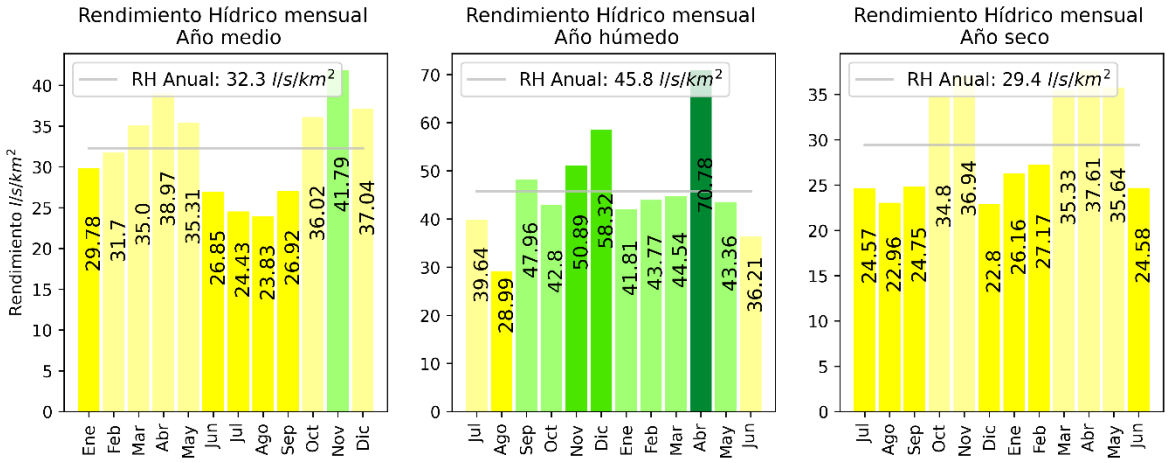


Figura 225. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Neme

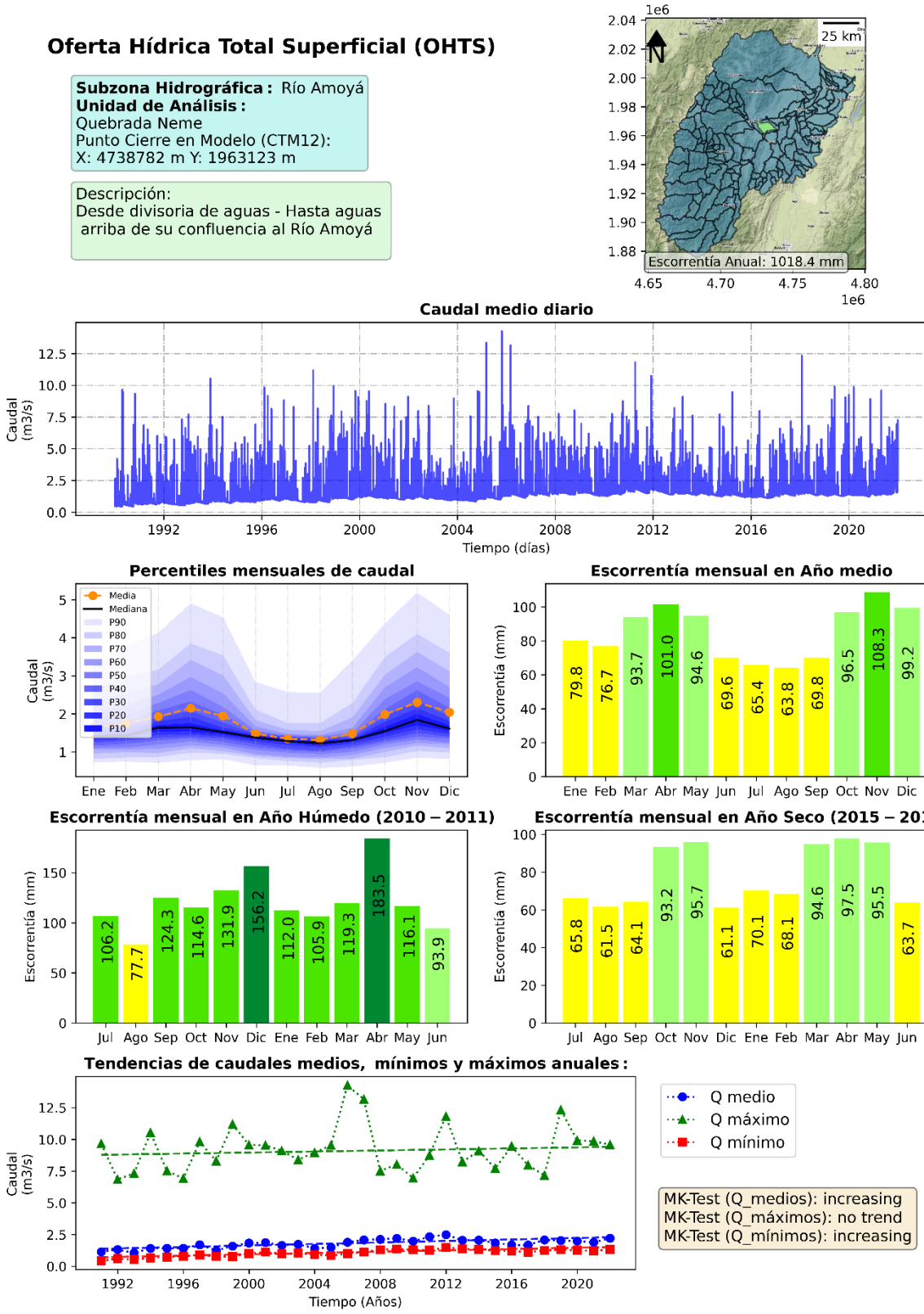


Figura 226. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Neme

13.4. Unidad de Análisis: Rio Amoyá 12

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 70.1, 127.4 y 56.4 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 157.3 % de aumento, un 285.8 % de aumento, y un 126.6 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 22.3, 24.9 y 13.6 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 50.1, 55.8 y 30.6 % con relación al valor medio anual (Figura 227). La escorrentía anual es de 1,404.6 mm, con valores máximos mensuales de 181.6, 330.1, y 147.2 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 228).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
57.21	**33.93**	**23.28**	**71.70**	**33.93**	**37.77**	**38.23**	**22.69**	**15.54**

Tabla 119. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Amoyá 12

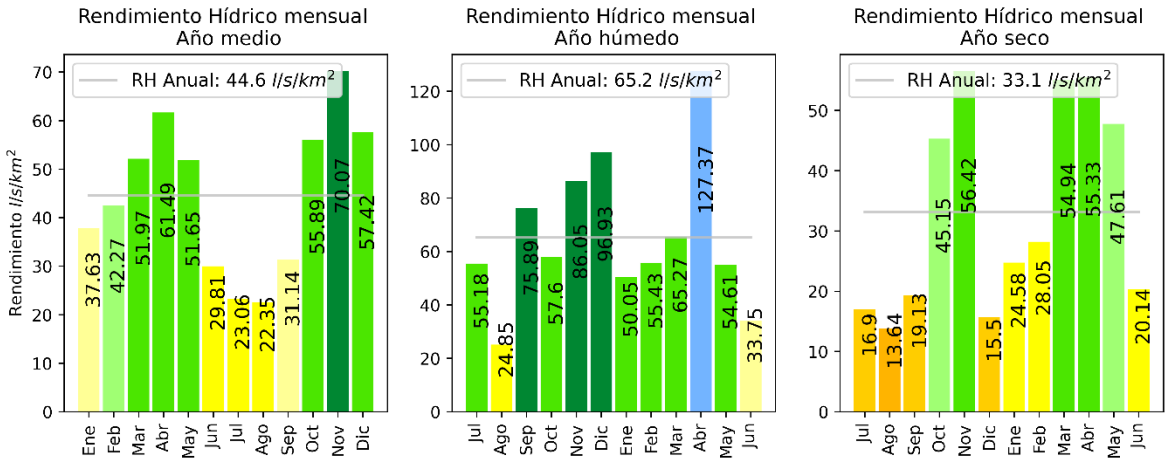


Figura 227. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Amoyá 12

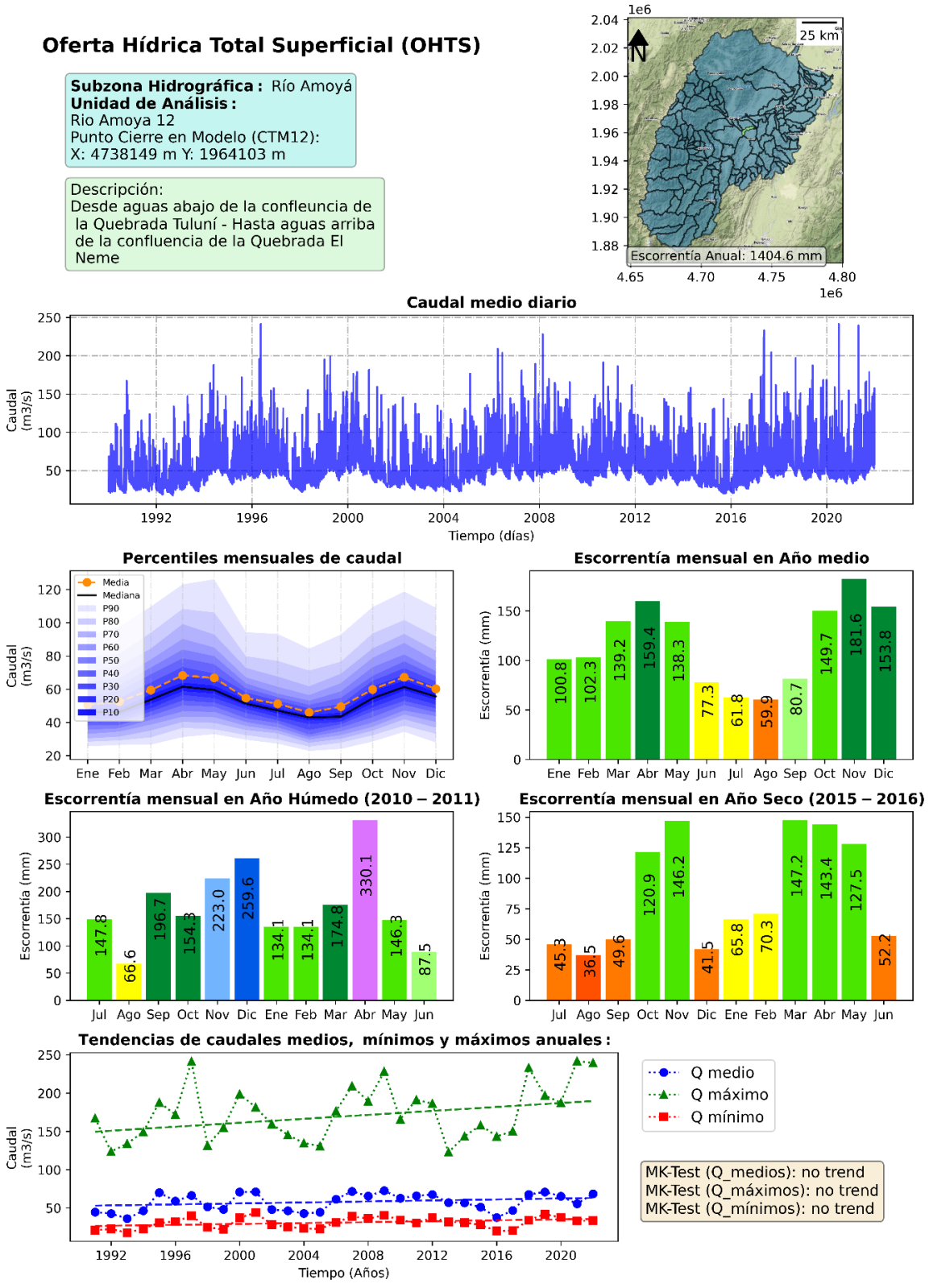


Figura 228. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Amoyá 12

13.5. Unidad de Análisis: Quebrada Tuluni

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 57.5, 89.5 y 47.5 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 123.9 % de aumento, un 192.9 % de aumento, y un 102.4 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 34.2, 43.6 y 25.9 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 73.7, 93.9 y 55.9 % con relación al valor medio anual (Figura 229). La escorrentía anual es de 1,463.2 mm, con valores máximos mensuales de 149.1, 232.1, y 127.3 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas al incremento de los caudales medios y mínimos anuales, y los caudales máximos anuales no evidencian tendencias según la prueba Mann-Kendall (Figura 230).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
9.76	**5.94**	**3.82**	**13.25**	**5.94**	**7.30**	**7.35**	**5.27**	**2.08**

Tabla 120. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Tuluni

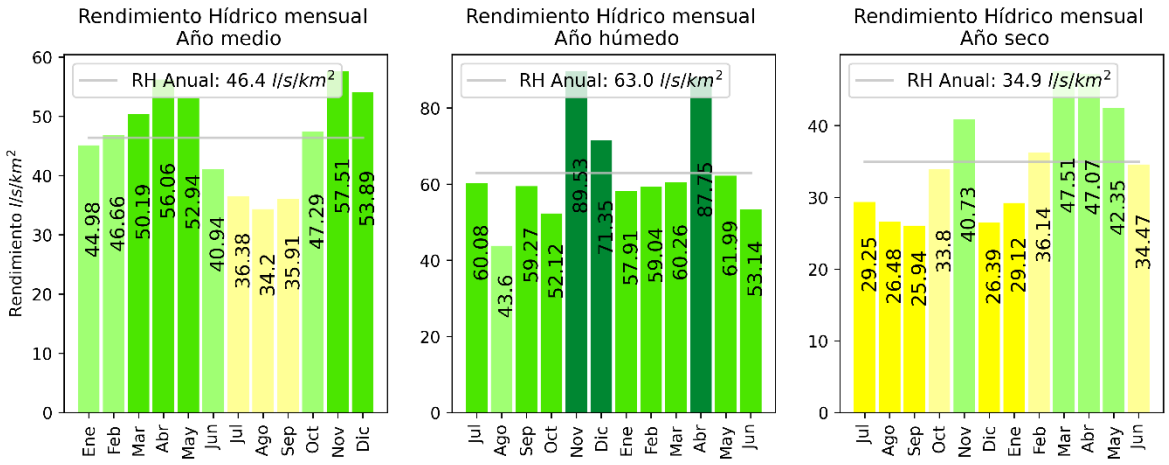


Figura 229. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Tuluni

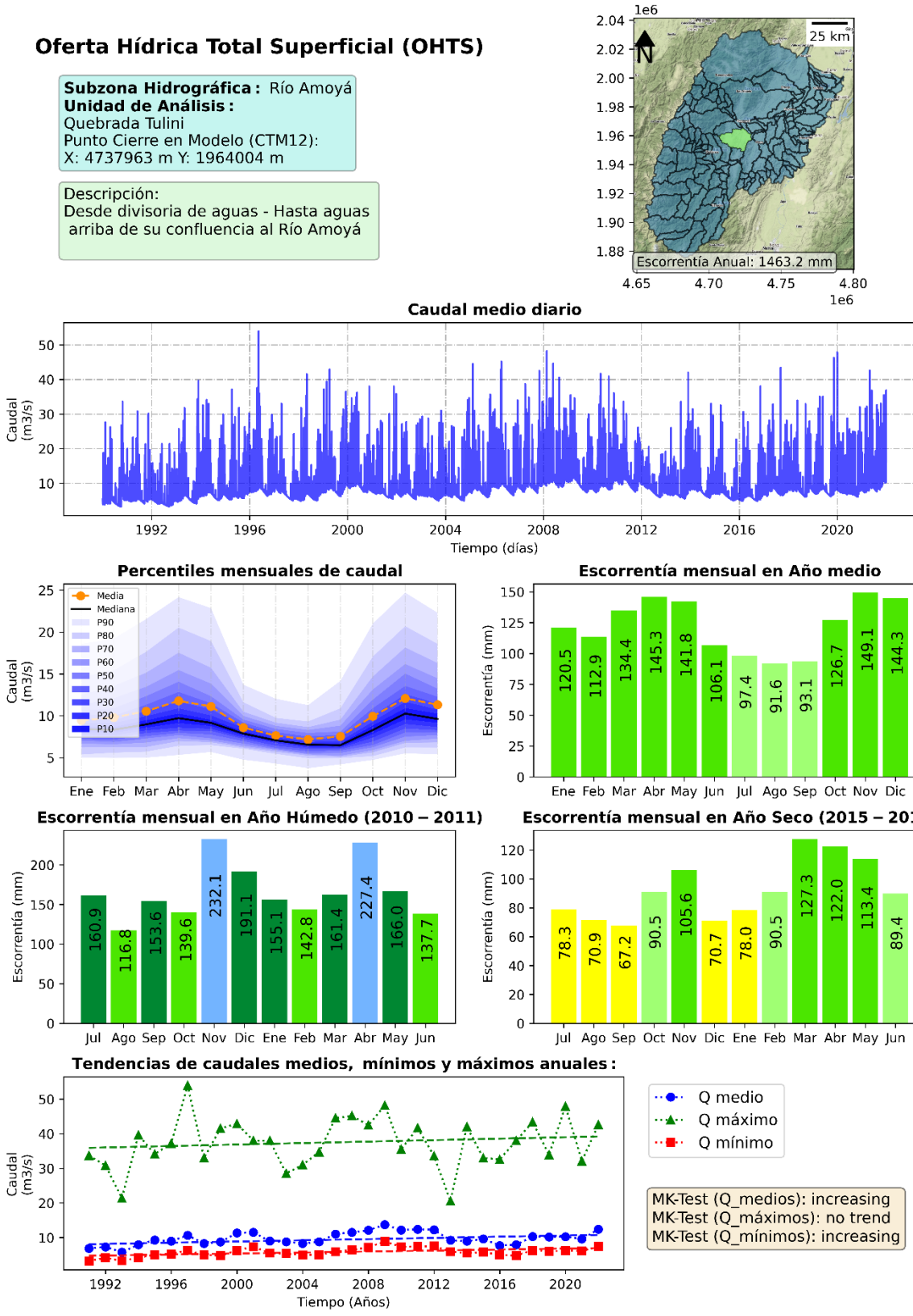


Figura 230. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Tuluni

13.6. Unidad de Análisis: Rio Amoyá 11

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 60.7, 113.7 y 57.8 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 138.6 % de aumento, un 259.7 % de aumento, y un 131.9 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 28.6, 34.3 y 26.5 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 65.4, 78.3 y 60.5 % con relación al valor medio anual (Figura 231). La escorrentía anual es de 1,380.5 mm, con valores máximos mensuales de 157.3, 294.7, y 154.7 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas al incremento de los caudales máximos anuales, y no se identifican tendencias en los caudales medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 232).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
46.78	**27.17**	**19.60**	**57.46**	**27.17**	**30.28**	**30.38**	**17.04**	**13.34**

Tabla 121. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Amoyá 11

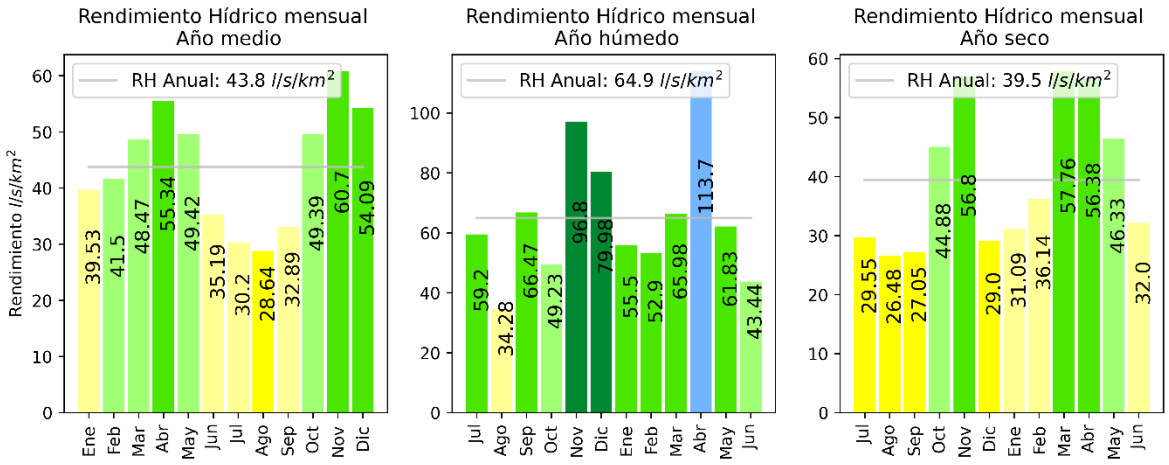


Figura 231. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Amoyá 11

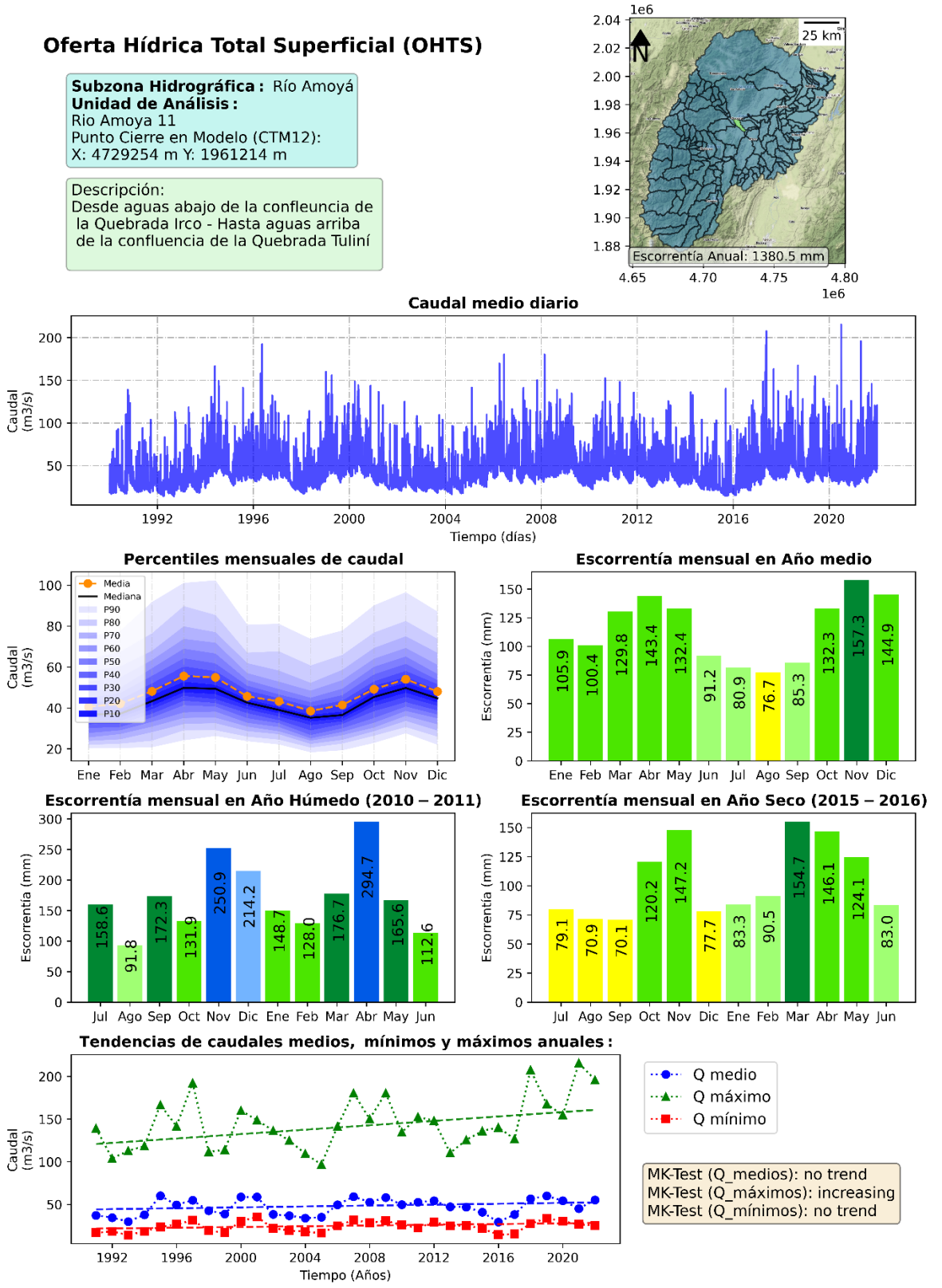


Figura 232. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Amoyá 11

13.7. Unidad de Análisis: Quebrada Irco

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 54.8, 87.3 y 44.0 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 126.2 % de aumento, un 201.0 % de aumento, y un 101.4 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 30.2, 38.5 y 19.8 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 69.6, 88.8 y 45.5 % con relación al valor medio anual (Figura 233). La escorrentía anual es de 1,369.2 mm, con valores máximos mensuales de 142.0, 226.3, y 117.9 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 234).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
4.97	**2.77**	**2.21**	**6.60**	**2.77**	**3.83**	**3.36**	**2.13**	**1.23**

Tabla 122. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Irco

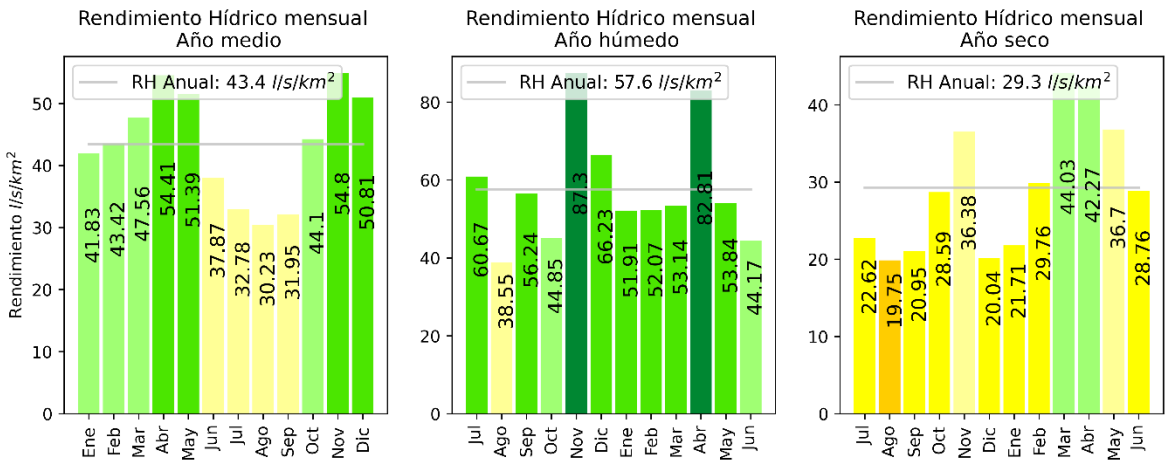


Figura 233. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Irco

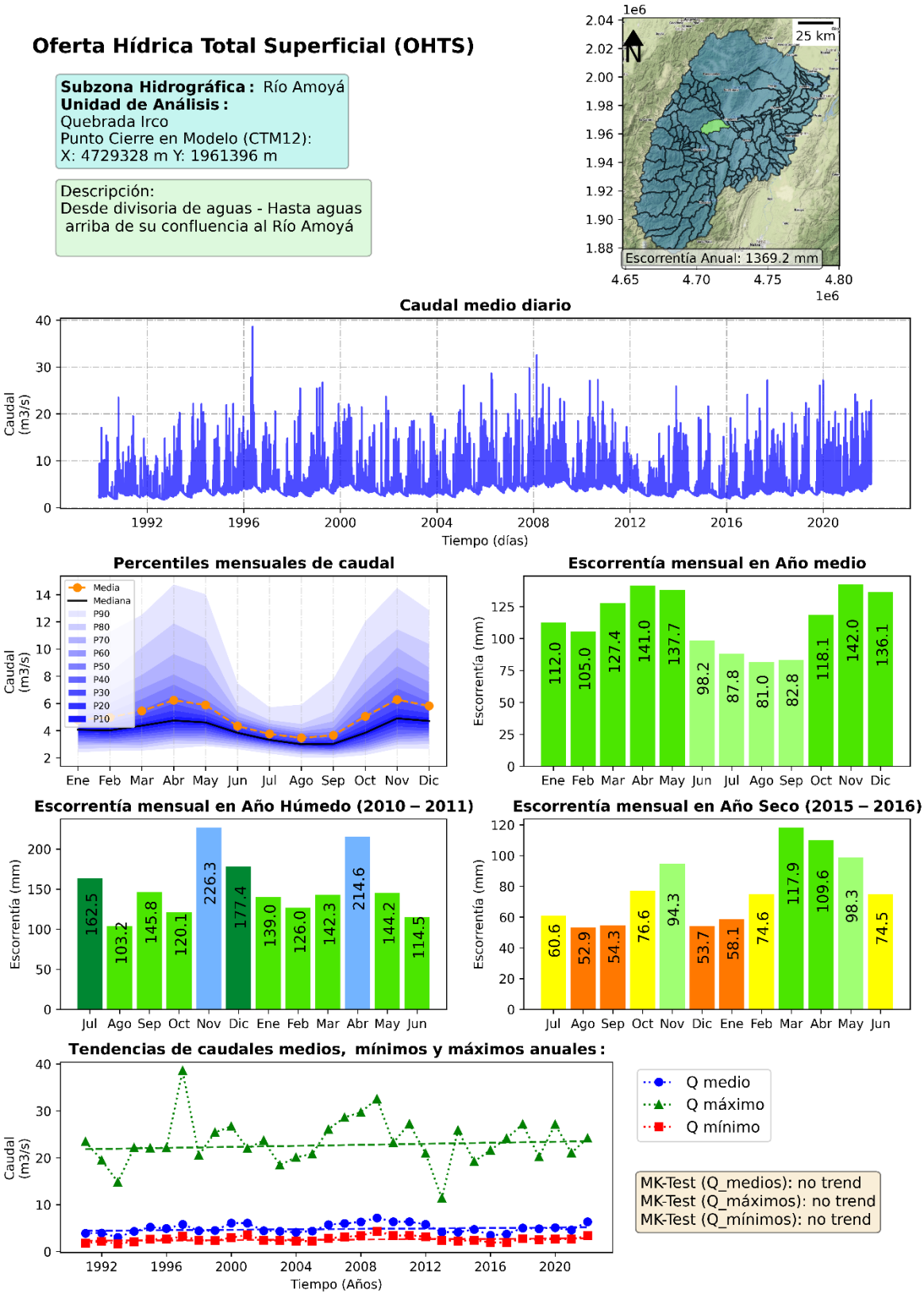


Figura 234. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Irco

13.8. Unidad de Análisis: Rio Amoyá 10

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 77.3, 184.0 y 74.9 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 187.9 % de aumento, un 447.5 % de aumento, y un 182.2 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 13.0, 8.0 y 6.5 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 31.6, 19.5 y 15.9 % con relación al valor medio anual (Figura 235). La escorrentía anual es de 1,296.4 mm, con valores máximos mensuales de 200.3, 477.0, y 200.6 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas al incremento de los caudales máximos anuales, y no se identifican tendencias en los caudales medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 236).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
40.71	**23.38**	**17.33**	**49.24**	**23.38**	**25.85**	**26.04**	**13.95**	**12.09**

Tabla 123. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Amoyá 10

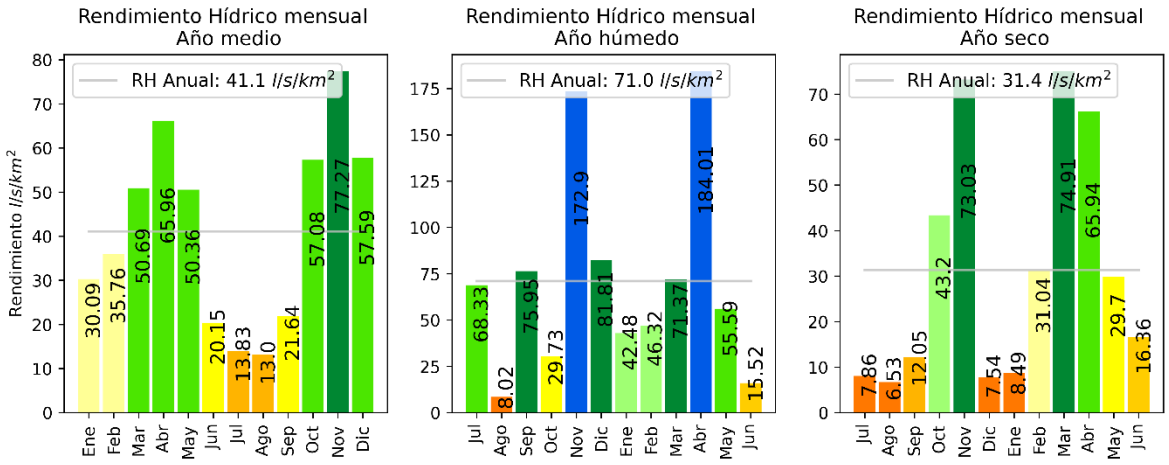


Figura 235. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Amoyá 10

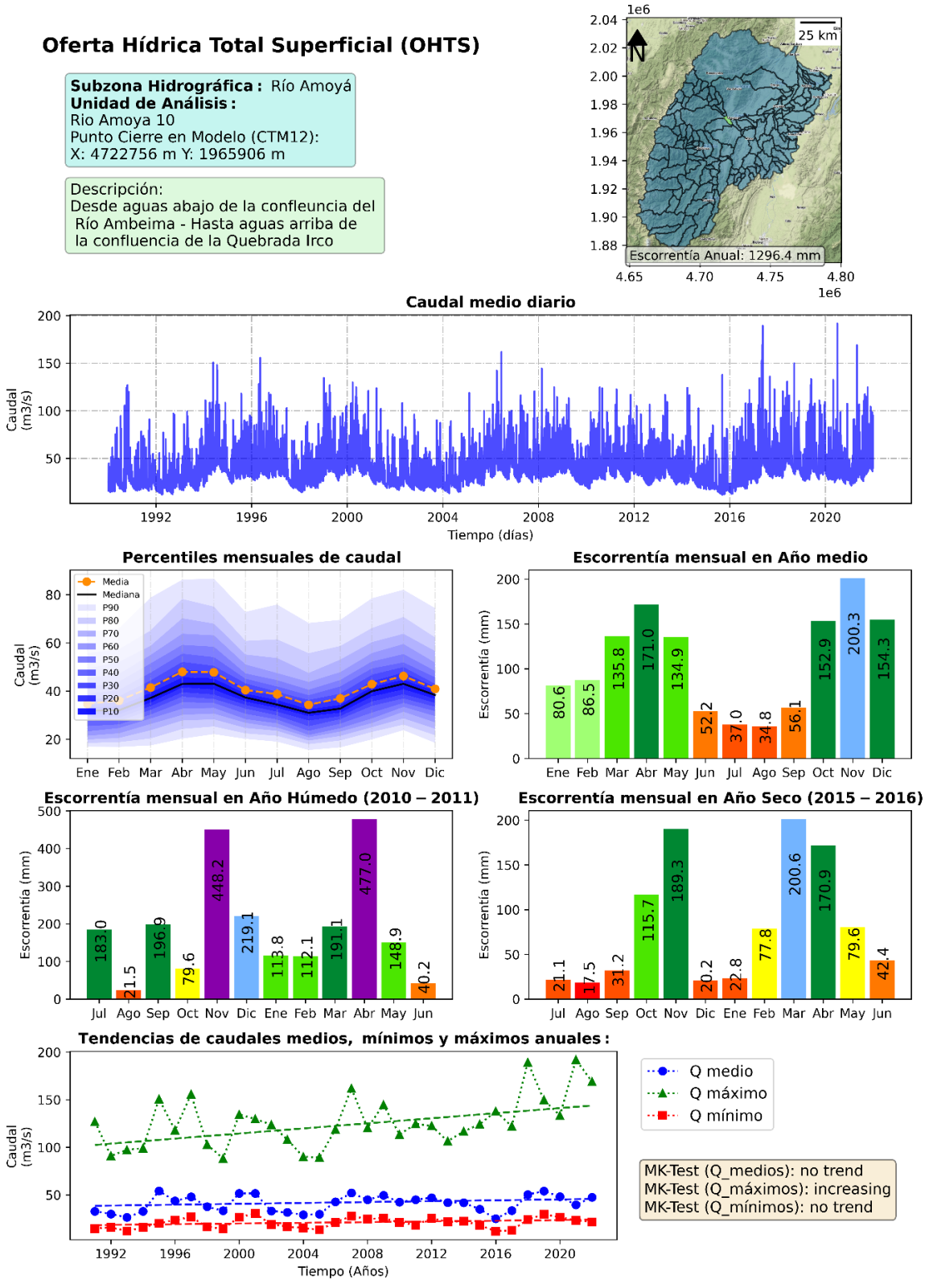


Figura 236. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Amoyá 10

13.9. Unidad de Análisis: Rio Ambeima

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 56.5, 72.5 y 43.3 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 117.1 % de aumento, un 150.3 % de aumento, y un 89.7 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 39.0, 43.9 y 22.6 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 80.8, 91.0 y 46.8 % con relación al valor medio anual (Figura 237). La escorrentía anual es de 1,521.0 mm, con valores máximos mensuales de 147.1, 187.9, y 112.2 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 238).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
15.79	**10.26**	**5.52**	**18.65**	**10.26**	**8.38**	**10.30**	**6.99**	**3.31**

Tabla 124. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Ambeima

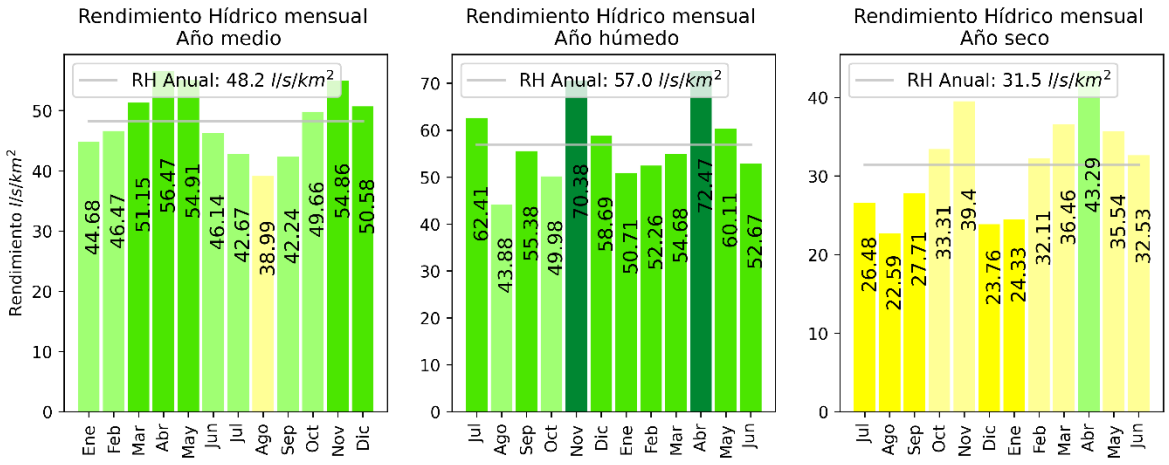


Figura 237. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Ambeima

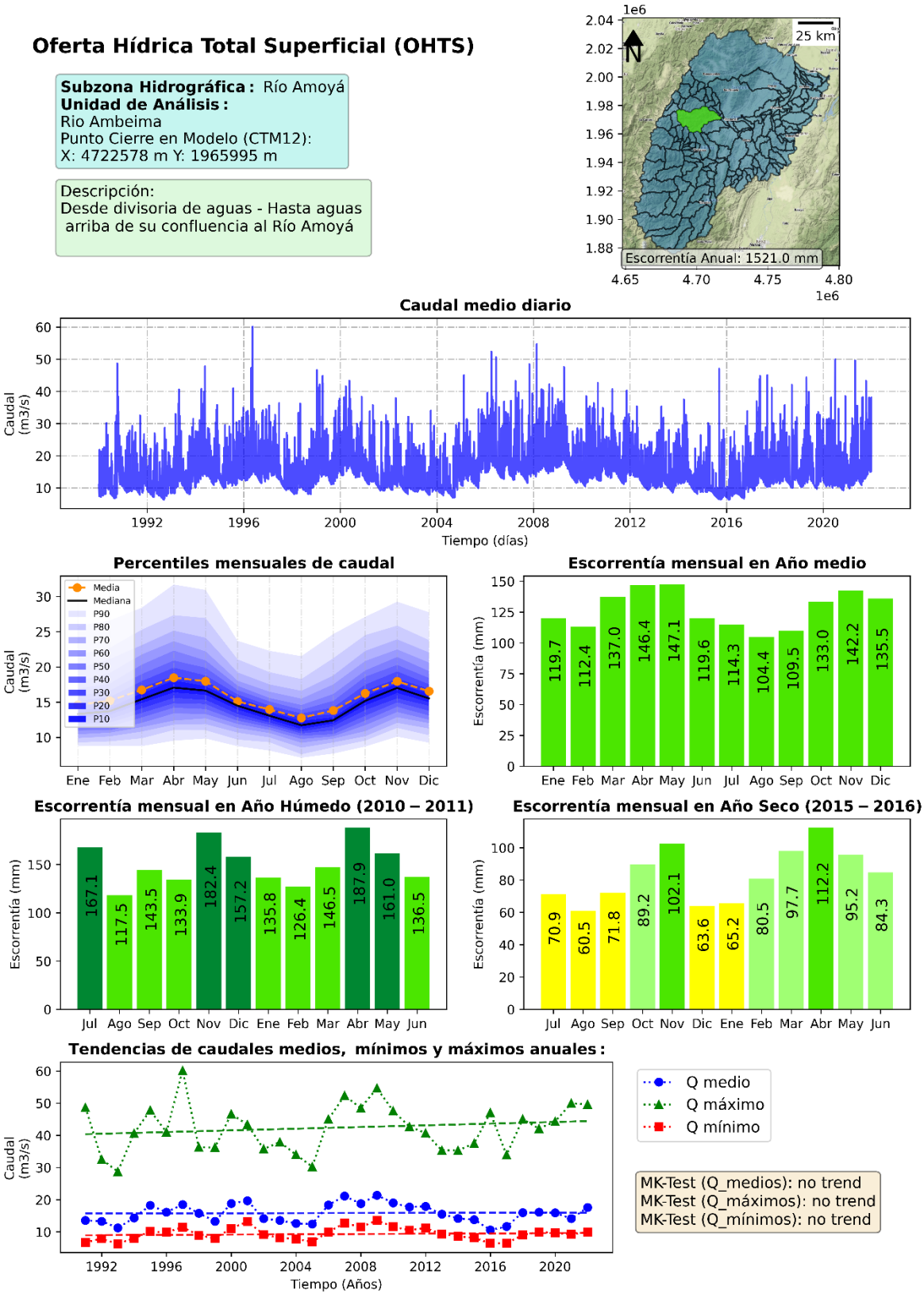


Figura 238. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Ambeima

13.10. Unidad de Análisis: Rio Amoyá 9

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 68.8, 150.1 y 70.4 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 170.8 % de aumento, un 372.8 % de aumento, y un 174.8 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 12.4, 4.9 y 0.7 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 30.7, 12.3 y 1.6 % con relación al valor medio anual (Figura 239). La escorrentía anual es de 1,269.3 mm, con valores máximos mensuales de 178.2, 389.1, y 182.4 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas al incremento de los caudales máximos anuales, y no se identifican tendencias en los caudales medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 240).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
24.30	**12.39**	**11.92**	**29.52**	**12.39**	**17.13**	**15.27**	**6.89**	**8.37**

Tabla 125. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Amoyá 9

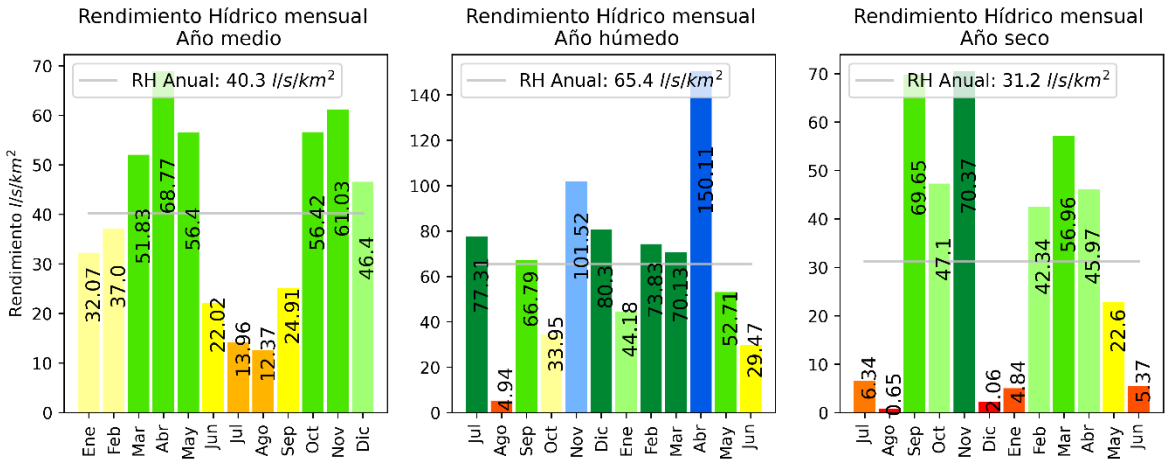


Figura 239. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Amoyá 9

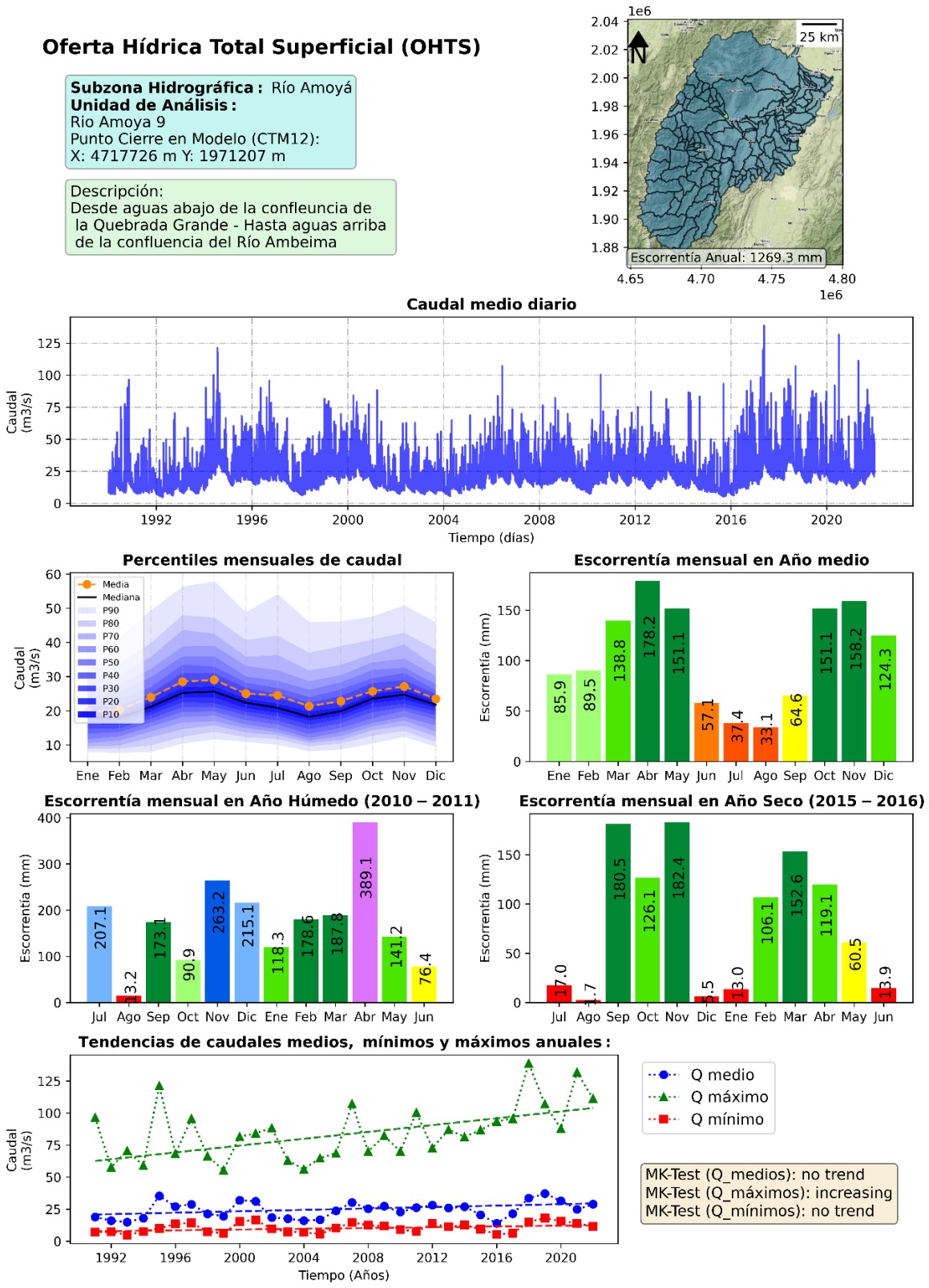


Figura 240. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Amoyá 9

13.11. Unidad de Análisis: Quebrada Grande

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 49.7, 80.8 y 39.7 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 116.5 % de aumento, un 189.4 % de aumento, y un 93.1 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 34.6, 44.3 y 20.4 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 81.2, 103.8 y 47.8 % con relación al valor medio anual (Figura 241). La escorrentía anual es de 1,345.2 mm, con valores máximos mensuales de 132.9, 209.5, y 102.9 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas al incremento de los caudales medios y mínimos anuales, y los caudales máximos anuales no evidencian tendencias según la prueba Mann-Kendall (Figura 242).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
0.79	**0.48**	**0.31**	**1.12**	**0.48**	**0.64**	**0.58**	**0.40**	**0.18**

Tabla 126. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Grande

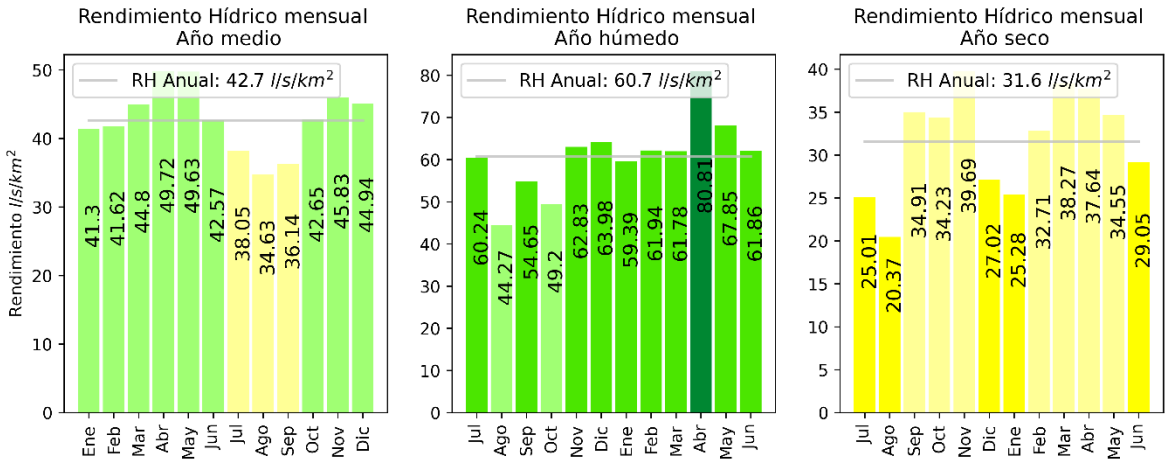


Figura 241. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Grande

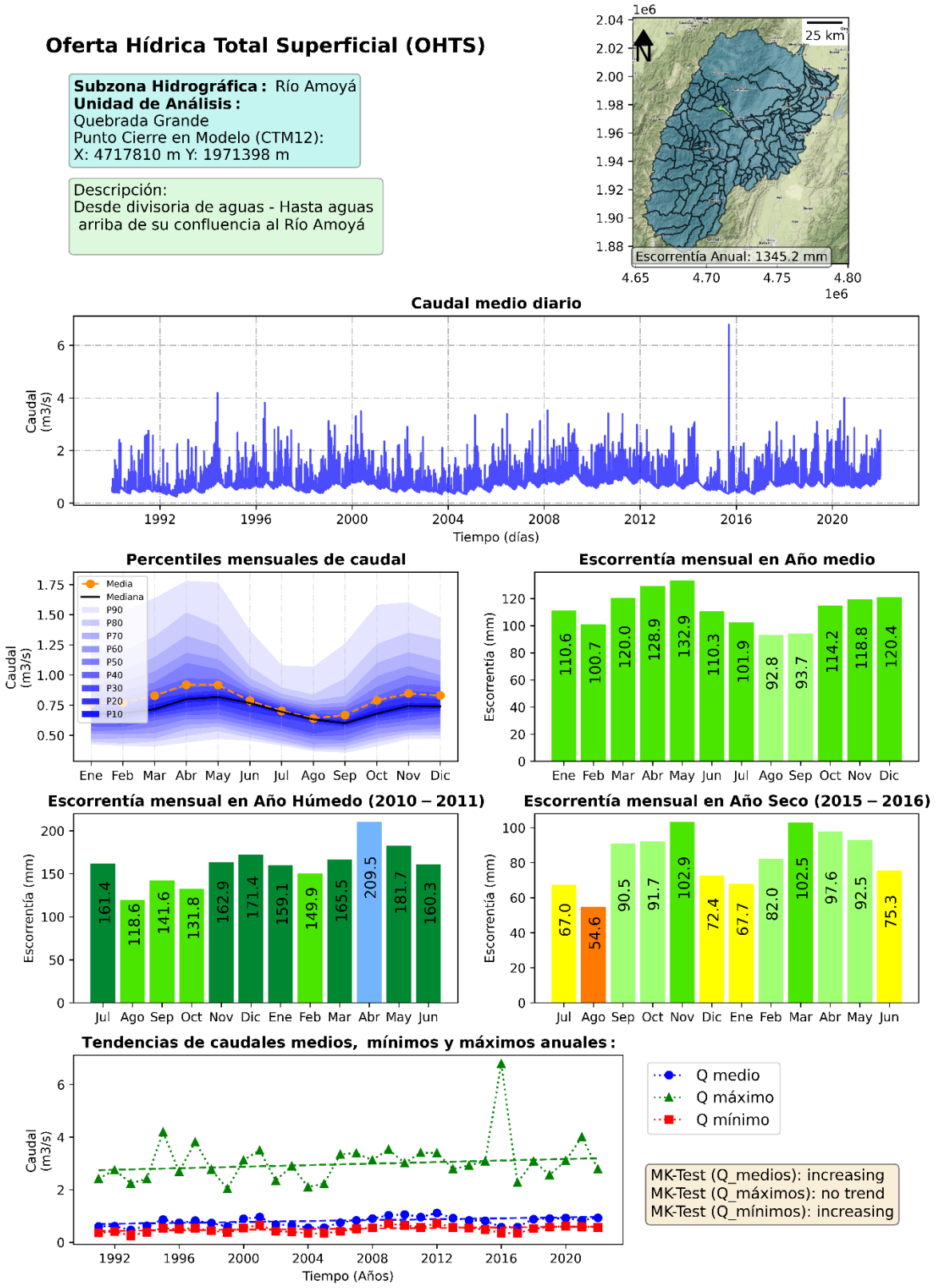


Figura 242. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Grande

13.12. Unidad de Análisis: Rio Amoyá 8

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 54.3, 92.6 y 49.9 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 124.0 % de aumento, un 211.6 % de aumento, y un 114.0 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 30.8, 40.3 y 17.0 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 70.4, 92.2 y 38.8 % con relación al valor medio anual (Figura 243). La escorrentía anual es de 1,380.1 mm, con valores máximos mensuales de 143.3, 240.0, y 129.3 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 244).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
23.27	**11.81**	**11.46**	**27.99**	**11.81**	**16.18**	**14.49**	**6.46**	**8.03**

Tabla 127. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Amoyá 8

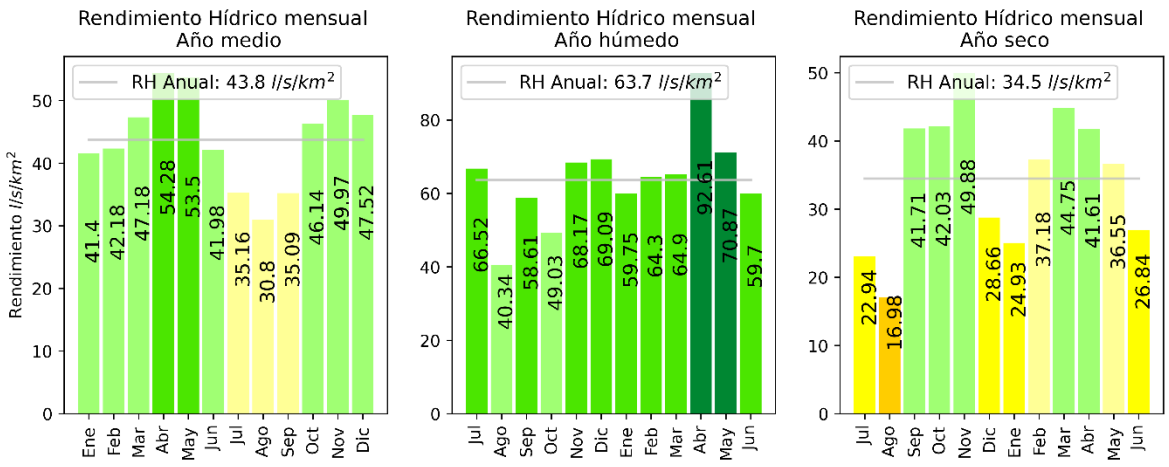


Figura 243. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Amoyá 8

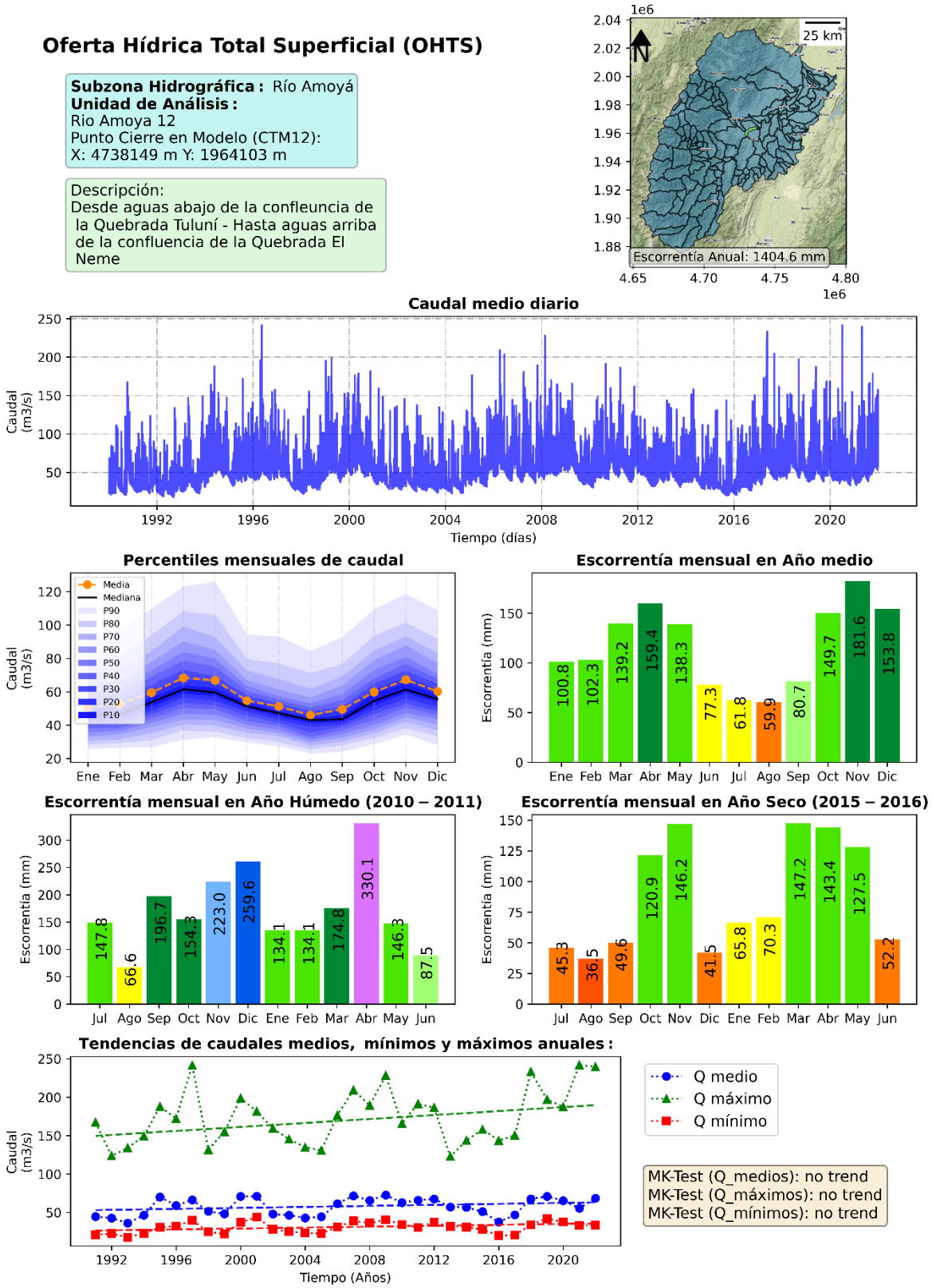


Figura 244. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Amoyá 8

13.13. Unidad de Análisis: Quebrada San Jorge

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 34.5, 52.4 y 25.2 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 121.9 % de aumento, un 185.1 % de aumento, y un 88.8 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 23.9, 32.2 y 12.7 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 84.5, 113.5 y 44.8 % con relación al valor medio anual (Figura 245). La escorrentía anual es de 893.7 mm, con valores máximos mensuales de 92.4, 136.5, y 67.4 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas al incremento de los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 246).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
0.80	**0.49**	**0.31**	**1.16**	**0.49**	**0.67**	**0.56**	**0.41**	**0.15**

Tabla 128. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada San Jorge

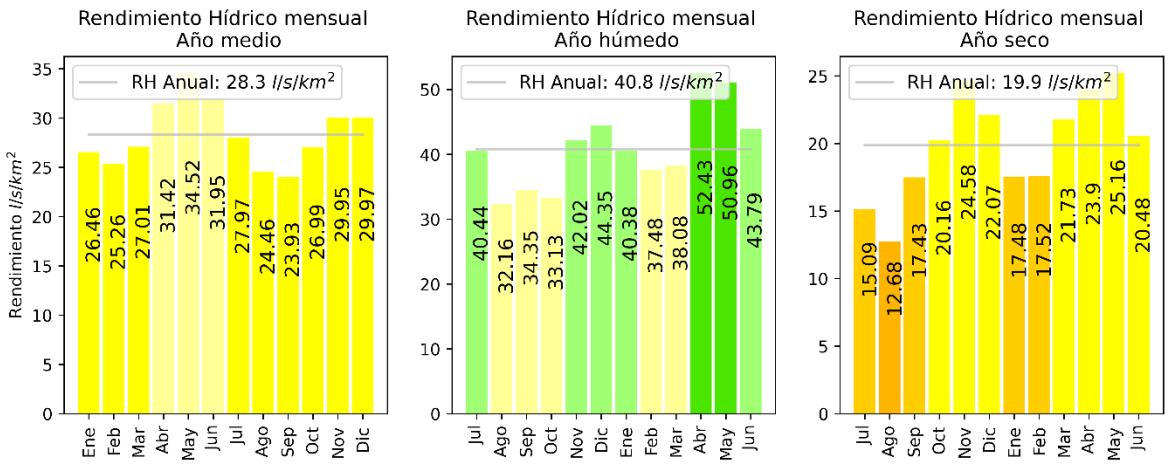


Figura 245. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada San Jorge

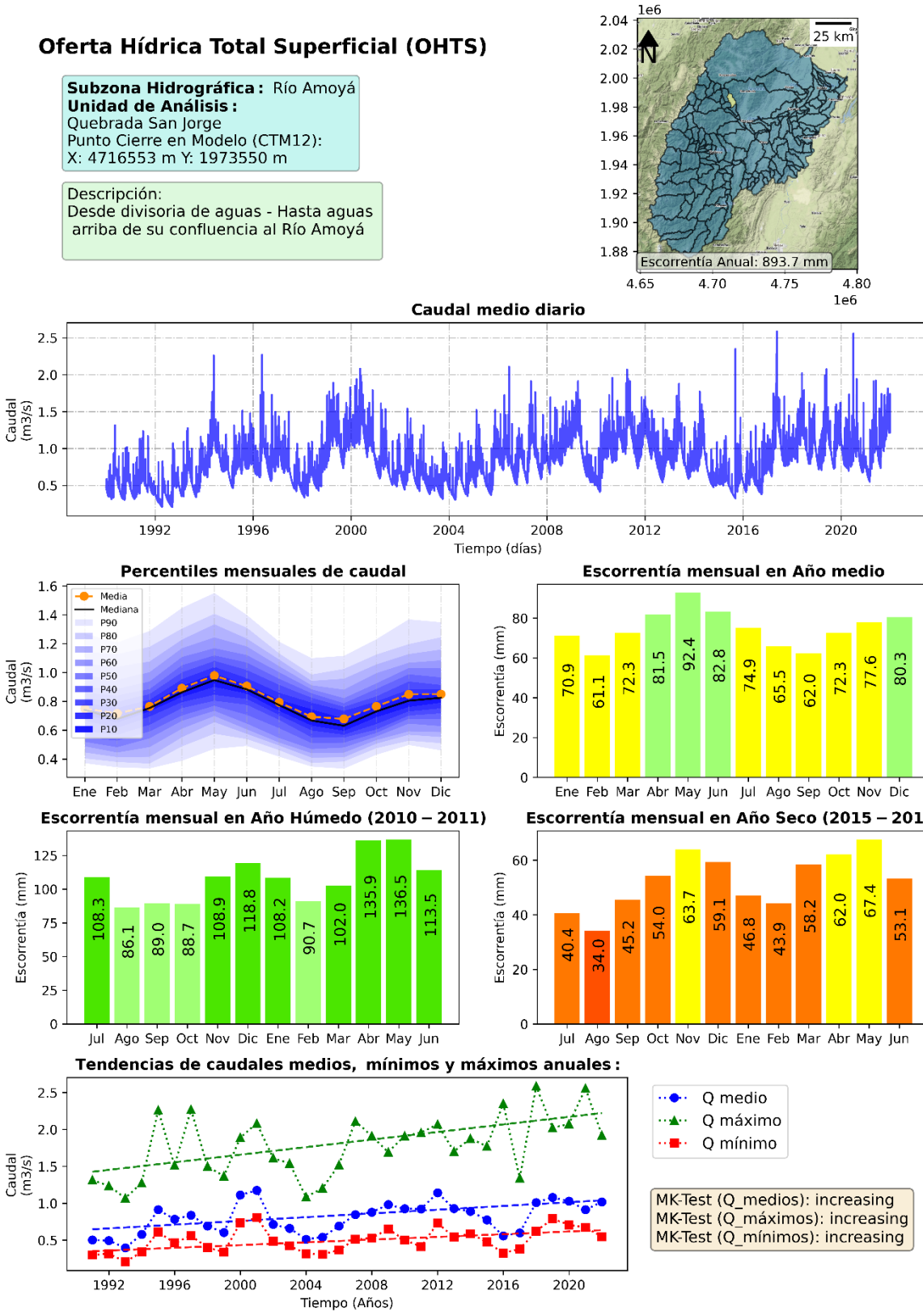


Figura 246. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada San Jorge

13.14. Unidad de Análisis: Rio Amoyá 7

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 42.6, 65.2 y 31.8 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 126.8 % de aumento, un 194.0 % de aumento, y un 94.7 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 25.8, 38.7 y 10.7 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 76.7, 115.3 y 31.9 % con relación al valor medio anual (Figura 247). La escorrentía anual es de 1,060.3 mm, con valores máximos mensuales de 114.2, 172.0, y 85.2 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas al incremento de los caudales máximos anuales, y no se identifican tendencias en los caudales medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 248).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
21.37	**10.54**	**10.83**	**25.25**	**10.54**	**14.71**	**13.07**	**5.51**	**7.57**

Tabla 129. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Amoyá 7

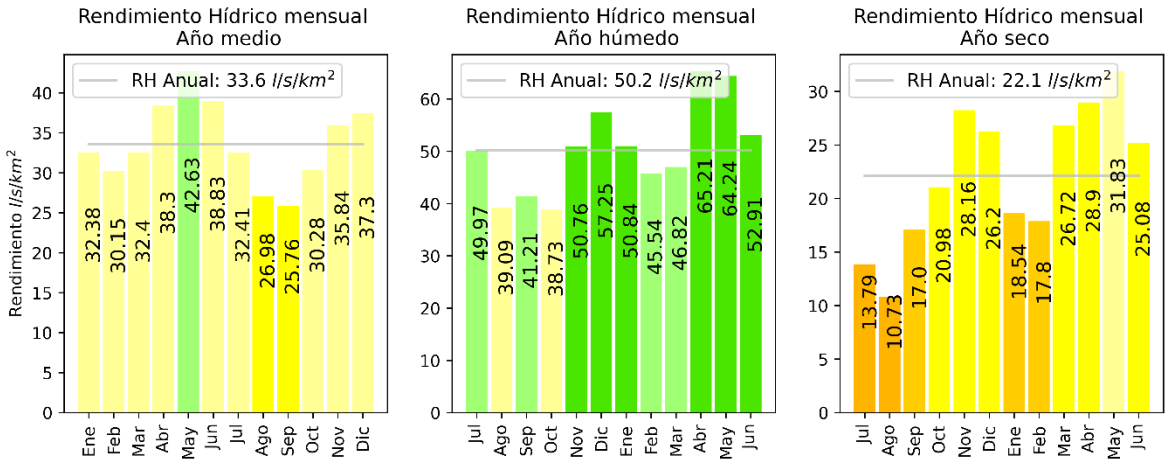


Figura 247. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Amoyá 7

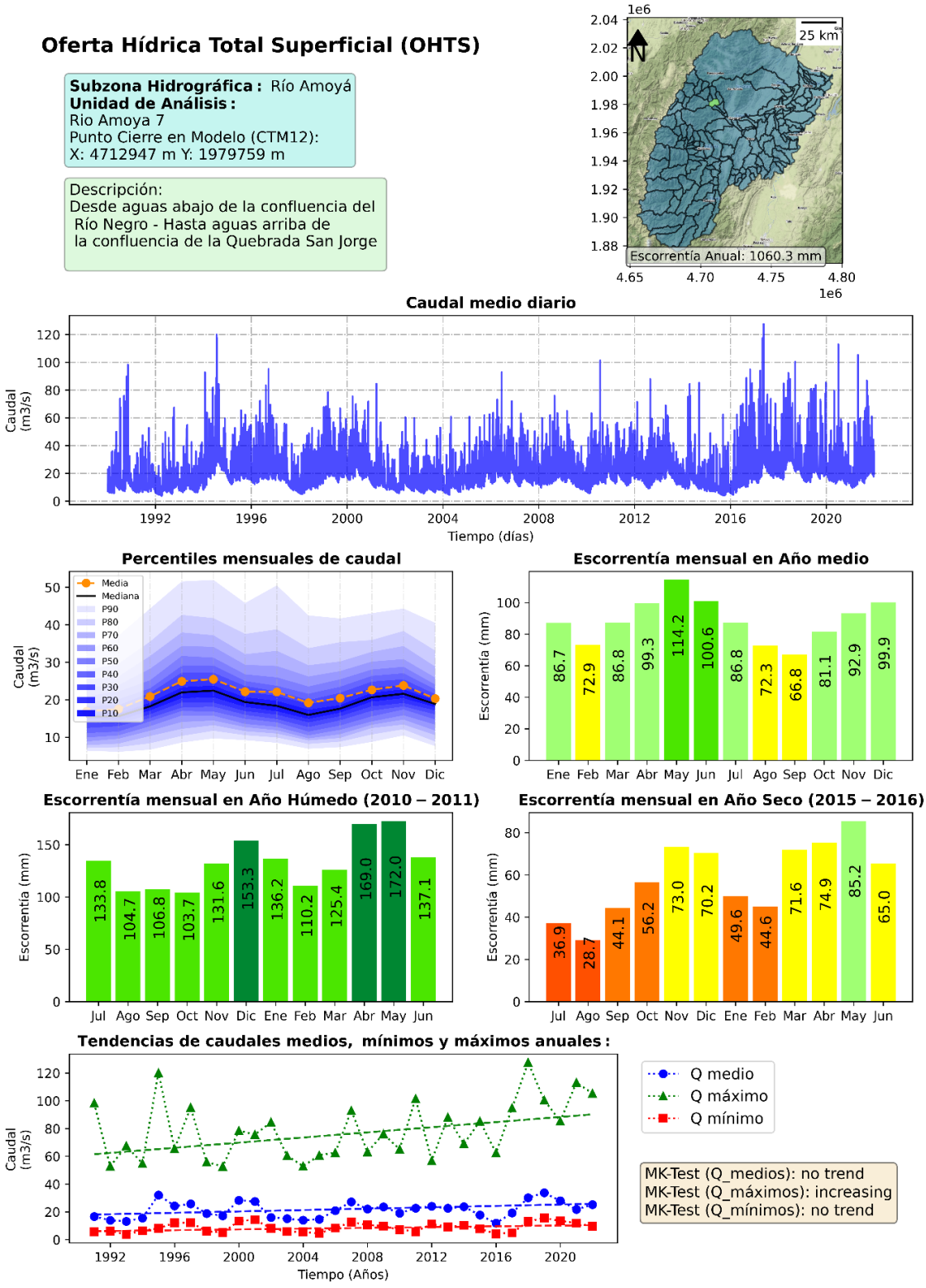


Figura 248. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Amoyá 7

13.15. Unidad de Análisis: Rio Negro Amoyá

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 29.8, 42.1 y 22.3 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 121.1 % de aumento, un 171.2 % de aumento, y un 90.8 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 19.4, 25.7 y 7.8 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 79.0, 104.8 y 31.9 % con relación al valor medio anual (Figura 249). La escorrentía anual es de 775.6 mm, con valores máximos mensuales de 79.7, 109.0, y 57.8 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas al incremento de los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 250).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
0.89	**0.42**	**0.47**	**1.17**	**0.42**	**0.76**	**0.51**	**0.28**	**0.23**

Tabla 130. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Negro Amoyá

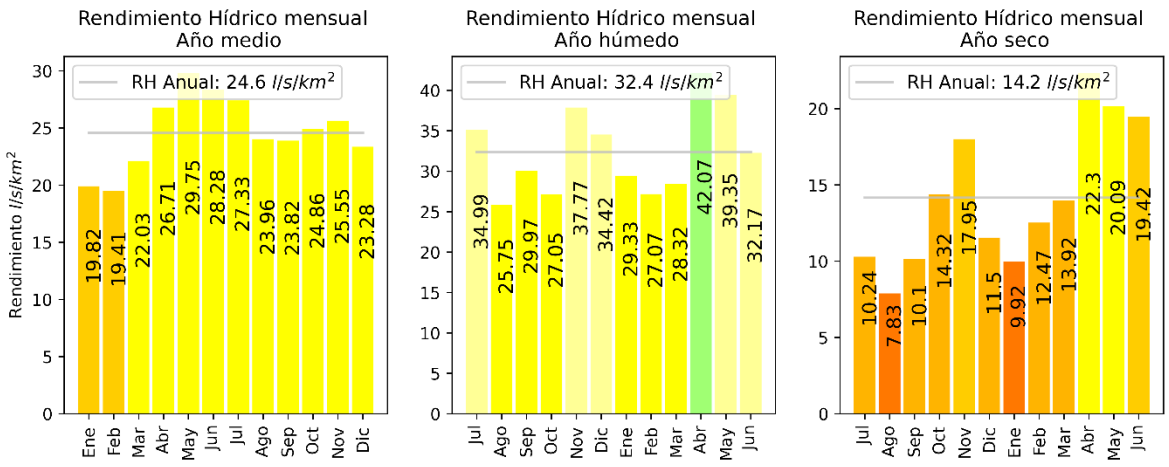


Figura 249. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Negro Amoyá

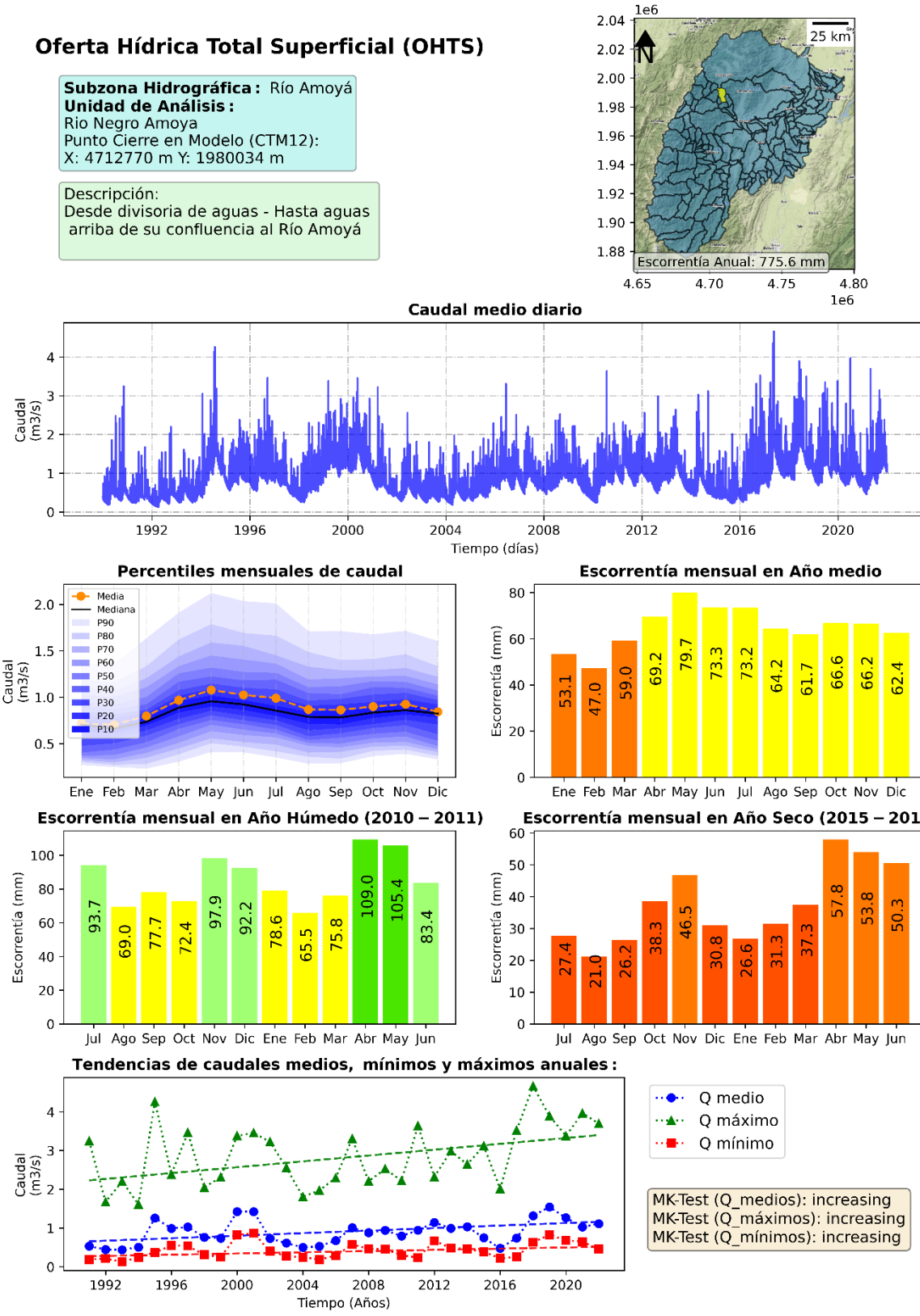


Figura 250. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Negro Amoyá

13.16. Unidad de Análisis: Rio Amoyá 6

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 27.9, 37.6 y 19.8 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 118.9 % de aumento, un 160.3 % de aumento, y un 84.3 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 18.9, 25.0 y 8.6 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 80.3, 106.4 y 36.8 % con relación al valor medio anual (Figura 251). La escorrentía anual es de 741.2 mm, con valores máximos mensuales de 74.8, 100.8, y 53.0 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas al incremento de los caudales máximos anuales, y no se identifican tendencias en los caudales medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 252).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
19.64	**9.48**	**10.15**	**22.81**	**9.48**	**13.33**	**12.00**	**4.86**	**7.14**

Tabla 131. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Amoyá 6

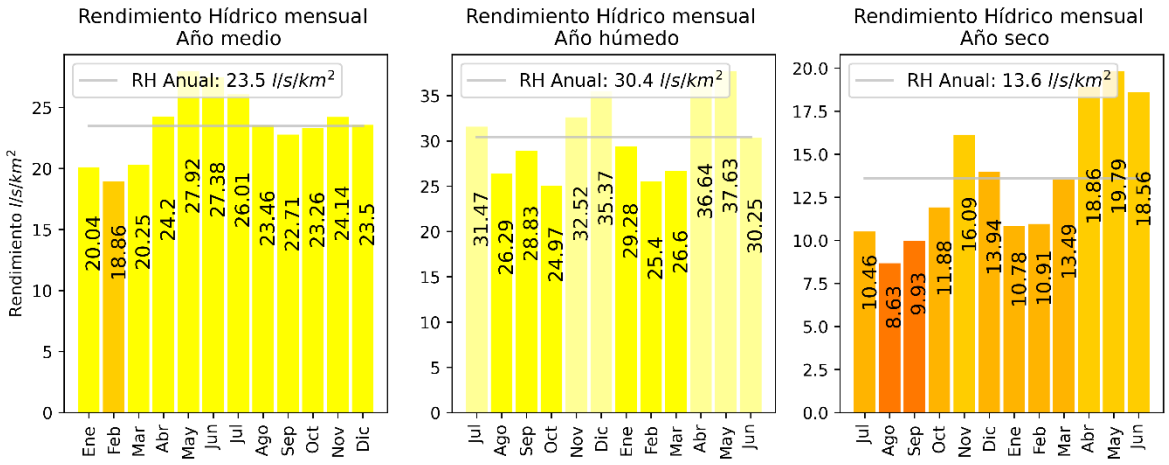


Figura 251. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Amoyá 6

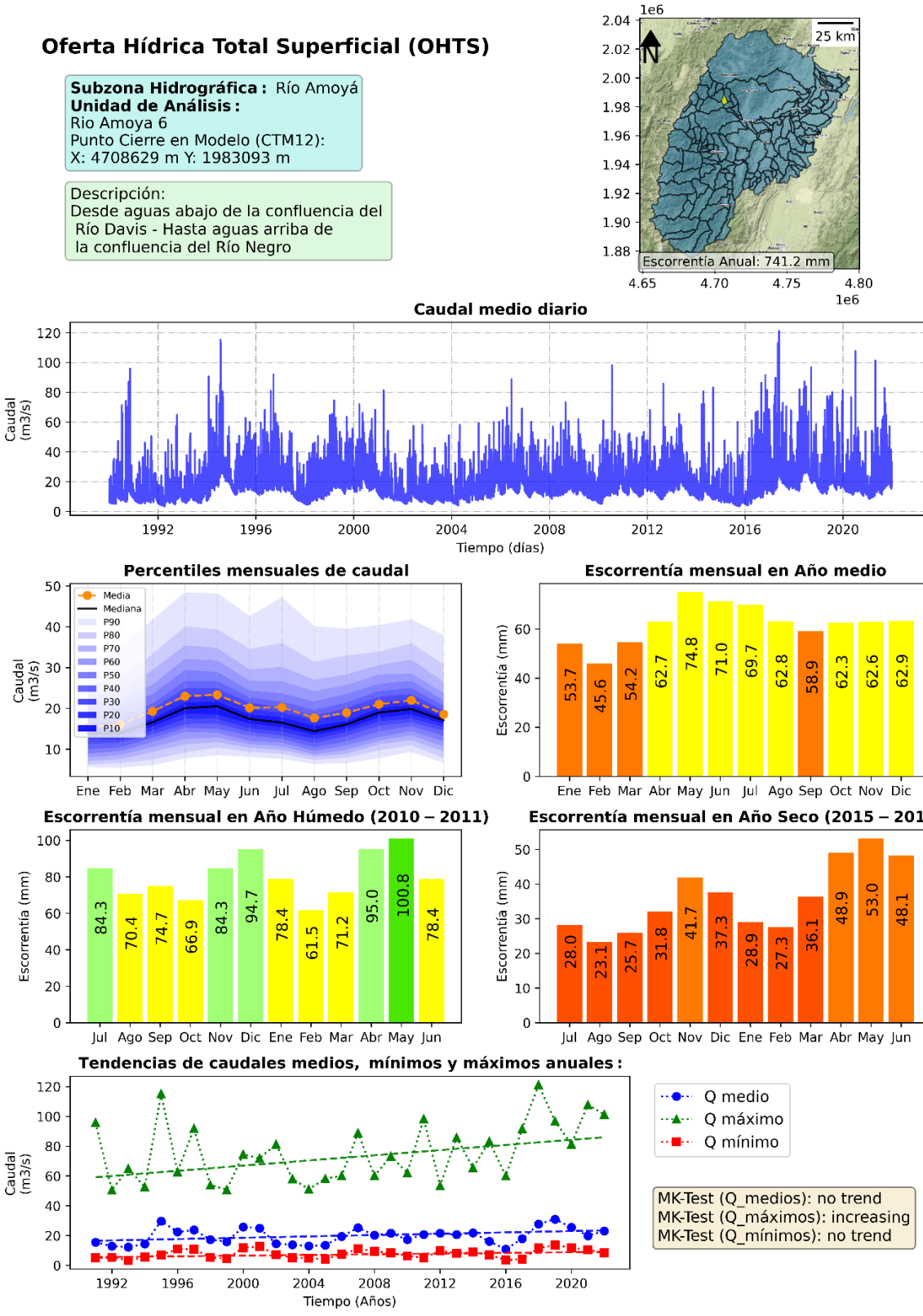


Figura 252. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Amoyá 6

13.17. Unidad de Análisis: Rio Davis

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 42.3, 55.4 y 36.2 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 115.9 % de aumento, un 151.7 % de aumento, y un 99.2 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 31.3, 34.2 y 11.9 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 85.7, 93.8 y 32.5 % con relación al valor medio anual (Figura 253). La escorrentía anual es de 1,152.0 mm, con valores máximos mensuales de 113.3, 143.6, y 93.9 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas al incremento de los caudales máximos anuales, y no se identifican tendencias en los caudales medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 254).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
4.41	**2.36**	**2.05**	**5.31**	**2.36**	**2.95**	**2.60**	**1.33**	**1.27**

Tabla 132. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Davis

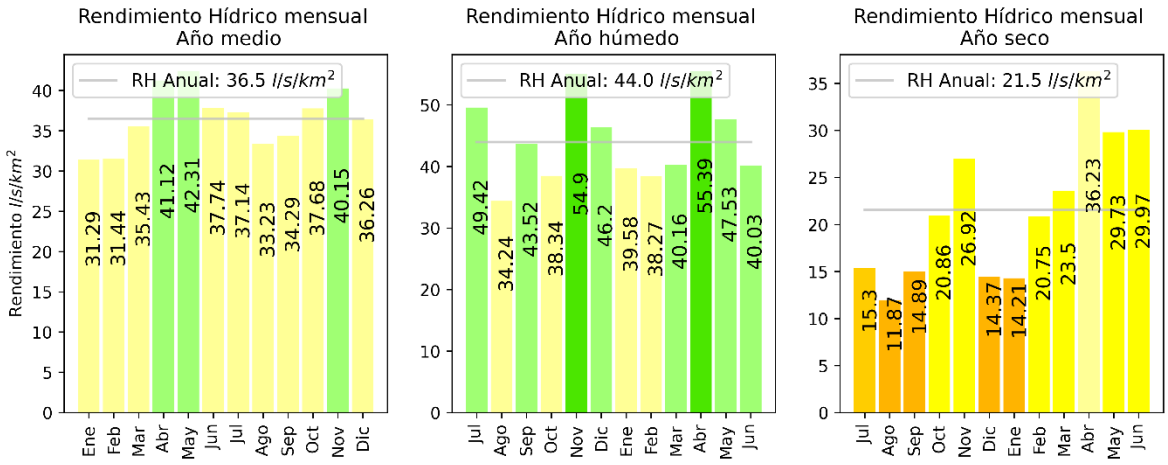


Figura 253. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Davis

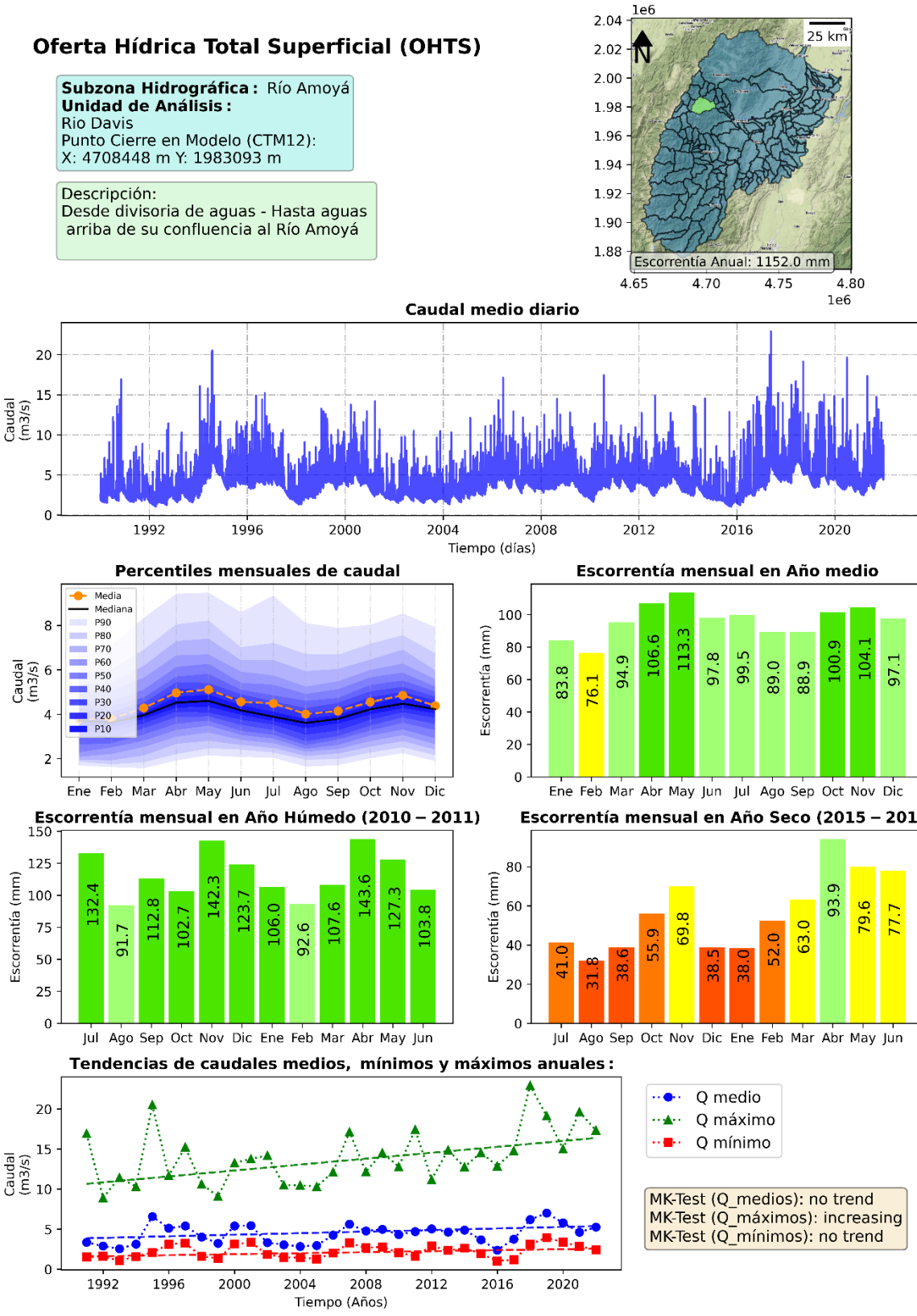


Figura 254. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Davis

13.18. Unidad de Análisis: Rio Amoyá 5

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 26.9, 29.7 y 21.7 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 114.6 % de aumento, un 126.5 % de aumento, y un 92.6 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 19.1, 22.5 y 9.4 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 81.4, 96.0 y 39.8 % con relación al valor medio anual (Figura 255). La escorrentía anual es de 741.3 mm, con valores máximos mensuales de 72.1, 79.6, y 56.3 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas al incremento de los caudales máximos anuales, y no se identifican tendencias en los caudales medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 256).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
14.90	**6.78**	**8.12**	**17.08**	**6.78**	**10.30**	**9.21**	**3.34**	**5.86**

Tabla 133. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Amoyá 5

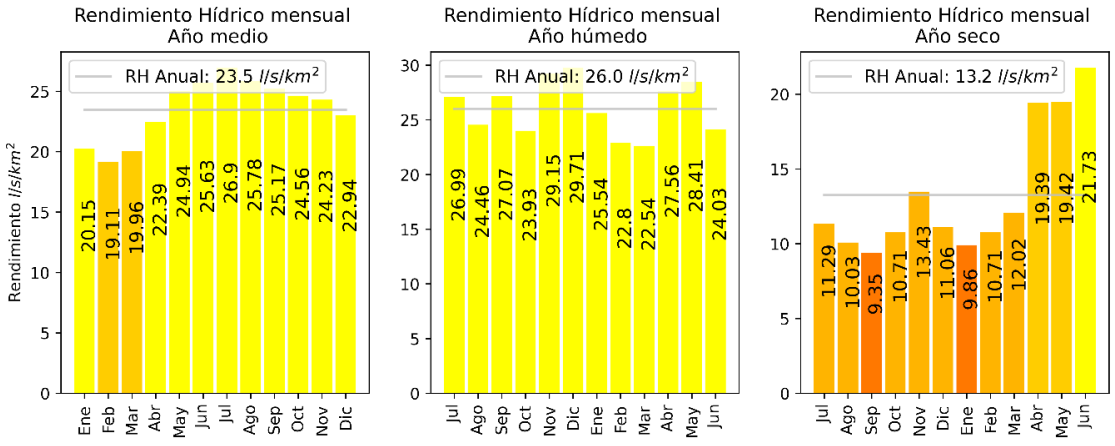


Figura 255. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Amoyá 5

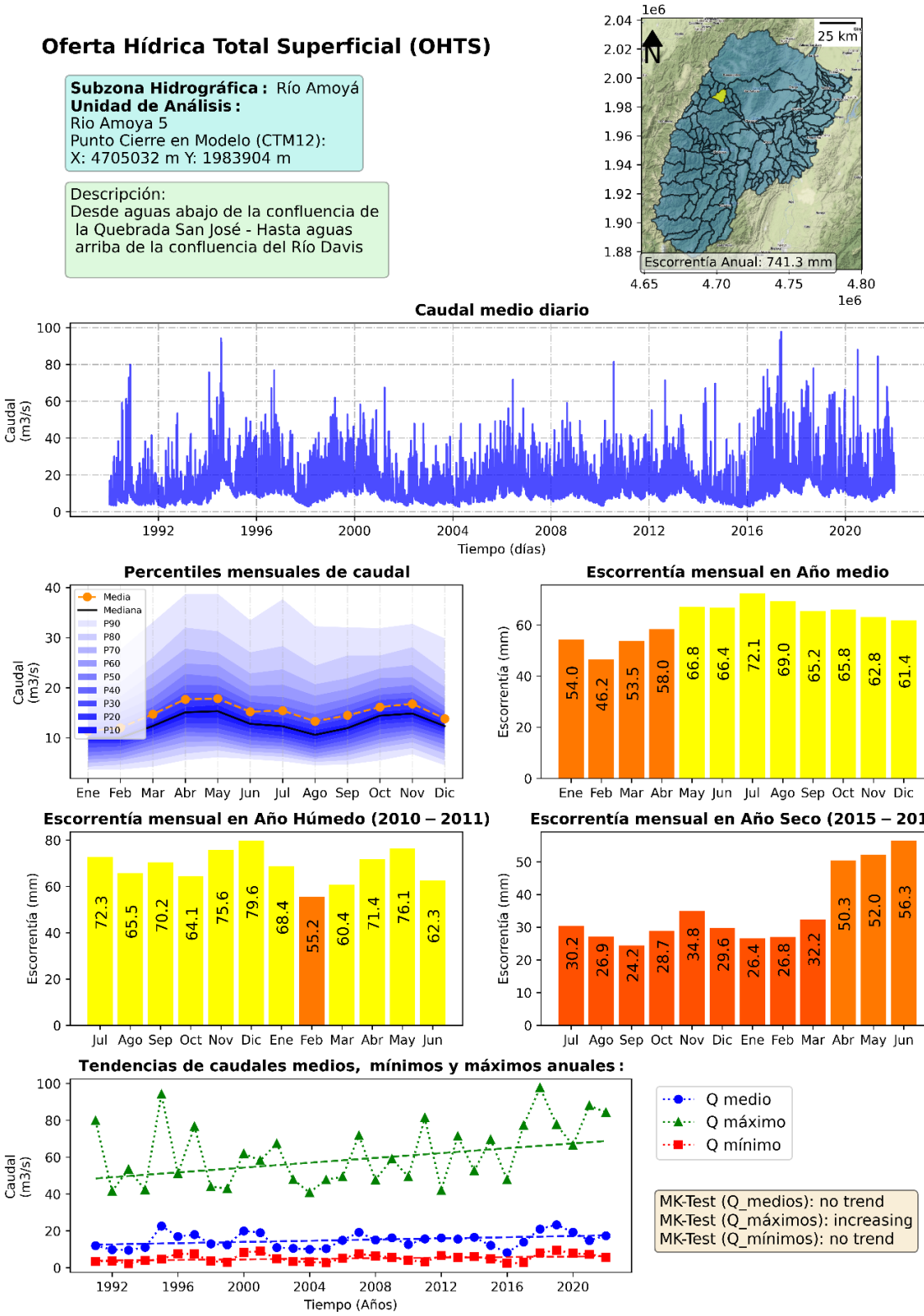


Figura 256. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Amoyá 5

13.19. Unidad de Análisis: Quebrada San José

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 31.3, 40.5 y 28.8 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 119.1 % de aumento, un 154.4 % de aumento, y un 109.6 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 19.5, 24.4 y 7.9 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 74.1, 93.0 y 30.0 % con relación al valor medio anual (Figura 257). La escorrentía anual es de 829.4 mm, con valores máximos mensuales de 83.8, 105.1, y 74.6 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas al incremento de los caudales medios y mínimos anuales, y los caudales máximos anuales no evidencian tendencias según la prueba Mann-Kendall (Figura 258).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
0.64	**0.25**	**0.38**	**0.75**	**0.25**	**0.50**	**0.36**	**0.16**	**0.20**

Tabla 134. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada San José

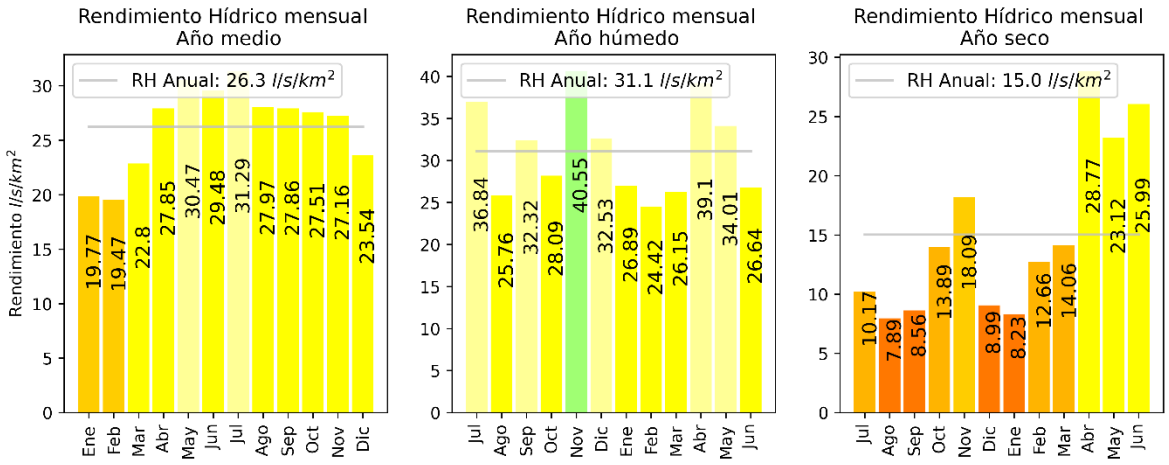


Figura 257. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada San José

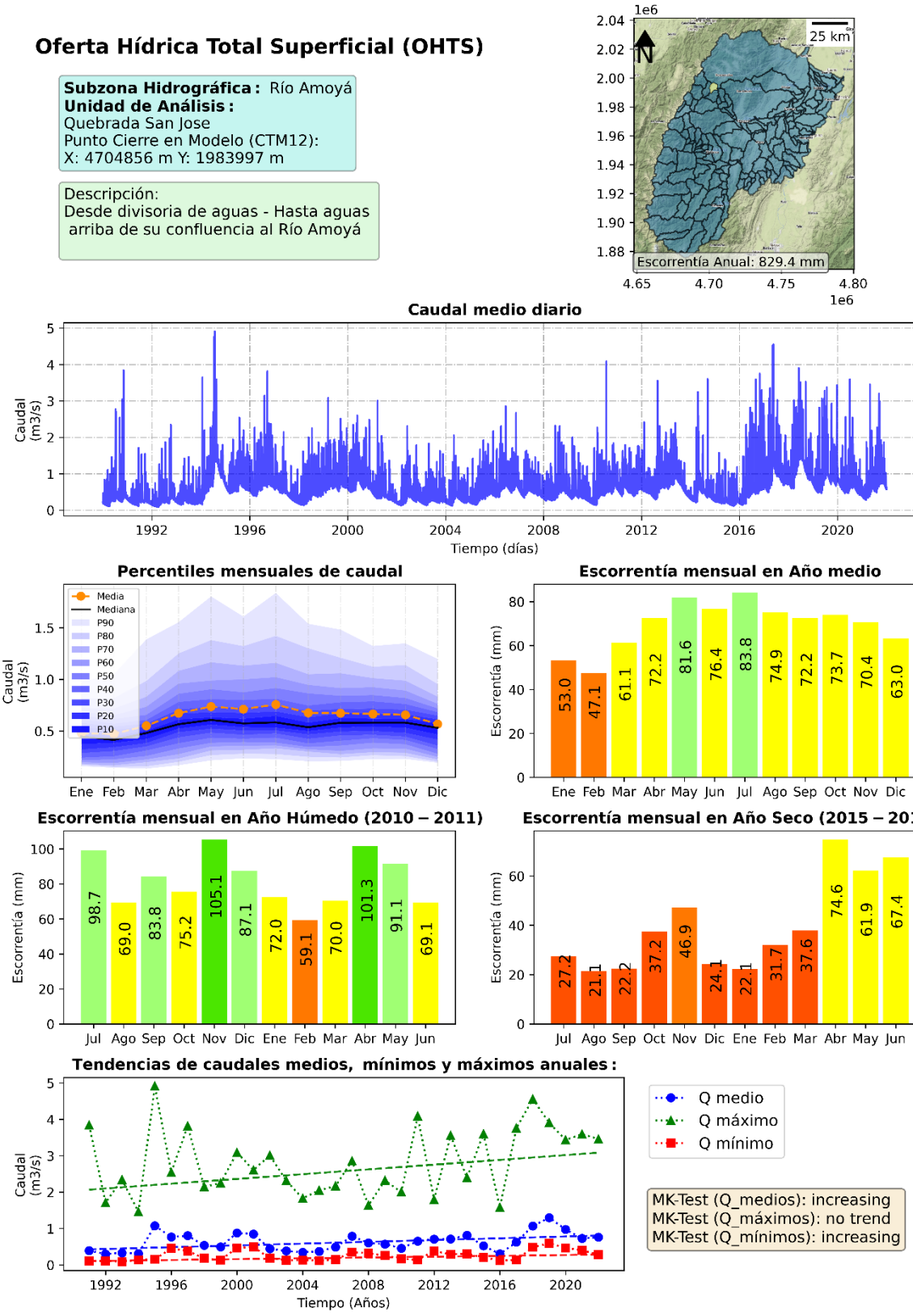


Figura 258. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada San José

13.20. Unidad de Análisis: Rio Amoyá 4

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 32.6, 37.1 y 28.2 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 120.1 % de aumento, un 136.6 % de aumento, y un 103.9 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 20.3, 25.4 y 7.5 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 74.6, 93.4 y 27.7 % con relación al valor medio anual (Figura 259). La escorrentía anual es de 857.7 mm, con valores máximos mensuales de 87.4, 99.4, y 73.1 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas al incremento de los caudales máximos anuales, y no se identifican tendencias en los caudales medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 260).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
13.14	**5.71**	**7.43**	**15.08**	**5.71**	**9.37**	**8.21**	**2.67**	**5.54**

Tabla 135. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Amoyá 4

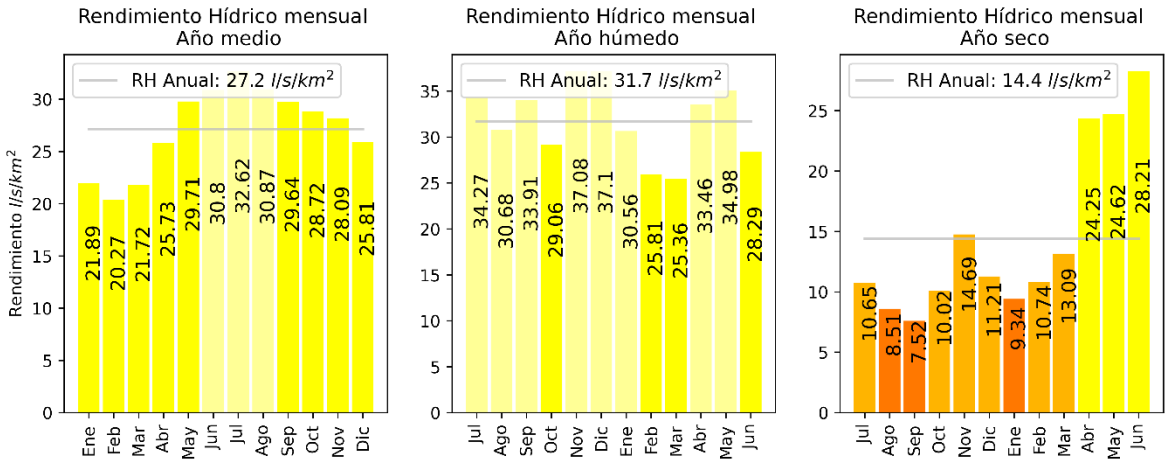


Figura 259. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Amoyá 4

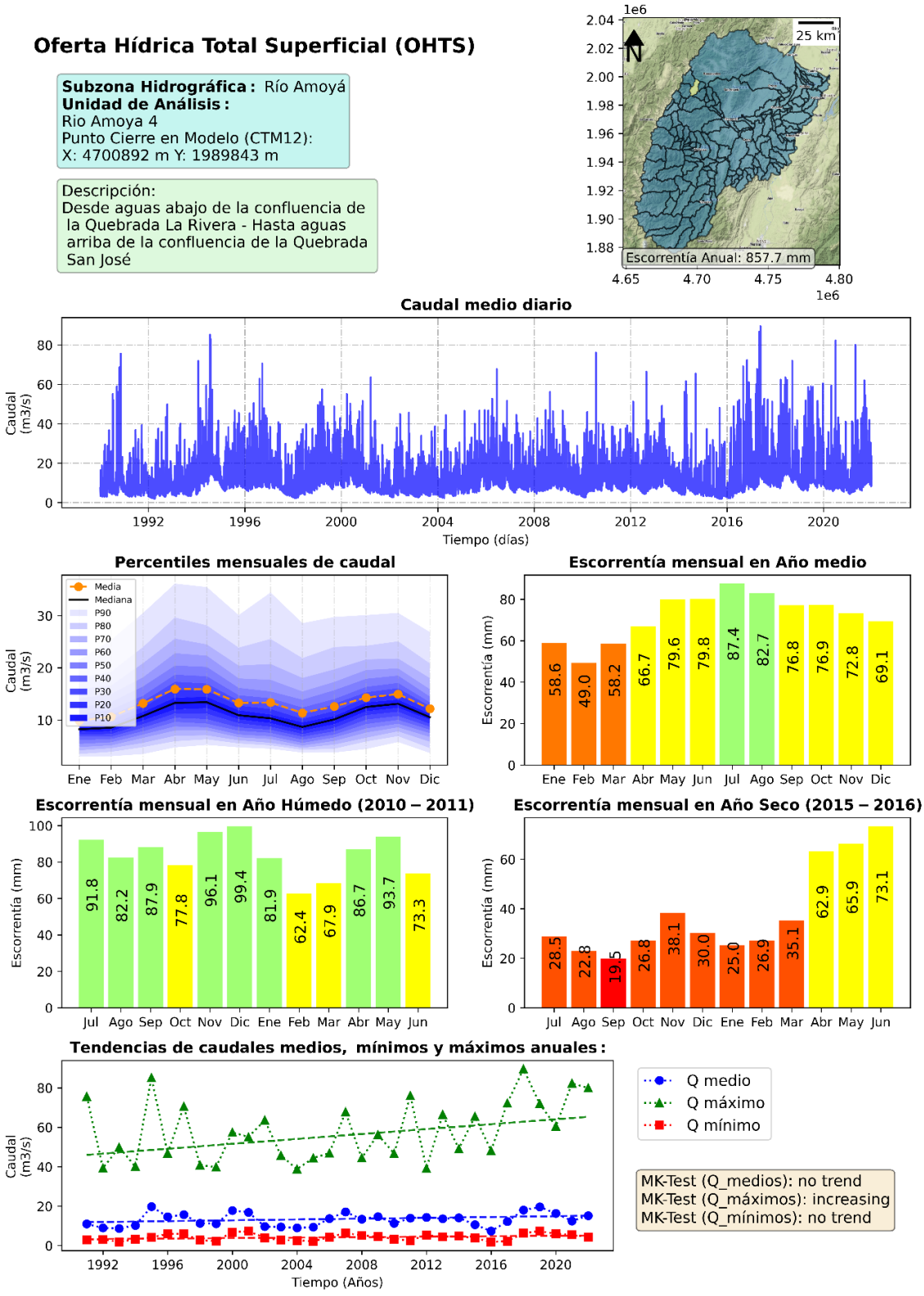


Figura 260. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Amoyá 4

13.21. Unidad de Análisis: Quebrada Rivera

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 41.0, 62.2 y 39.7 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 123.1 % de aumento, un 186.8 % de aumento, y un 119.3 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 23.3, 29.0 y 9.4 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 70.0, 87.1 y 28.1 % con relación al valor medio anual (Figura 261). La escorrentía anual es de 1,050.8 mm, con valores máximos mensuales de 109.7, 161.2, y 102.9 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas al incremento de los caudales medios anuales, y no se identifican tendencias en los caudales máximos y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 262).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
2.30	**0.88**	**1.41**	**2.89**	**0.88**	**2.01**	**1.42**	**0.50**	**0.91**

Tabla 136. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Rivera

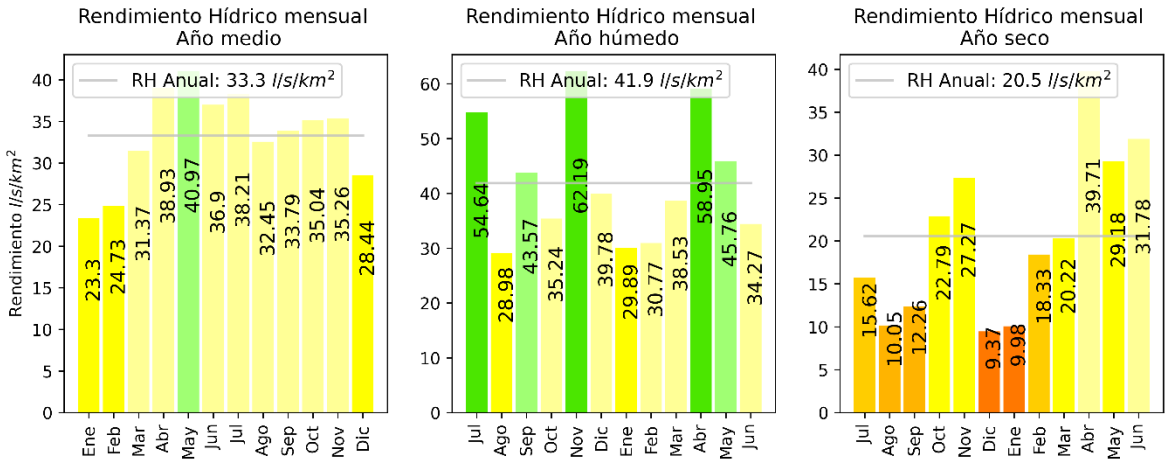


Figura 261. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Rivera

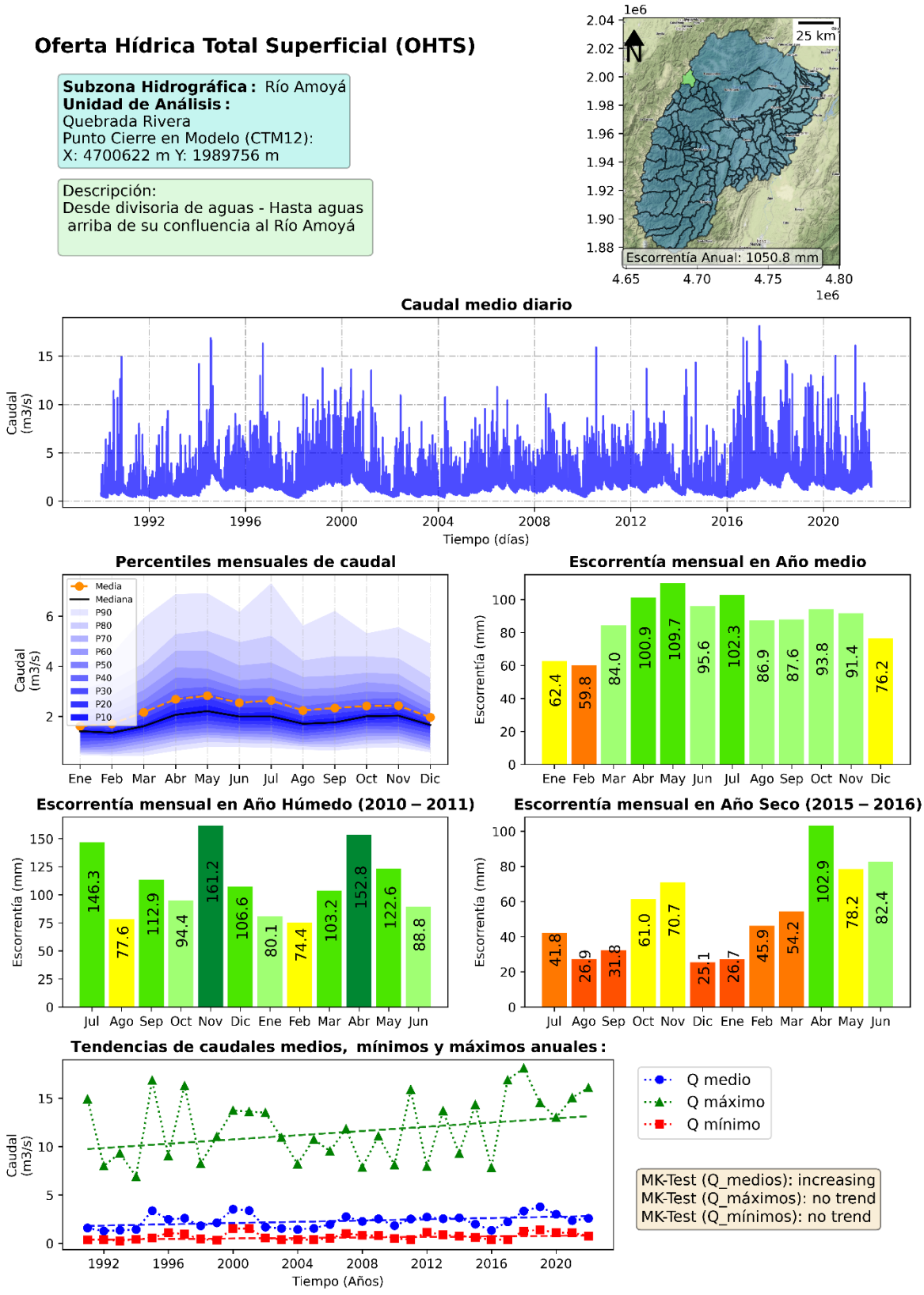


Figura 262. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Rivera

13.22. Unidad de Análisis: Rio Amoyá 3

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 39.2, 51.4 y 37.5 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 116.6 % de aumento, un 152.8 % de aumento, y un 111.3 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 26.2, 31.6 y 11.7 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 77.8, 93.9 y 34.9 % con relación al valor medio anual (Figura 263). La escorrentía anual es de 1,062.2 mm, con valores máximos mensuales de 105.0, 133.2, y 97.1 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas al incremento de los caudales máximos anuales, y no se identifican tendencias en los caudales medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 264).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
9.69	**3.94**	**5.75**	**10.84**	**3.94**	**6.90**	**6.18**	**1.77**	**4.41**

Tabla 137. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Amoyá 3

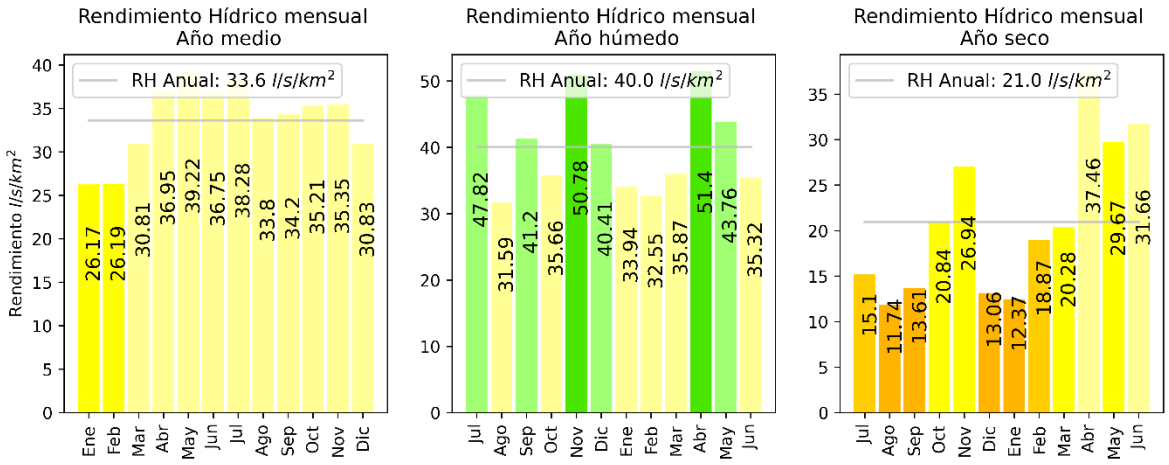


Figura 263. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Amoyá 3

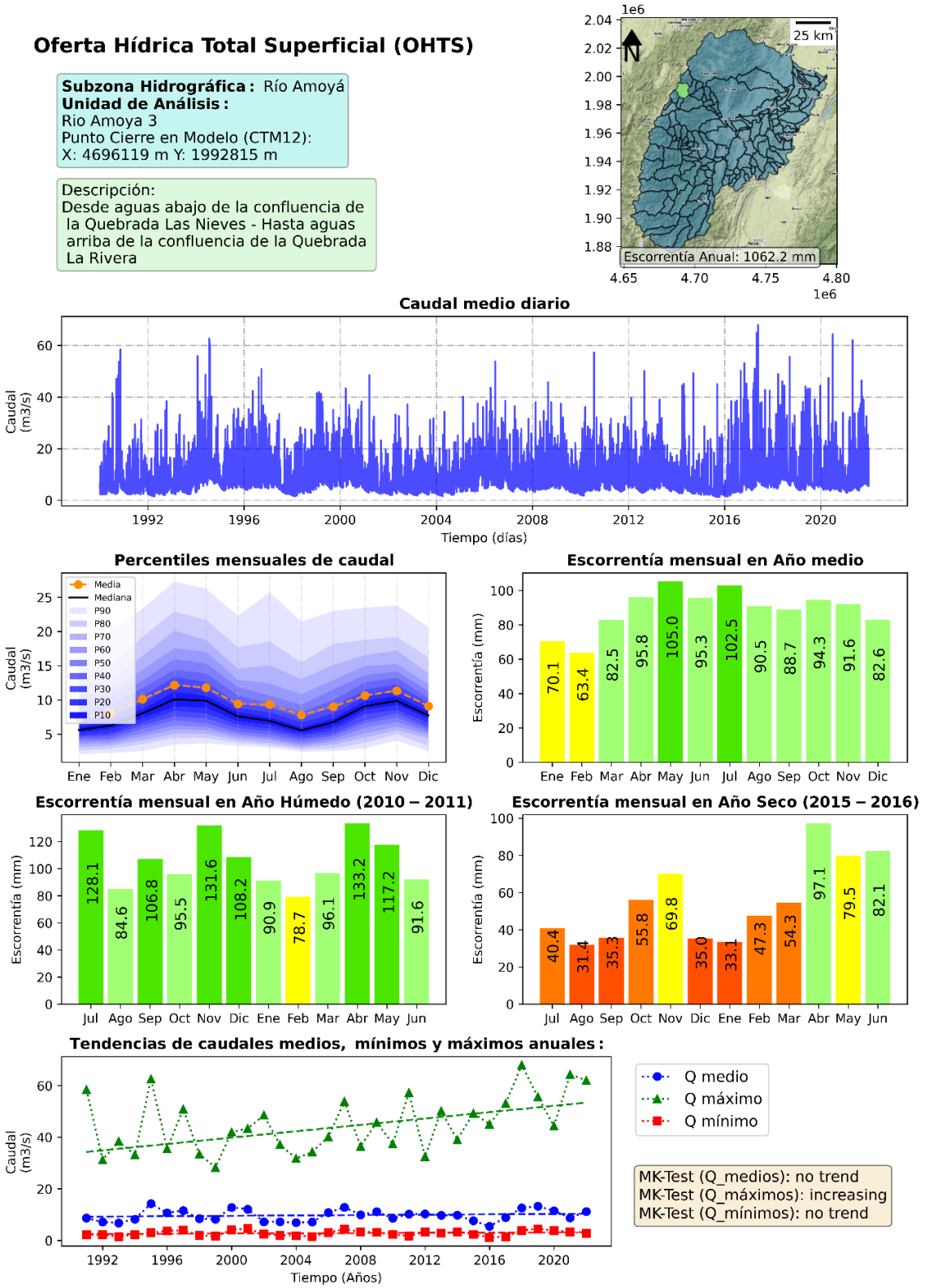


Figura 264. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Amoyá 3

13.23. Unidad de Análisis: Quebrada Nieves

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 64.0, 83.9 y 65.9 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 127.7 % de aumento, un 167.6 % de aumento, y un 131.5 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 37.4, 34.3 y 11.7 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 74.6, 68.5 y 23.4 % con relación al valor medio anual (Figura 265). La escorrentía anual es de 1,580.0 mm, con valores máximos mensuales de 165.8, 217.5, y 170.7 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas al incremento de los caudales máximos anuales, y no se identifican tendencias en los caudales medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 266).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
1.34	**0.48**	**0.86**	**1.51**	**0.48**	**1.02**	**0.87**	**0.21**	**0.66**

Tabla 138. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Nieves

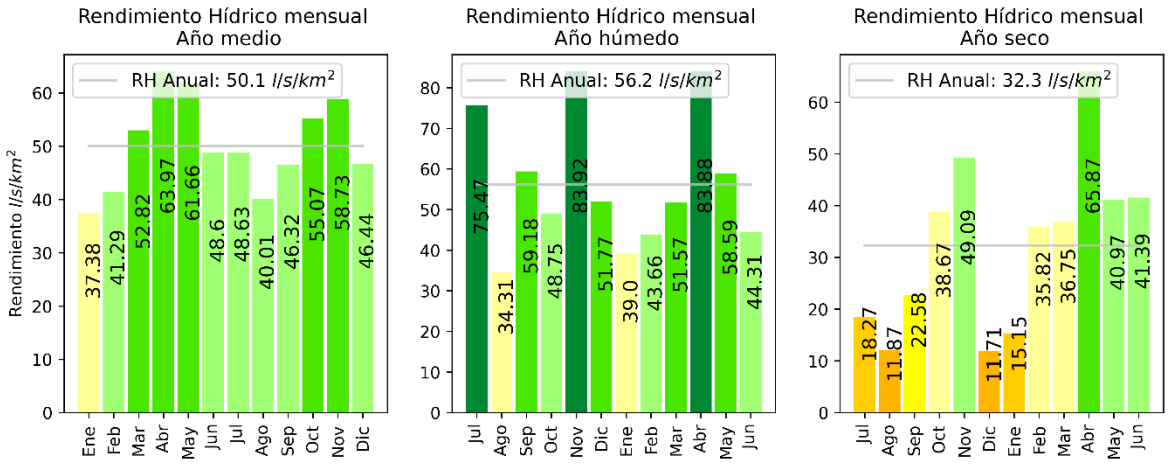


Figura 265. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Nieves

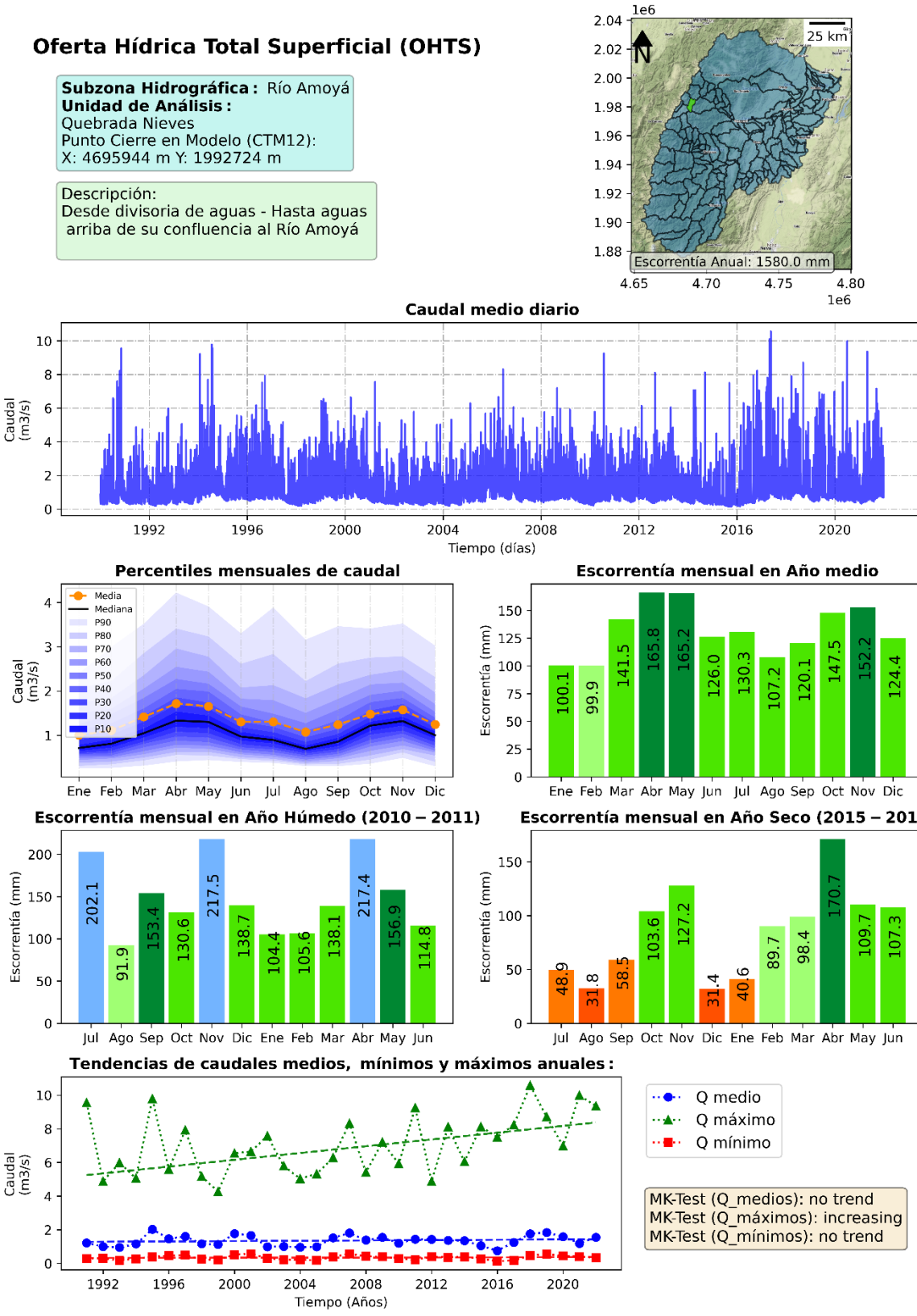


Figura 266. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Nieves

13.24. Unidad de Análisis: Rio Amoyá 2

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 56.9, 78.3 y 60.0 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 128.7 % de aumento, un 177.0 % de aumento, y un 135.6 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 31.0, 29.7 y 10.2 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 70.1, 67.1 y 23.0 % con relación al valor medio anual (Figura 267). La escorrentía anual es de 1,395.6 mm, con valores máximos mensuales de 148.7, 202.8, y 155.4 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas al incremento de los caudales máximos anuales, y no se identifican tendencias en los caudales medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 268).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
5.96	**1.94**	**4.02**	**6.50**	**1.94**	**4.56**	**3.83**	**0.80**	**3.03**

Tabla 139. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Amoyá 2

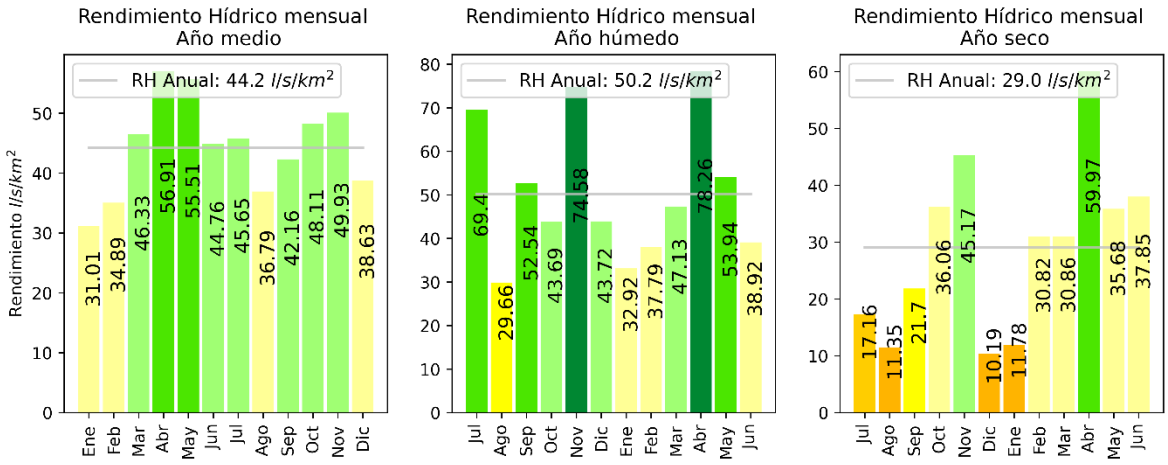


Figura 267. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Amoyá 2

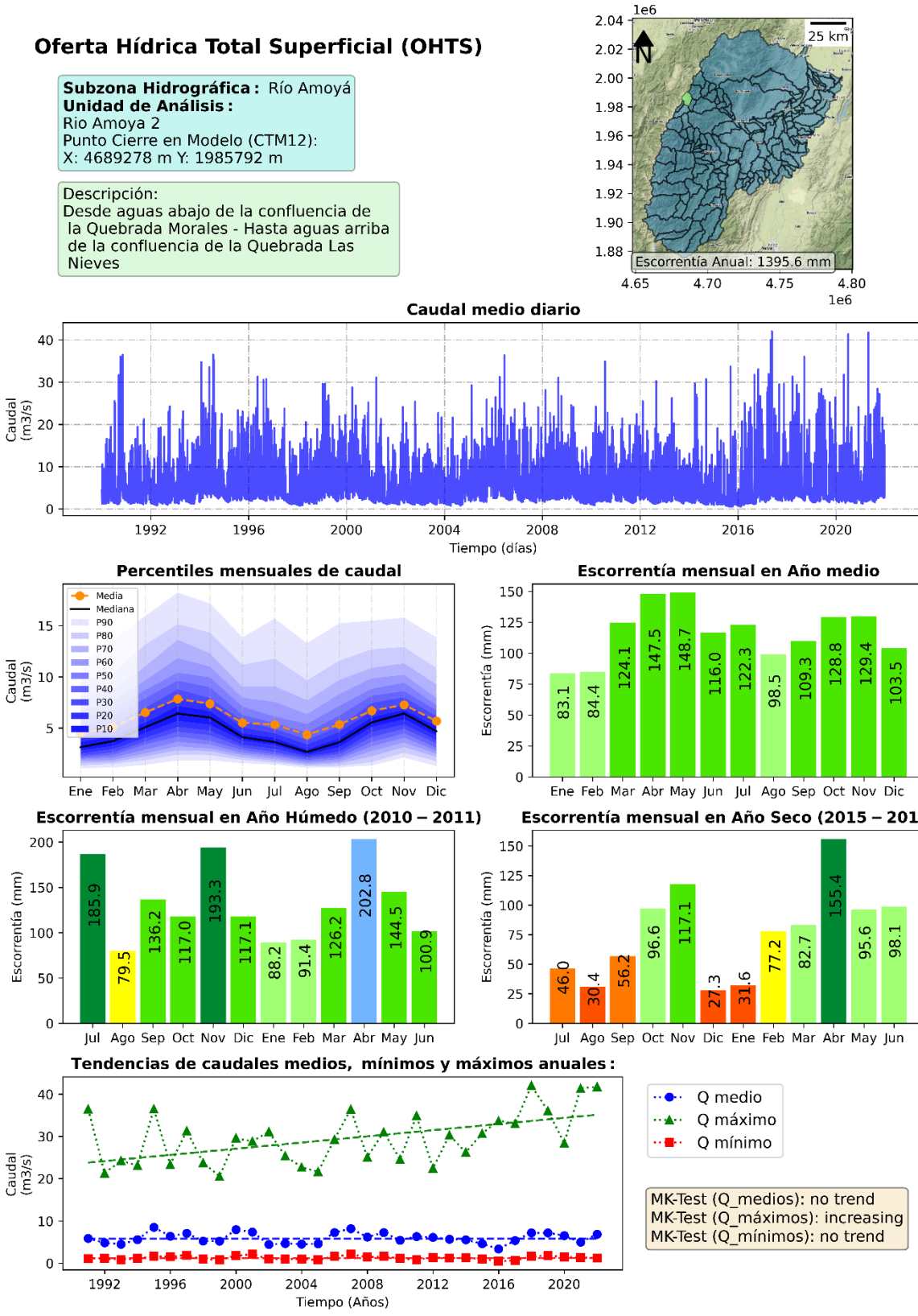


Figura 268. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Amoyá 2

13.25. Unidad de Análisis: Quebrada Morales

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 73.6, 94.6 y 72.8 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 133.5 % de aumento, un 171.6 % de aumento, y un 132.1 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 39.0, 32.6 y 11.4 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 70.8, 59.1 y 20.7 % con relación al valor medio anual (Figura 269). La escorrentía anual es de 1,738.7 mm, con valores máximos mensuales de 190.8, 245.1, y 188.7 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas al incremento de los caudales máximos anuales, y no se identifican tendencias en los caudales medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 270).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
0.90	**0.33**	**0.57**	**0.97**	**0.33**	**0.65**	**0.59**	**0.12**	**0.46**

Tabla 140. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Morales

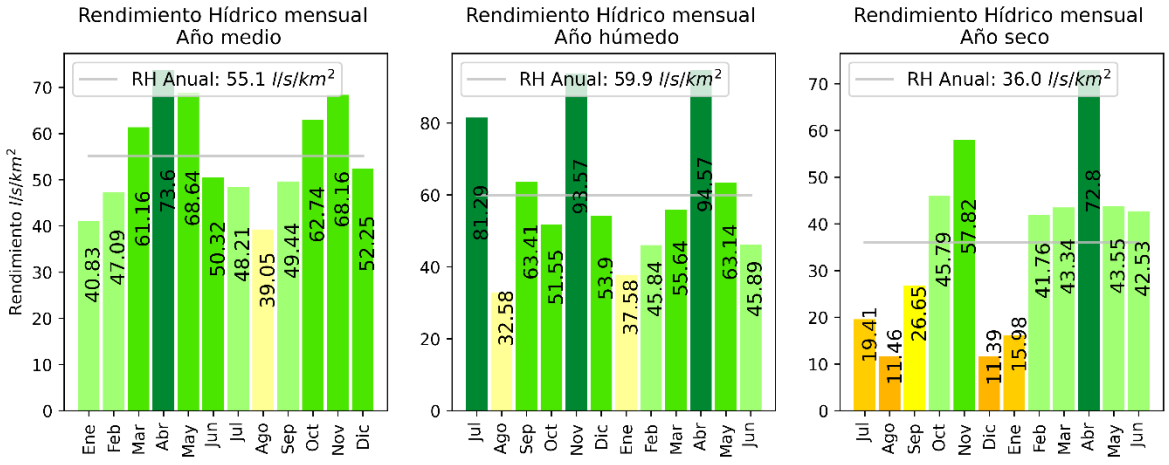


Figura 269. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Morales

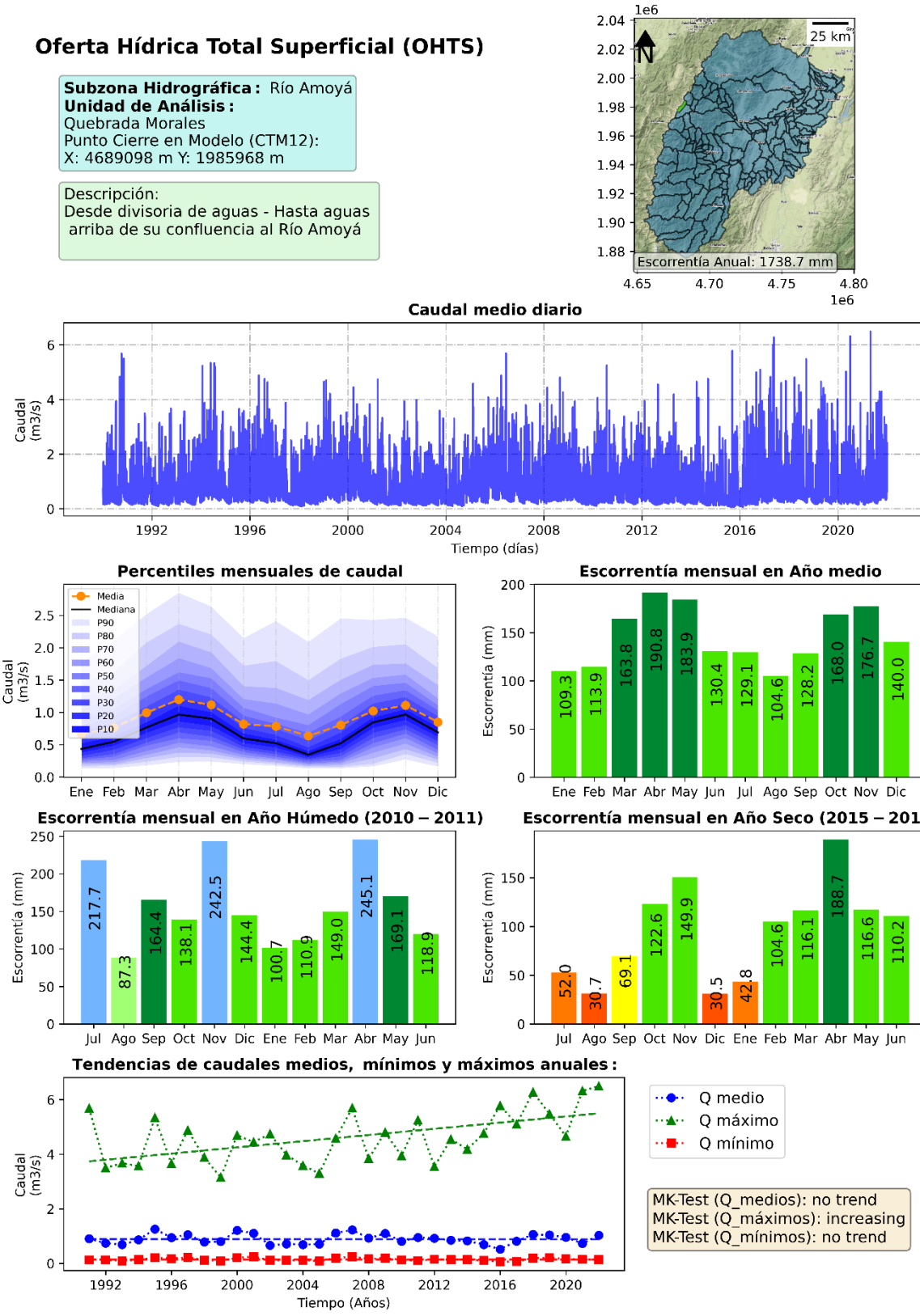


Figura 270. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Morales

13.26. Unidad de Análisis: Rio Amoyá 1

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 78.9, 99.9 y 74.3 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 132.5 % de aumento, un 167.9 % de aumento, y un 124.9 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 40.4, 35.3 y 12.0 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 67.9, 59.4 y 20.2 % con relación al valor medio anual (Figura 271). La escorrentía anual es de 1,876.0 mm, con valores máximos mensuales de 204.4, 259.0, y 192.5 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 272).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
3.18	**1.29**	**1.90**	**3.39**	**1.29**	**2.10**	**2.01**	**0.47**	**1.53**

Tabla 141. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Amoyá 1

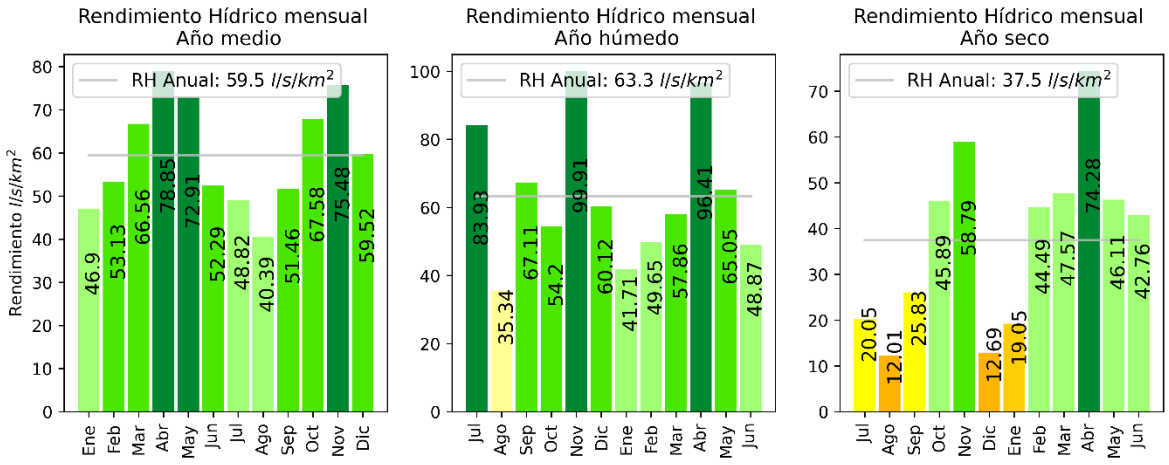


Figura 271. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Amoyá 1

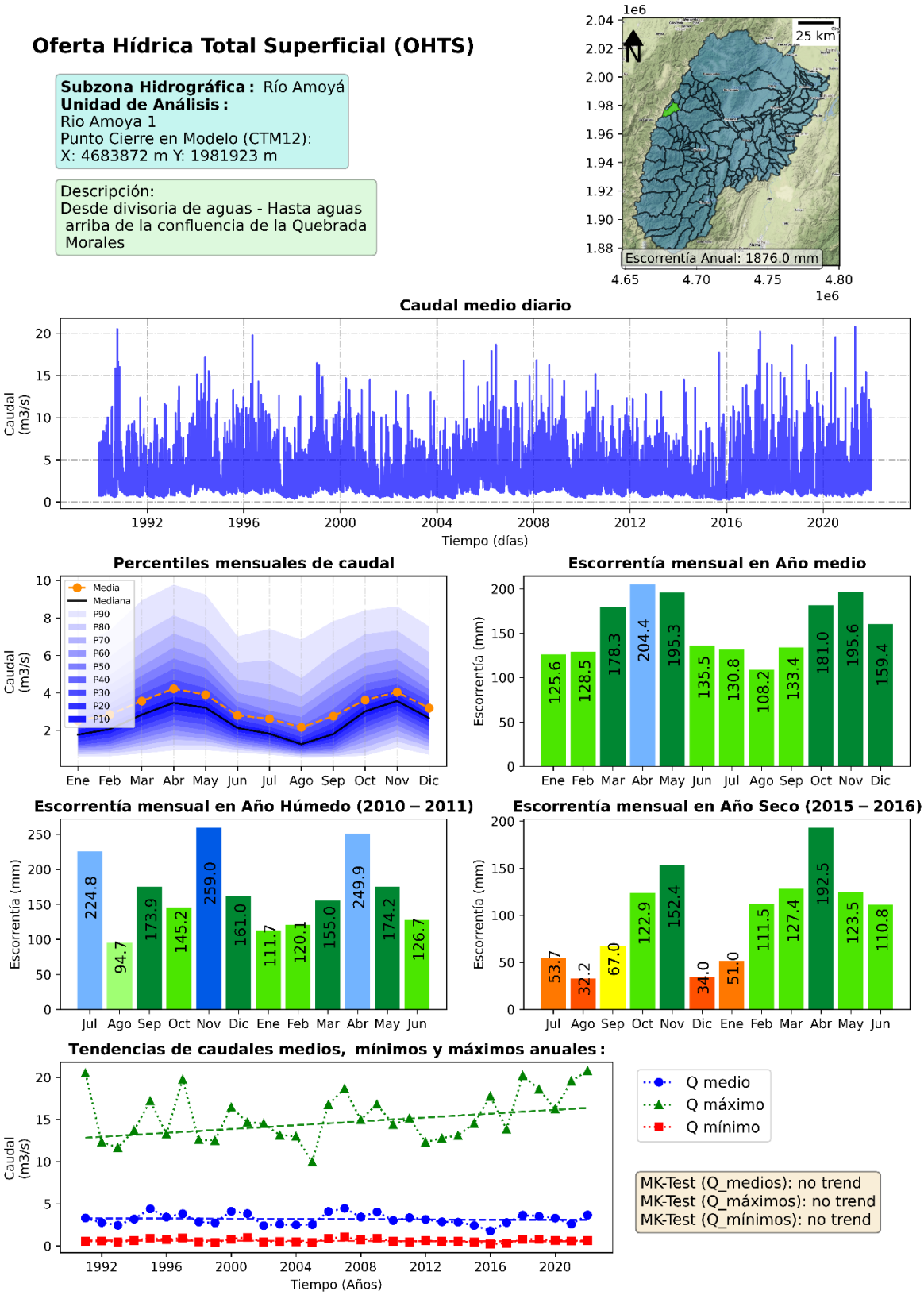


Figura 272. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Amoyá 1

14. OHTS y OHTD en la Subzona Hidrográfica Anamichú

14.1. Unidad de Análisis: Rio Anamichú 11

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 17.1, 26.5 y 13.9 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 140.2 % de aumento, un 217.6 % de aumento, y un 113.8 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 4.8, 5.8 y 0.7 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 39.0, 47.8 y 5.5 % con relación al valor medio anual (Figura 273). La escorrentía anual es de 384.5 mm, con valores máximos mensuales de 45.8, 71.1, y 37.2 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas a la reducción de los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 274).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
35.98	**19.30**	**16.68**	**32.64**	**19.30**	**13.34**	**13.39**	**7.79**	**5.60**

Tabla 142. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Anamichú 11

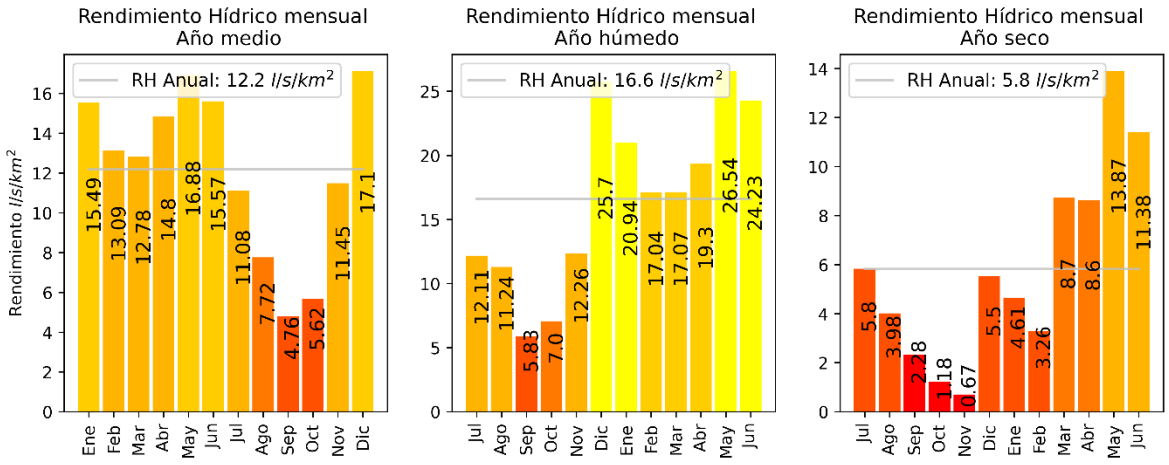


Figura 273. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Anamichú 11

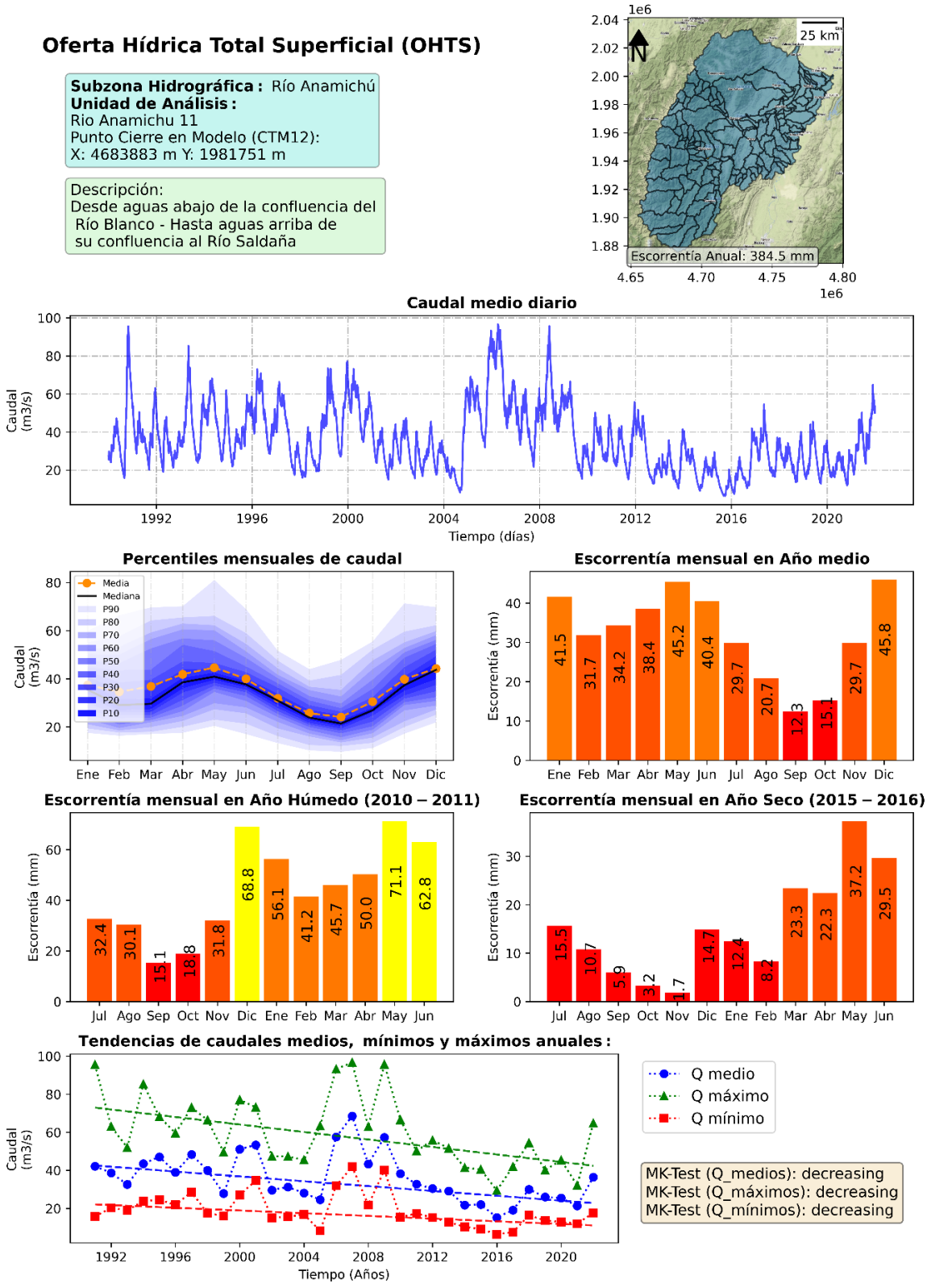


Figura 274. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Anamichú 11

14.2. Unidad de Análisis: Rio Blanco

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 50.3, 55.4 y 26.2 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 126.2 % de aumento, un 139.1 % de aumento, y un 65.9 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 24.3, 29.8 y 9.6 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 60.9, 74.7 y 24.0 % con relación al valor medio anual (Figura 275). La escorrentía anual es de 1,255.9 mm, con valores máximos mensuales de 134.7, 148.4, y 70.3 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas a la reducción de los caudales medios anuales, y no se identifican tendencias en los caudales máximos y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 276).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
4.22	**2.24**	**1.98**	**4.58**	**2.24**	**2.34**	**1.67**	**1.03**	**0.64**

Tabla 143. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Blanco

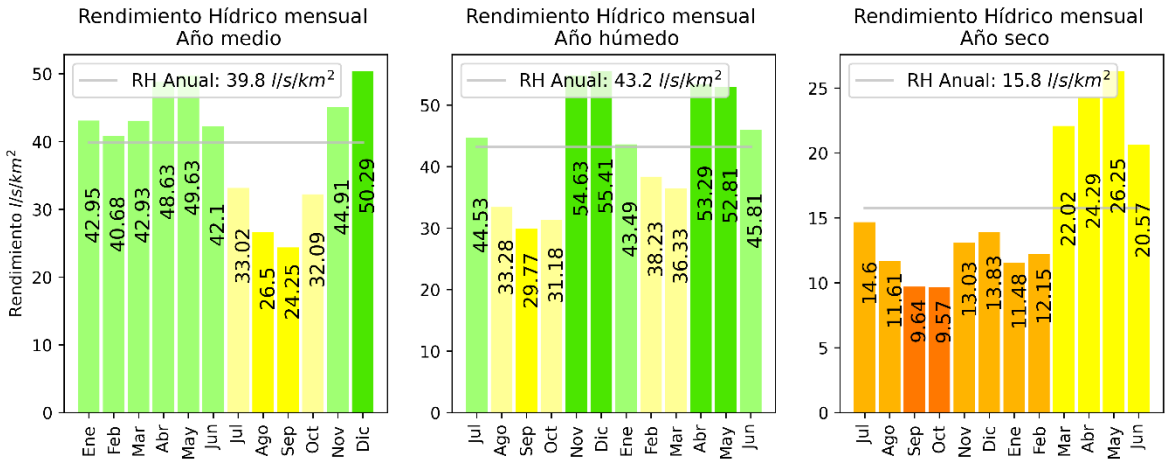


Figura 275. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Blanco

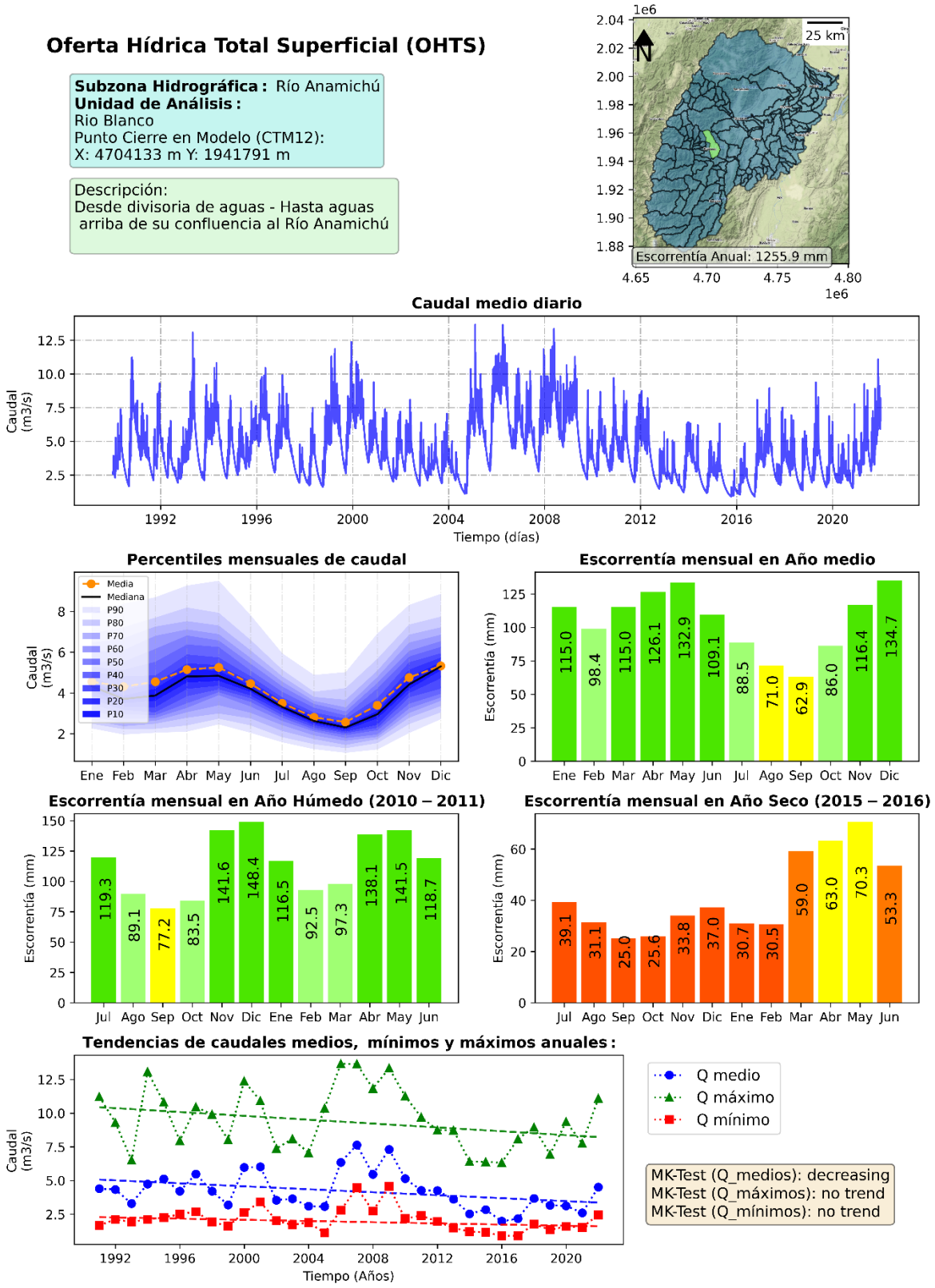


Figura 276. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Blanco

14.3. Unidad de Análisis: Rio Anamichú 10

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 53.7, 59.8 y 27.9 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 133.8 % de aumento, un 148.9 % de aumento, y un 69.4 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 19.8, 20.7 y 5.3 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 49.3, 51.6 y 13.3 % con relación al valor medio anual (Figura 277). La escorrentía anual es de 1,266.4 mm, con valores máximos mensuales de 144.0, 160.2, y 74.7 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas a la reducción de los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 278).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
31.76	**16.95**	**14.81**	**28.05**	**16.95**	**11.10**	**11.71**	**6.67**	**5.05**

Tabla 144. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Anamichú 10

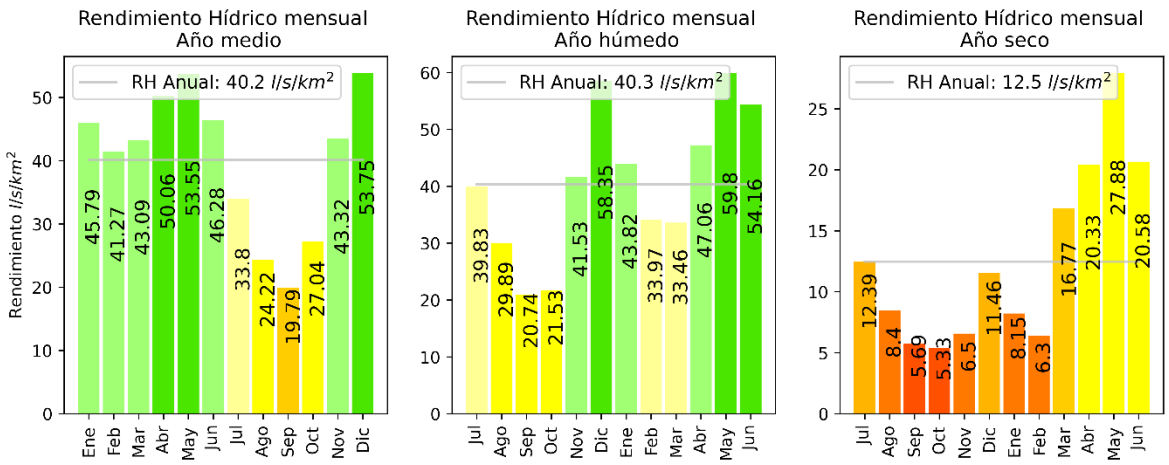


Figura 277. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Anamichú 10

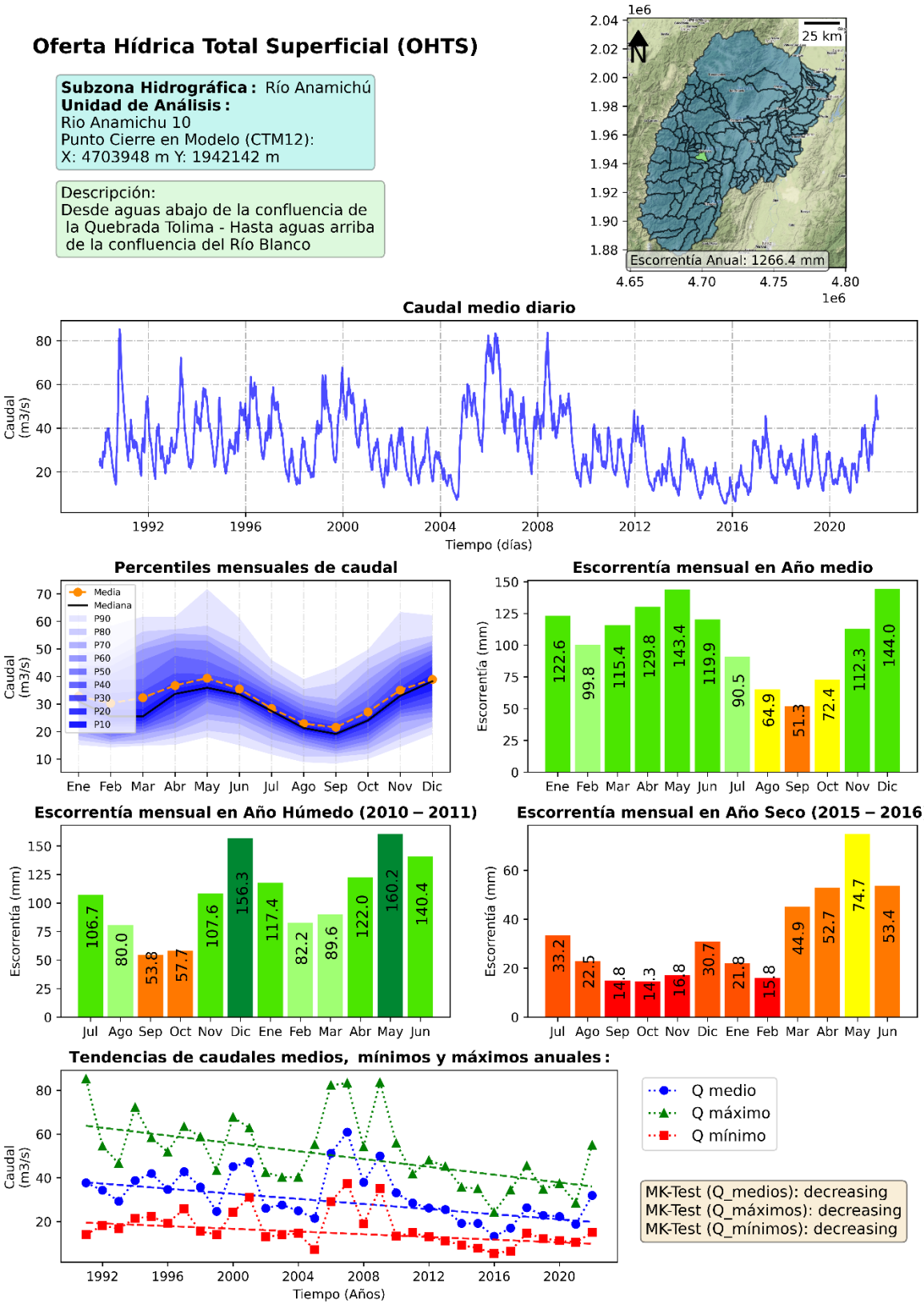


Figura 278. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Anamichú 10

14.4. Unidad de Análisis: Quebrada Tolima

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 50.8, 42.0 y 16.2 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 130.0 % de aumento, un 107.3 % de aumento, y un 41.5 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 22.6, 17.7 y 4.3 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 57.7, 45.4 y 11.0 % con relación al valor medio anual (Figura 279). La escorrentía anual es de 1,233.0 mm, con valores máximos mensuales de 136.1, 112.4, y 43.4 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas a la reducción de los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 280).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
0.60	**0.23**	**0.38**	**0.46**	**0.23**	**0.23**	**0.13**	**0.07**	**0.06**

Tabla 145. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Tolima

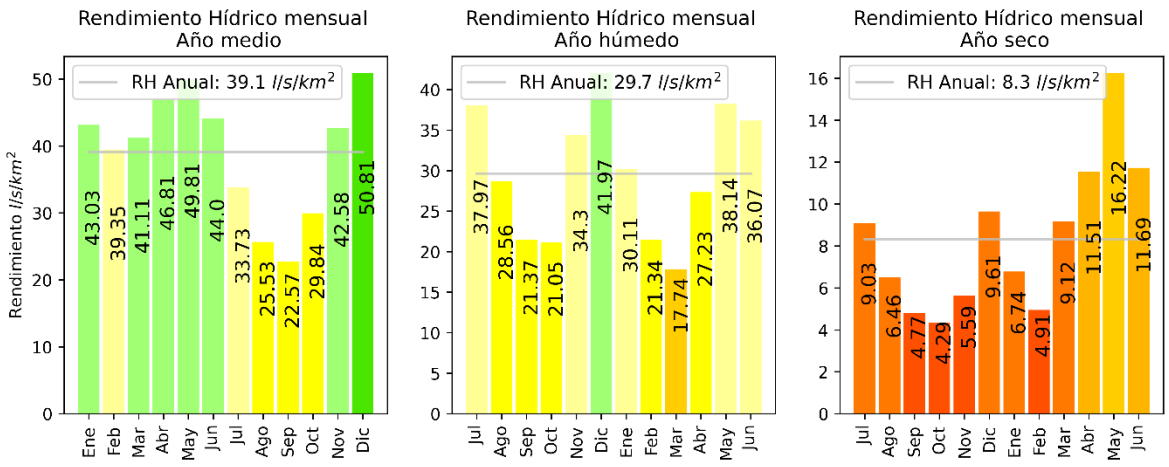


Figura 279. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Tolima

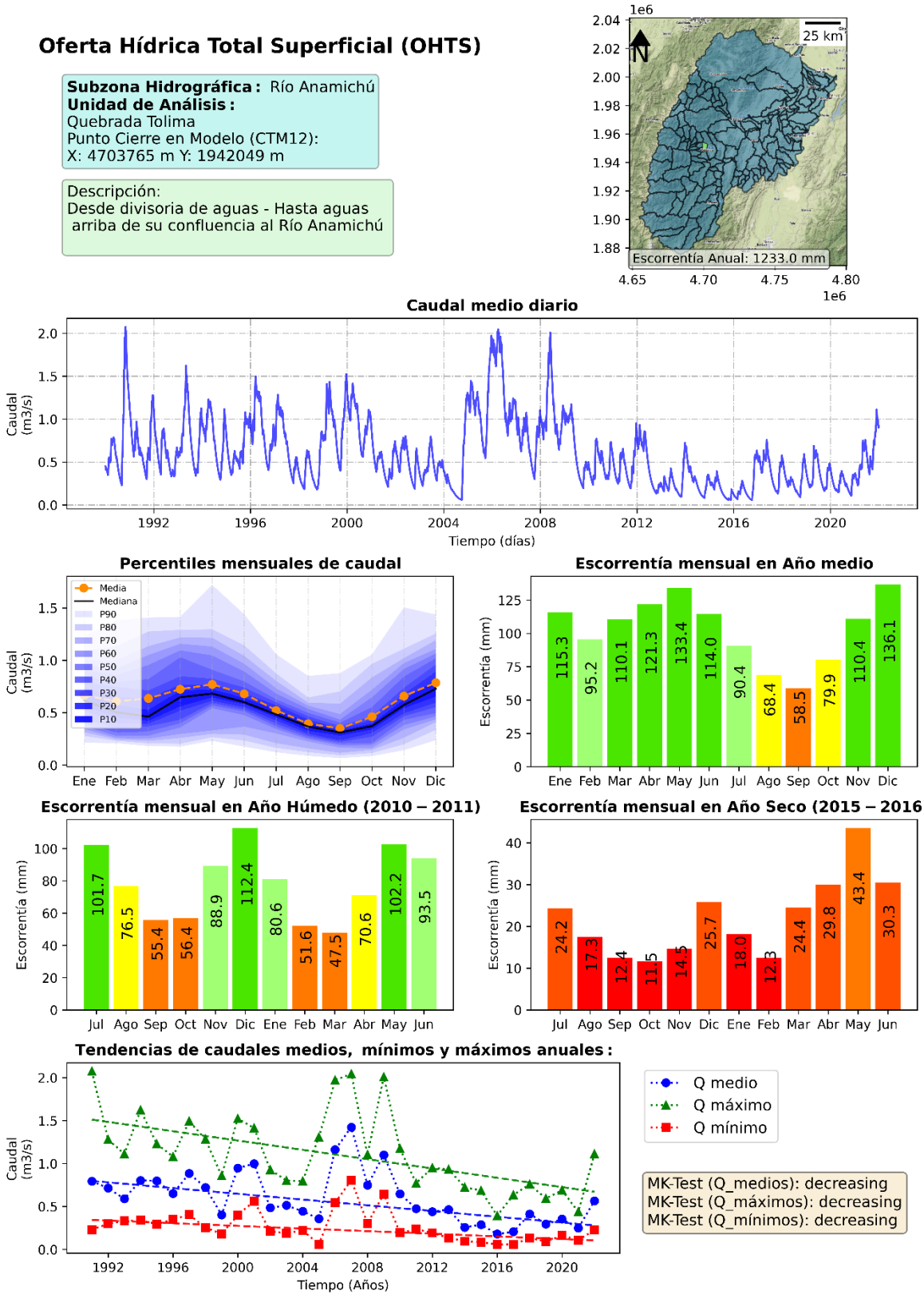


Figura 280. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Tolima

14.5. Unidad de Análisis: Rio Quebrada

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 49.2, 39.3 y 15.5 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 123.4 % de aumento, un 98.6 % de reducción, y un 38.8 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 26.0, 19.3 y 5.8 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 65.2, 48.4 y 14.5 % con relación al valor medio anual (Figura 281). La escorrentía anual es de 1,256.2 mm, con valores máximos mensuales de 131.7, 105.2, y 41.4 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas a la reducción de los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 282).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
1.14	**0.47**	**0.67**	**0.84**	**0.47**	**0.38**	**0.25**	**0.17**	**0.09**

Tabla 146. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Quebrada

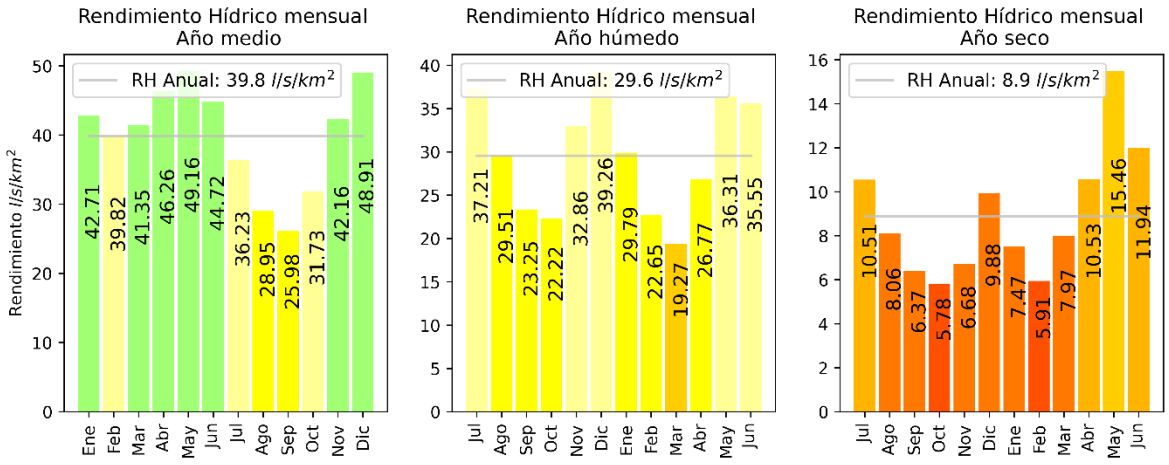


Figura 281. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Quebrada

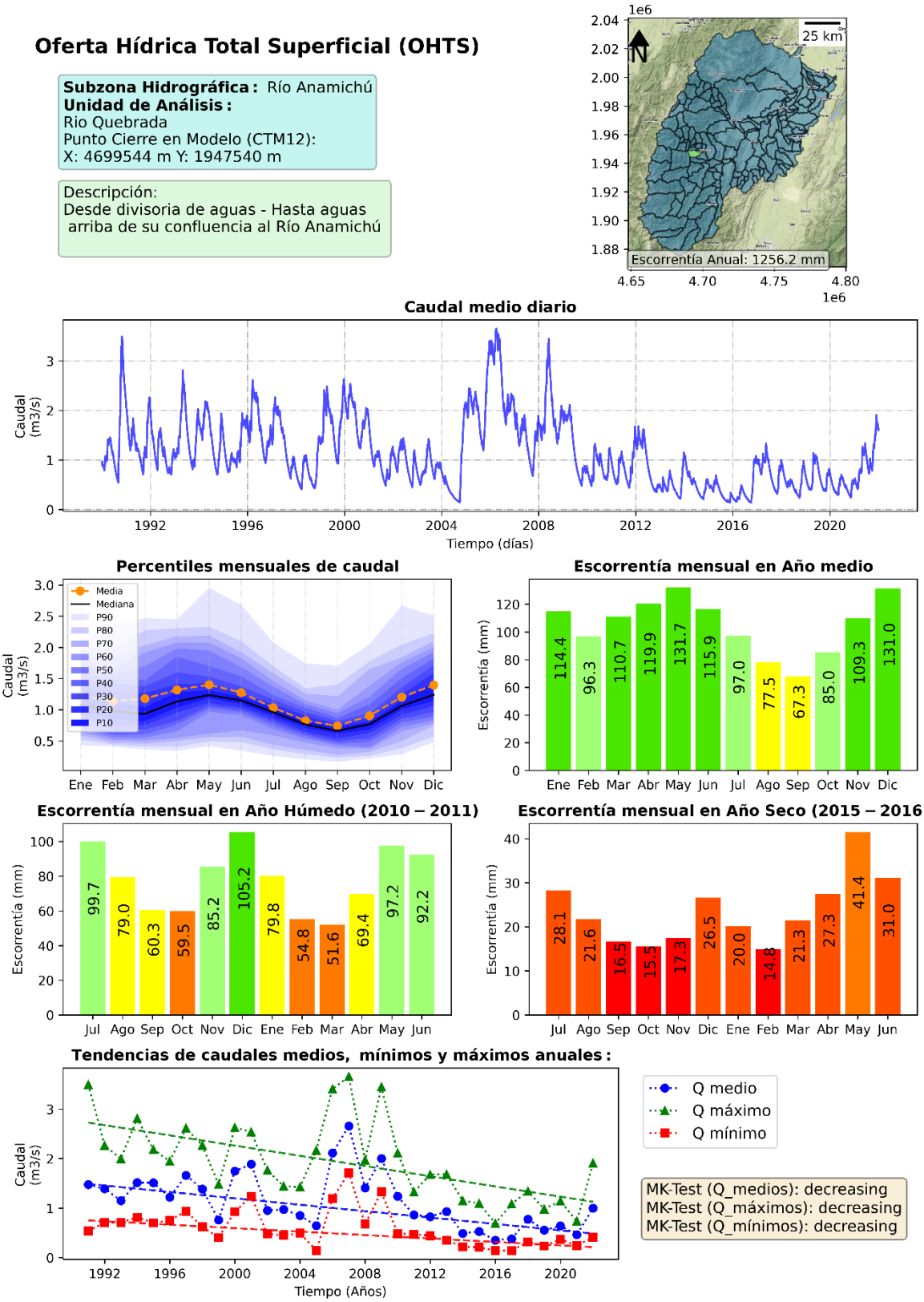


Figura 282. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Quebrada

14.6. Unidad de Análisis: Rio Anamichú 9

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 50.5, 35.4 y 13.3 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 132.7 % de aumento, un 93.1 % de reducción, y un 35.0 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 20.7, 11.3 y 2.2 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 54.3, 29.7 y 5.8 % con relación al valor medio anual (Figura 283). La escorrentía anual es de 1,200.8 mm, con valores máximos mensuales de 135.3, 94.9, y 35.7 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas a la reducción de los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 284).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
28.78	**15.67**	**13.10**	**25.51**	**15.67**	**9.83**	**10.95**	**6.20**	**4.74**

Tabla 147. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Anamichú 9

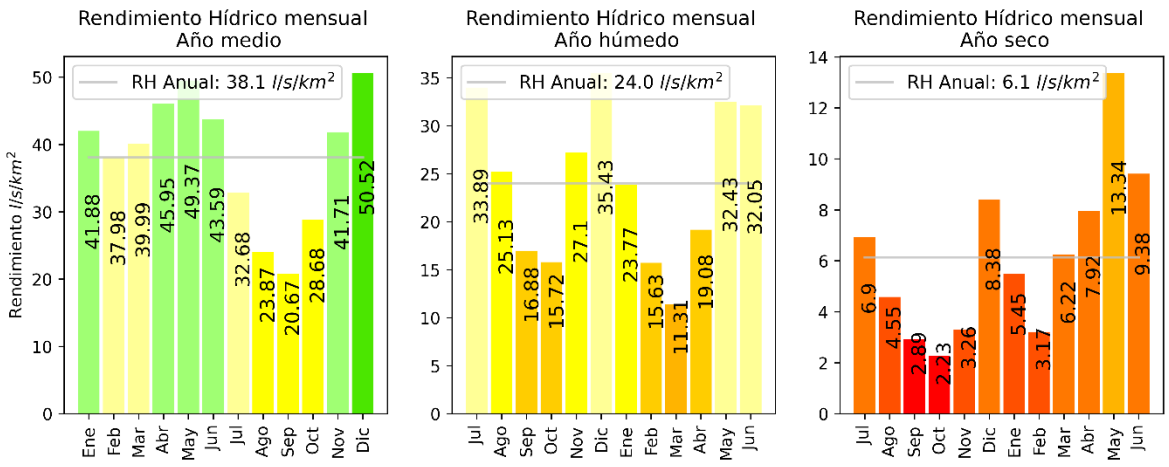


Figura 283. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Anamichú 9

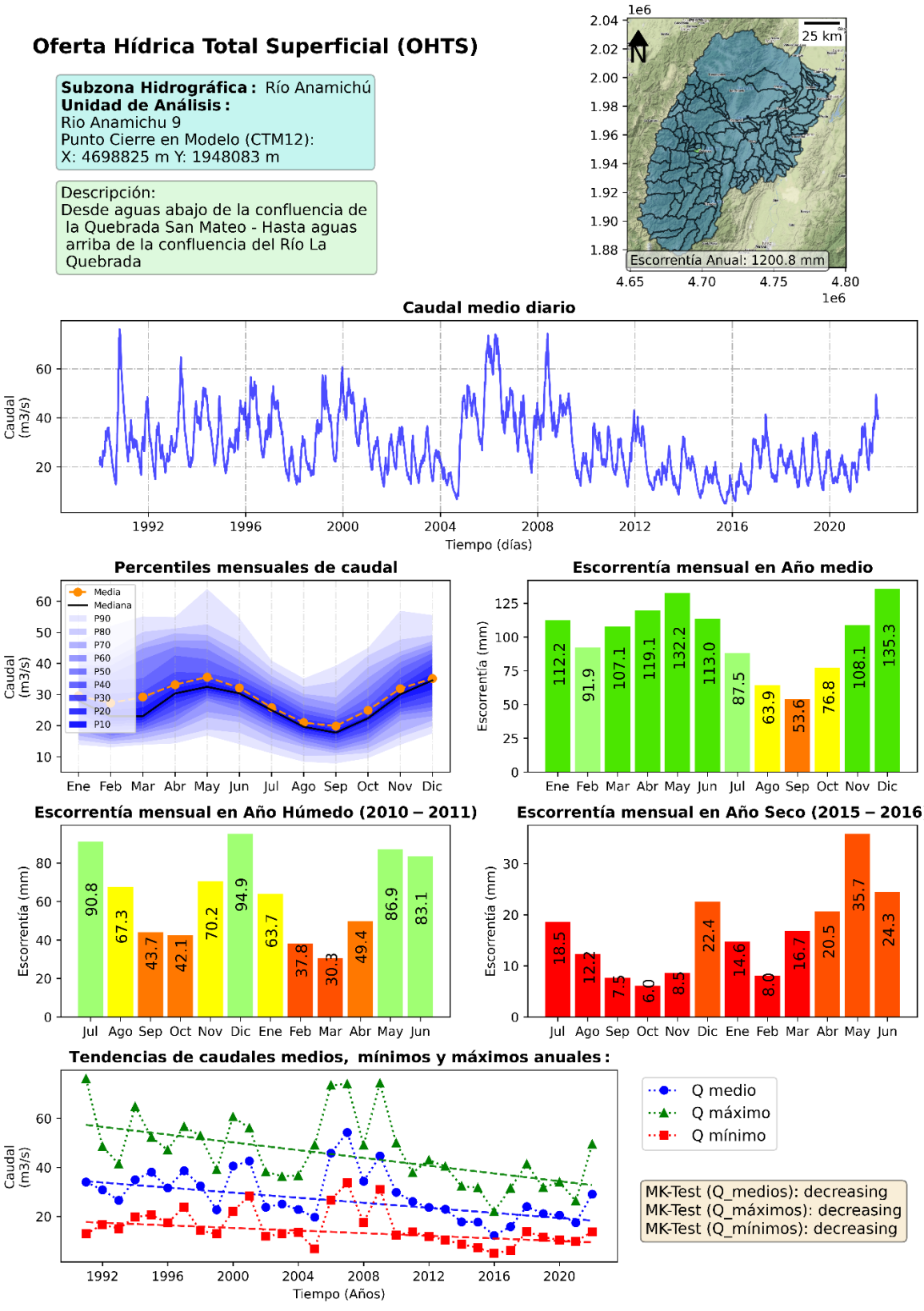


Figura 284. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Anamichú 9

14.7. Unidad de Análisis: Quebrada San Mateo

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 50.8, 36.7 y 11.8 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 120.4 % de aumento, un 87.0 % de reducción, y un 28.1 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 29.3, 16.9 y 5.5 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 69.4, 40.0 y 13.0 % con relación al valor medio anual (Figura 285). La escorrentía anual es de 1,331.4 mm, con valores máximos mensuales de 136.1, 98.4, y 31.7 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas a la reducción de los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 286).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
0.58	**0.21**	**0.37**	**0.37**	**0.21**	**0.16**	**0.11**	**0.07**	**0.03**

Tabla 148. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada San Mateo

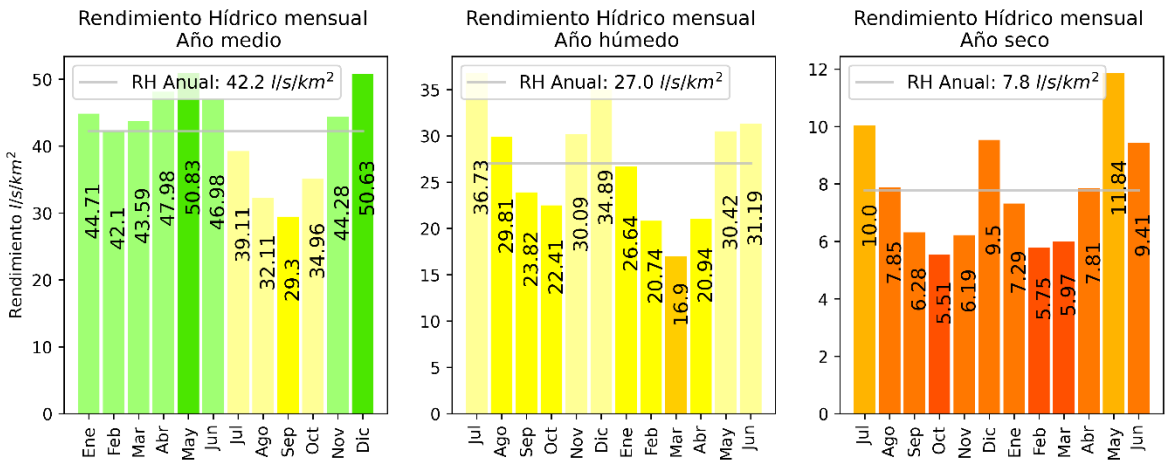


Figura 285. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada San Mateo

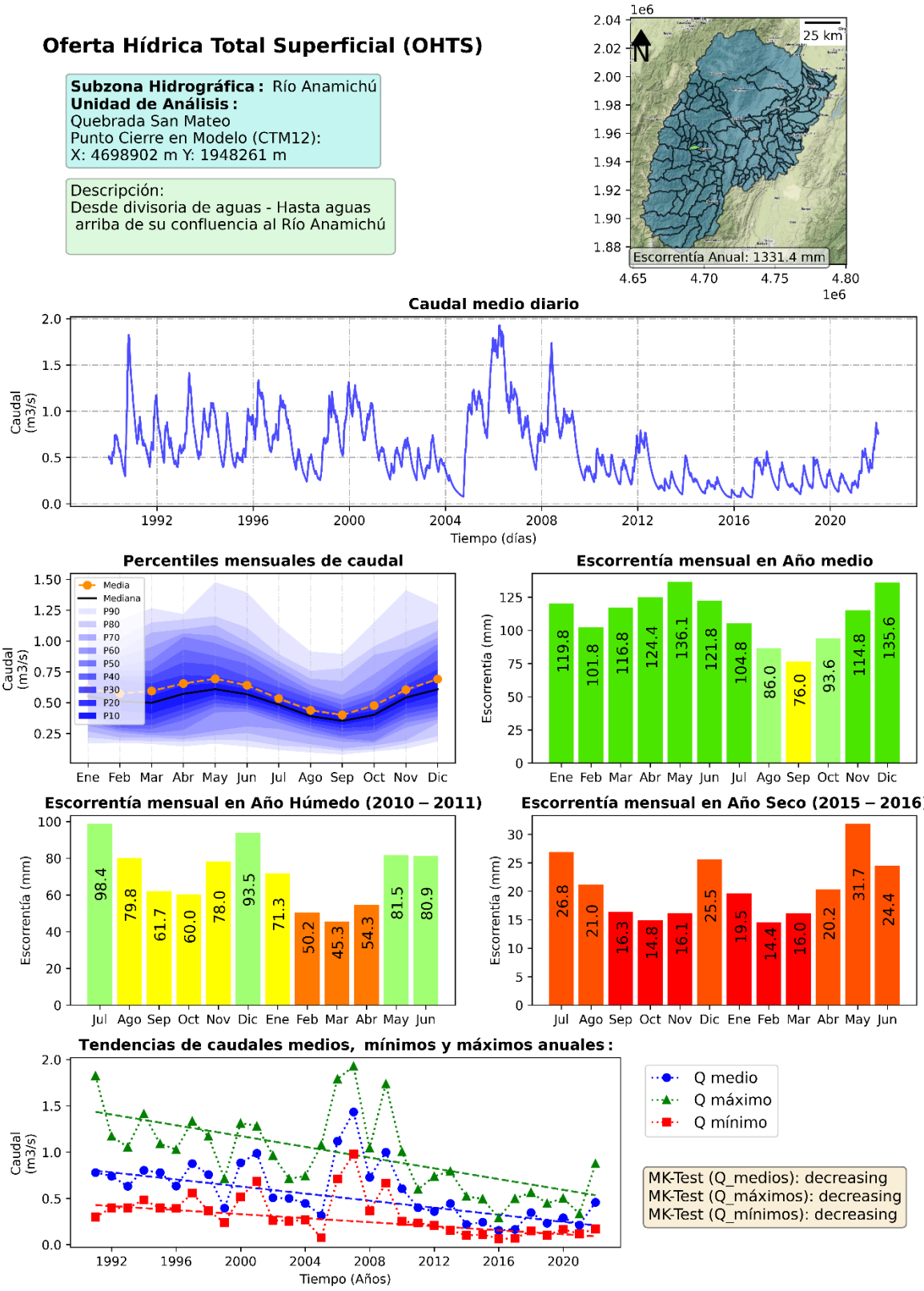


Figura 286. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada San Mateo

14.8. Unidad de Análisis: Rio Anamichú 8

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 52.7, 34.5 y 11.0 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 128.6 % de aumento, un 84.4 % de reducción, y un 27.0 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 24.6, 11.7 y 3.2 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 60.2, 28.6 y 7.8 % con relación al valor medio anual (Figura 287). La escorrentía anual es de 1,291.0 mm, con valores máximos mensuales de 141.0, 92.5, y 29.6 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas a la reducción de los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 288).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
27.87	**15.35**	**12.52**	**24.93**	**15.35**	**9.58**	**10.79**	**6.09**	**4.70**

Tabla 149. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Anamichú 8

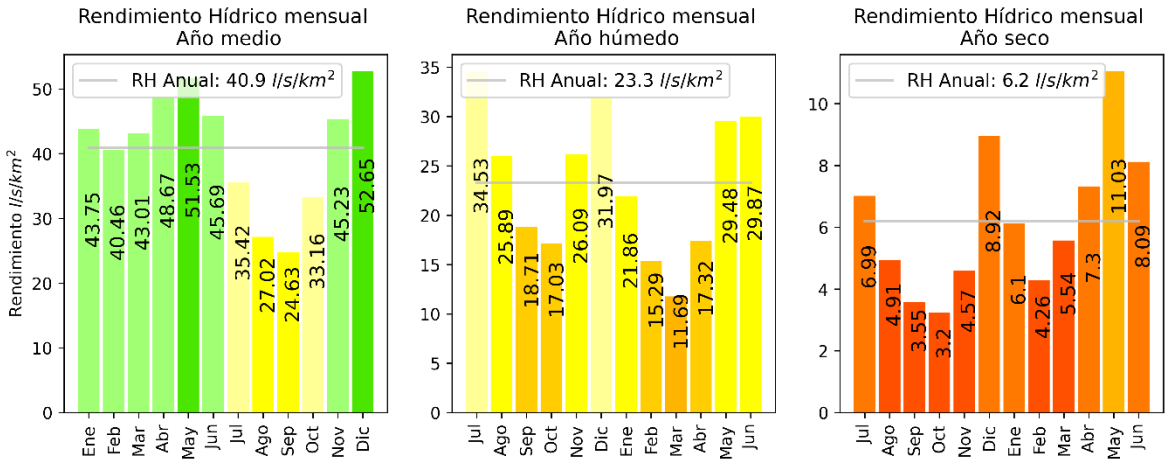


Figura 287. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Anamichú 8

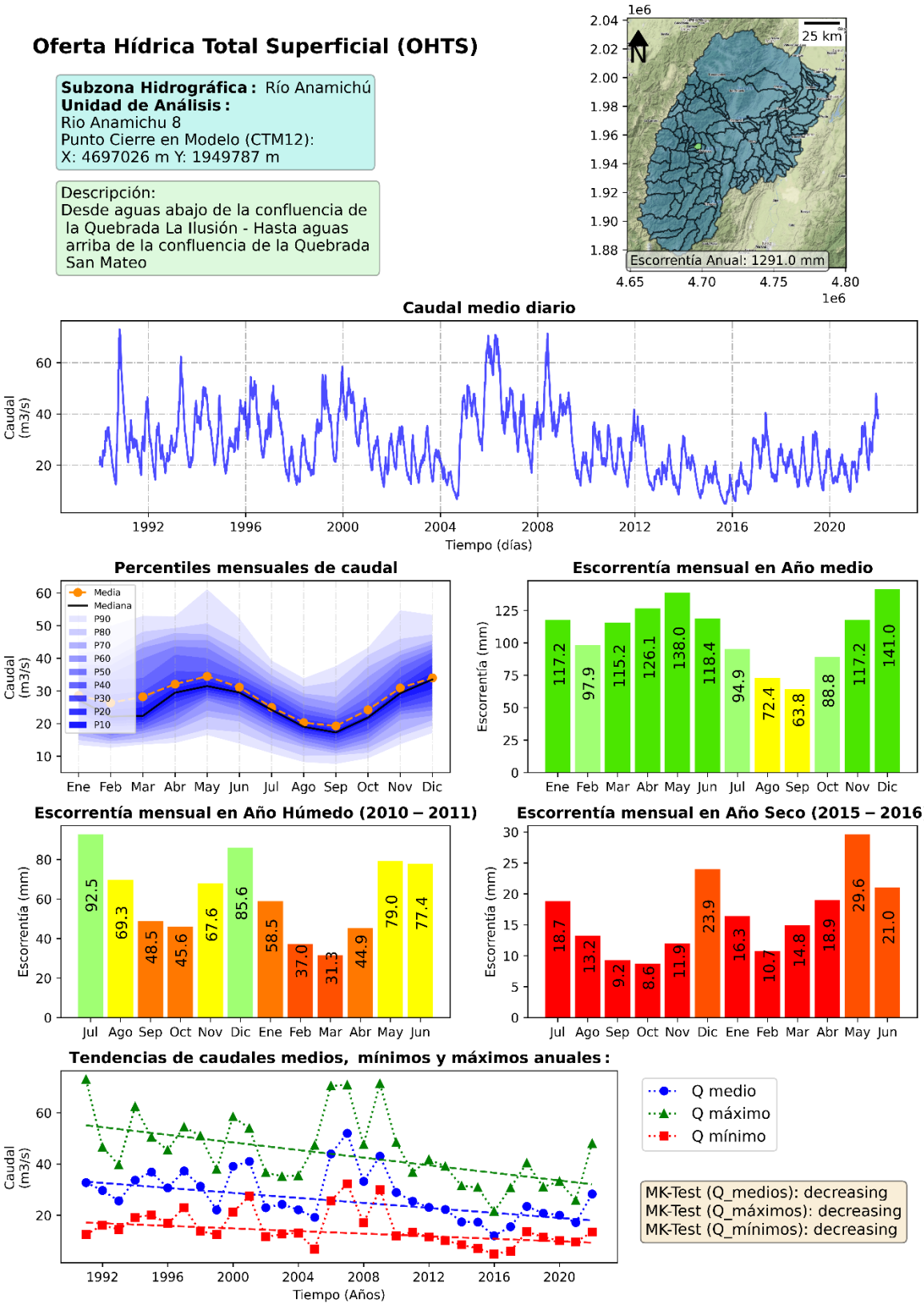


Figura 288. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Anamichú 8

14.9. Unidad de Análisis: Quebrada ilusión

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 49.2, 40.2 y 13.0 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 113.2 % de aumento, un 92.4 % de reducción, y un 29.8 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 34.9, 24.5 y 9.5 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 80.4, 56.5 y 21.8 % con relación al valor medio anual (Figura 289). La escorrentía anual es de 1,370.0 mm, con valores máximos mensuales de 131.7, 107.6, y 34.7 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas a la reducción de los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 290).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
0.29	**0.12**	**0.17**	**0.22**	**0.12**	**0.09**	**0.07**	**0.07**	**0.01**

Tabla 150. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada ilusión

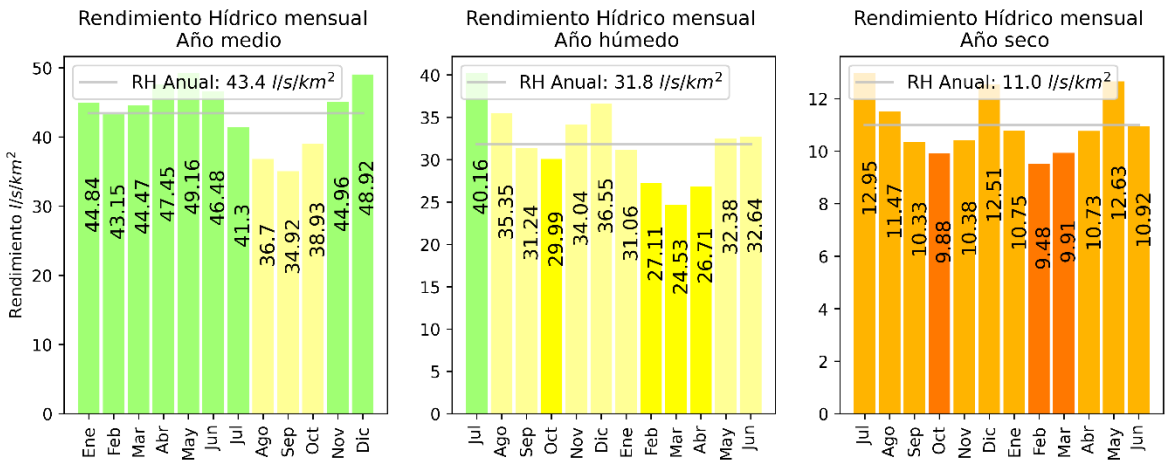


Figura 289. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada ilusión

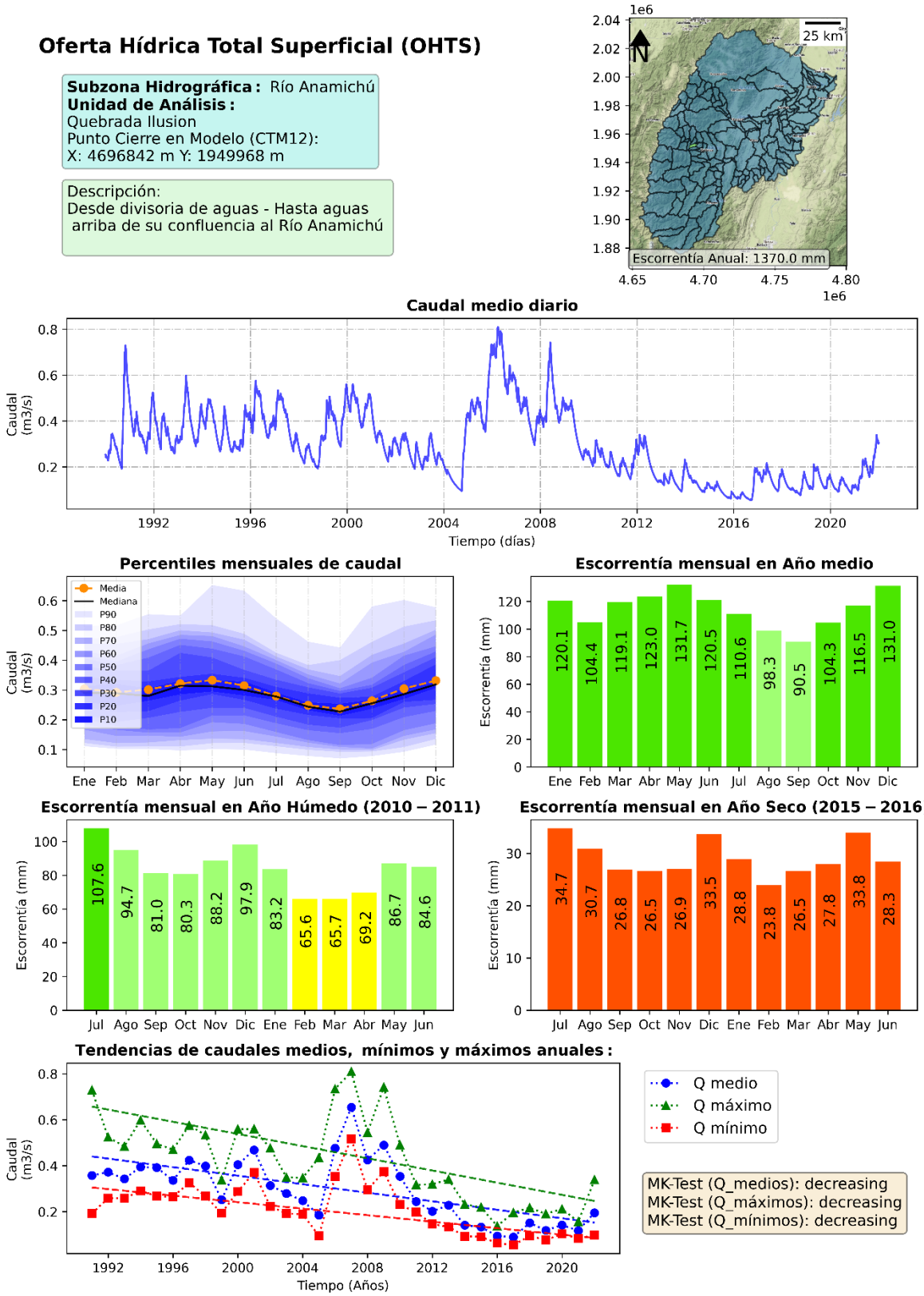


Figura 290. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada ilusión

14.10. Unidad de Análisis: Rio Anamichú 7

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 53.2, 33.7 y 10.8 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 128.3 % de aumento, un 81.3 % de reducción, y un 26.0 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 25.3, 11.0 y 3.5 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 61.1, 26.4 y 8.3 % con relación al valor medio anual (Figura 291). La escorrentía anual es de 1,307.7 mm, con valores máximos mensuales de 142.5, 90.3, y 28.9 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas a la reducción de los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 292).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
26.98	**14.99**	**11.99**	**24.37**	**14.99**	**9.38**	**10.62**	**5.96**	**4.66**

Tabla 151. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Anamichú 7

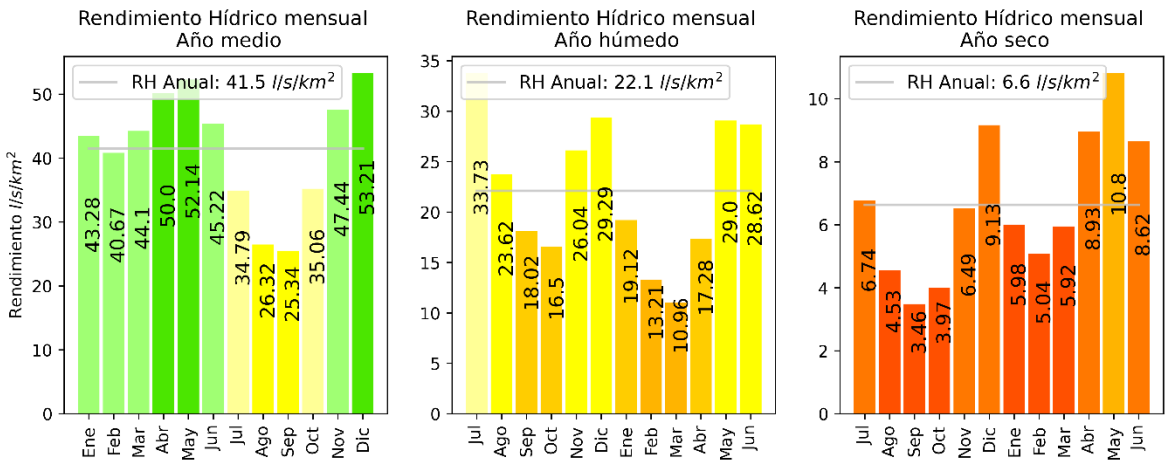


Figura 291. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Anamichú 7

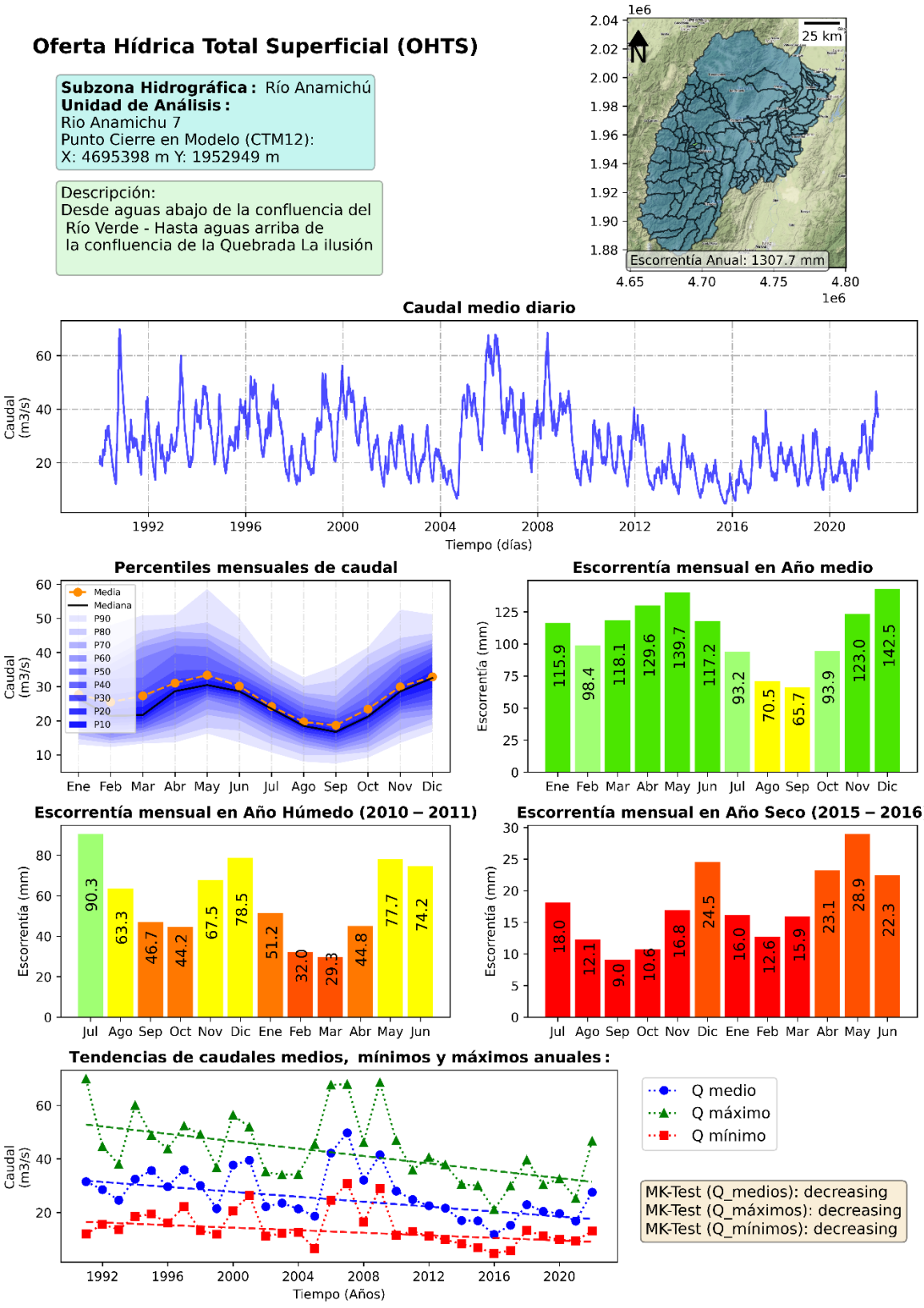


Figura 292. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Anamichú 7

14.11. Unidad de Análisis: Rio Verde

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 50.1, 43.5 y 15.4 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 114.1 % de aumento, un 99.0 % de reducción, y un 35.1 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 34.8, 26.6 y 10.1 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 79.2, 60.5 y 23.0 % con relación al valor medio anual (Figura 293). La escorrentía anual es de 1,385.5 mm, con valores máximos mensuales de 134.3, 116.5, y 41.3 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas a la reducción de los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 294).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
1.31	**0.59**	**0.72**	**1.04**	**0.59**	**0.44**	**0.37**	**0.31**	**0.06**

Tabla 152. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Verde

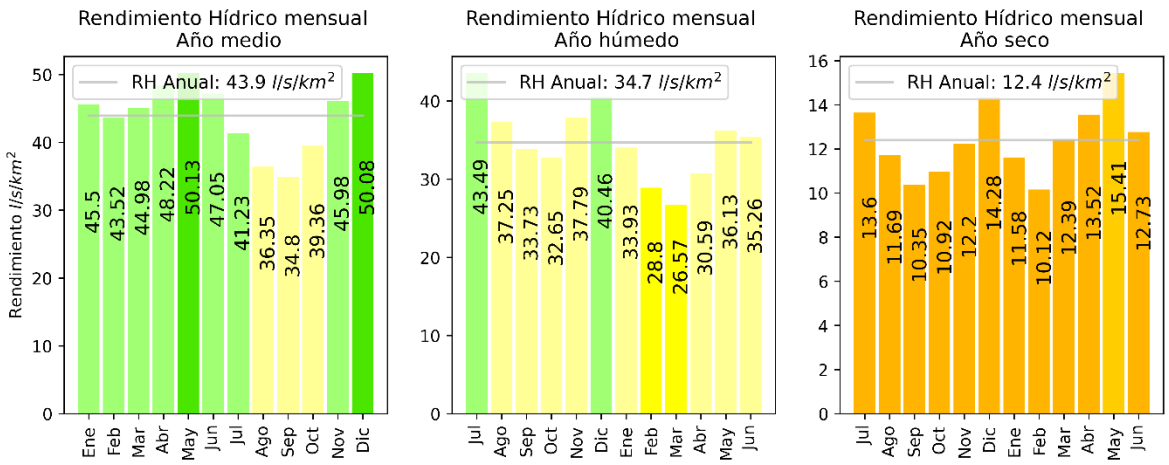


Figura 293. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Verde

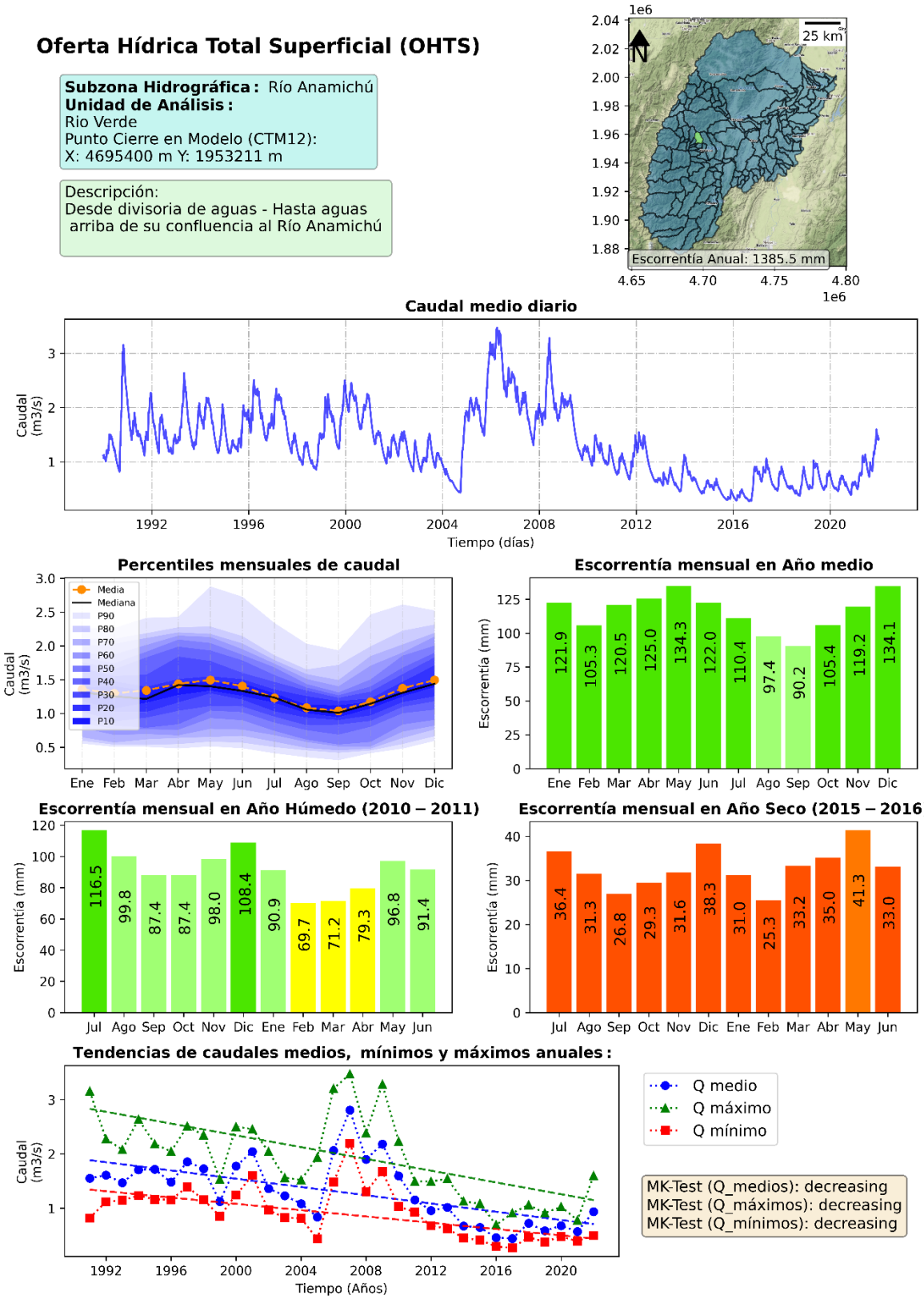


Figura 294. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Verde

14.12. Unidad de Análisis: Rio Anamichú 6

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 50.5, 39.9 y 12.9 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 115.1 % de aumento, un 90.9 % de reducción, y un 29.4 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 33.9, 22.8 y 8.5 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 77.3, 51.8 y 19.4 % con relación al valor medio anual (Figura 295). La escorrentía anual es de 1,385.0 mm, con valores máximos mensuales de 135.4, 107.0, y 34.6 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas a la reducción de los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 296).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
25.58	**14.20**	**11.38**	**23.29**	**14.20**	**9.09**	**10.24**	**5.63**	**4.61**

Tabla 153. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Anamichú 6

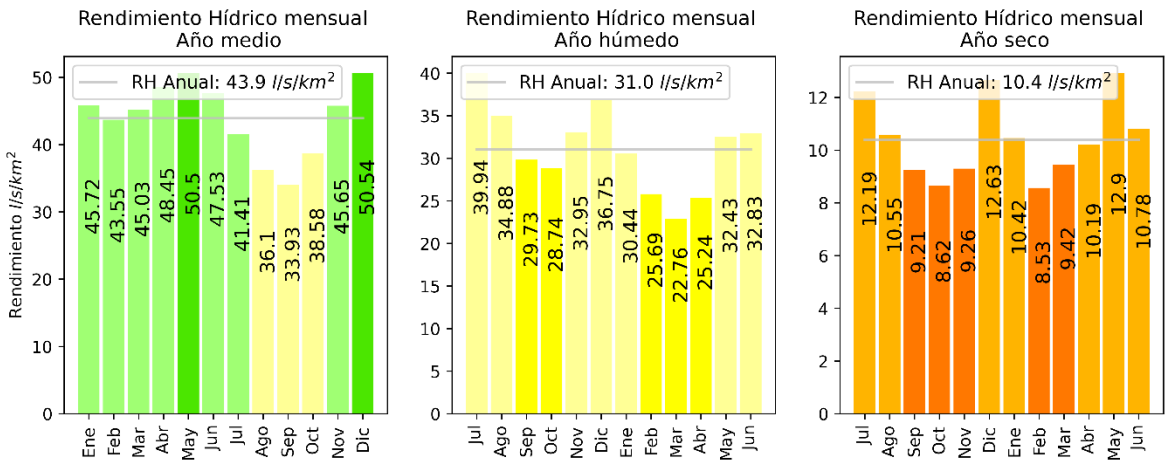


Figura 295. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Anamichú 6

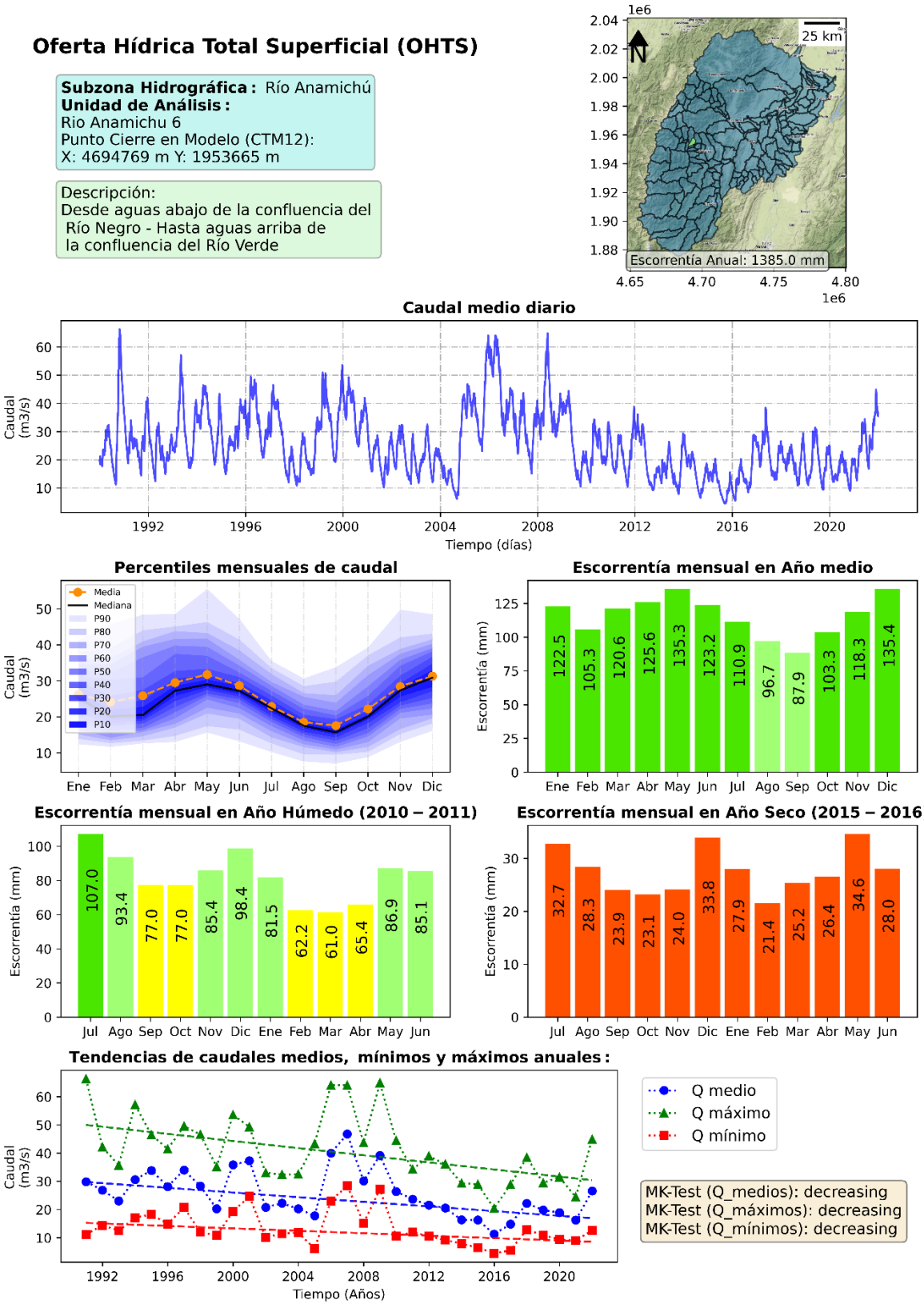


Figura 296. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Anamichú 6

14.13. Unidad de Análisis: Rio Negro Anamichú

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 61.0, 52.9 y 26.1 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 122.3 % de aumento, un 106.0 % de aumento, y un 52.2 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 35.0, 28.2 y 9.3 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 70.1, 56.5 y 18.7 % con relación al valor medio anual (Figura 297). La escorrentía anual es de 1,573.6 mm, con valores máximos mensuales de 163.4, 141.7, y 69.8 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas a la reducción de los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 298).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
1.90	**0.97**	**0.93**	**1.56**	**0.97**	**0.59**	**0.64**	**0.41**	**0.23**

Tabla 154. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Negro Anamichú

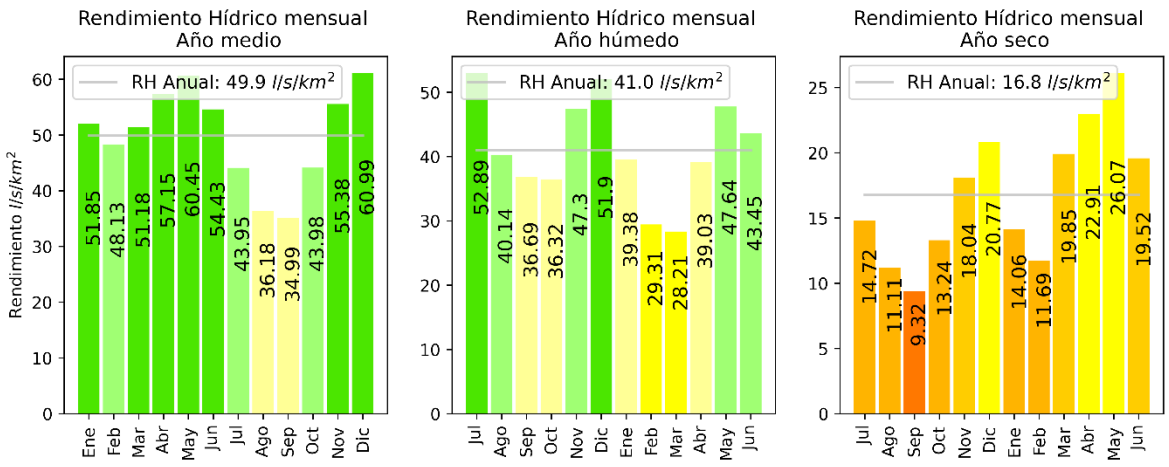


Figura 297. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Negro Anamichú

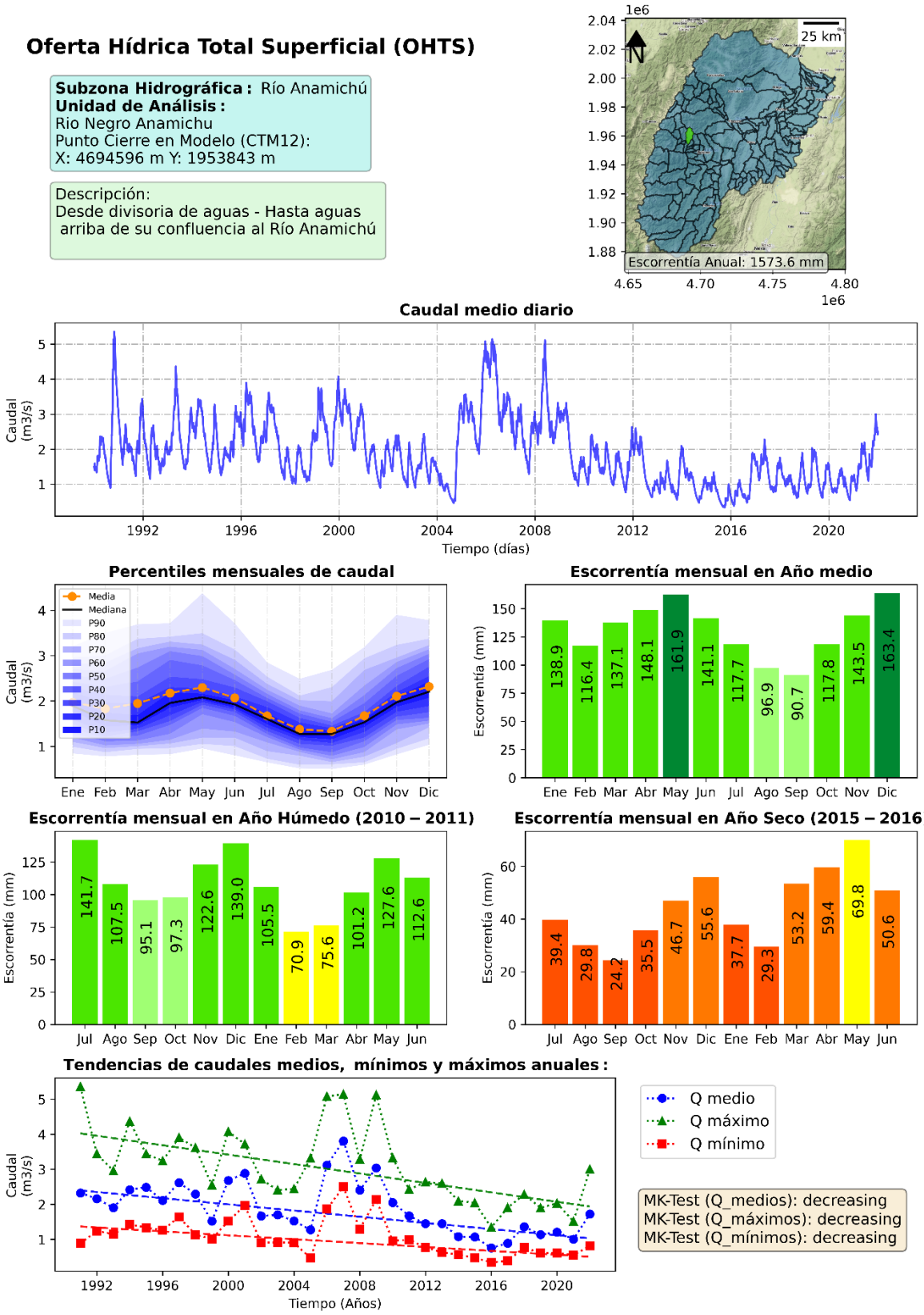


Figura 298. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Negro Anamichú

14.14. Unidad de Análisis: Rio Anamichú 5

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 50.7, 44.6 y 16.5 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 111.1 % de aumento, un 97.8 % de reducción, y un 36.2 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 38.4, 29.7 y 11.7 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 84.2, 65.1 y 25.6 % con relación al valor medio anual (Figura 299). La escorrentía anual es de 1,437.5 mm, con valores máximos mensuales de 135.7, 119.4, y 44.2 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas a la reducción de los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 300).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
23.09	**12.91**	**10.18**	**21.32**	**12.91**	**8.40**	**9.46**	**5.12**	**4.34**

Tabla 155. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Anamichú 5

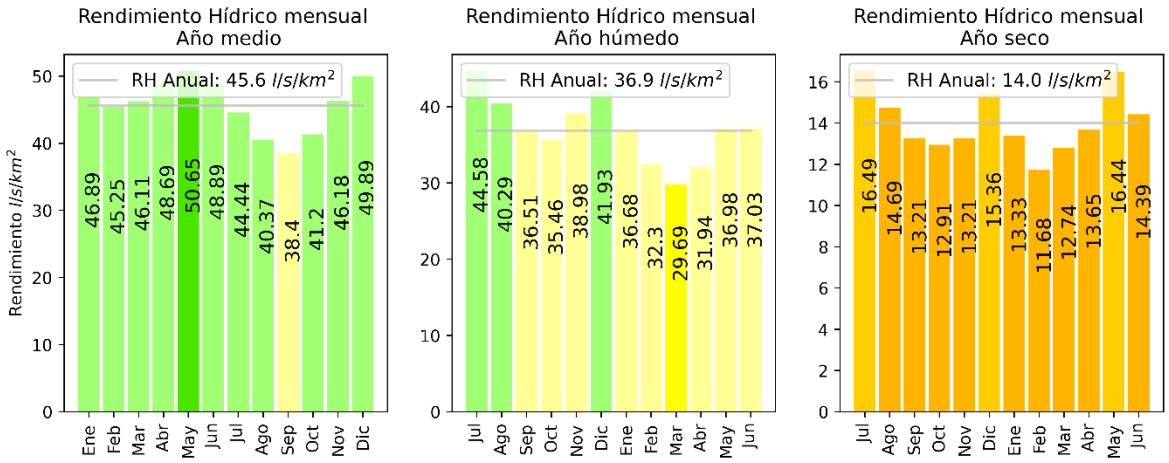


Figura 299. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Anamichú 5

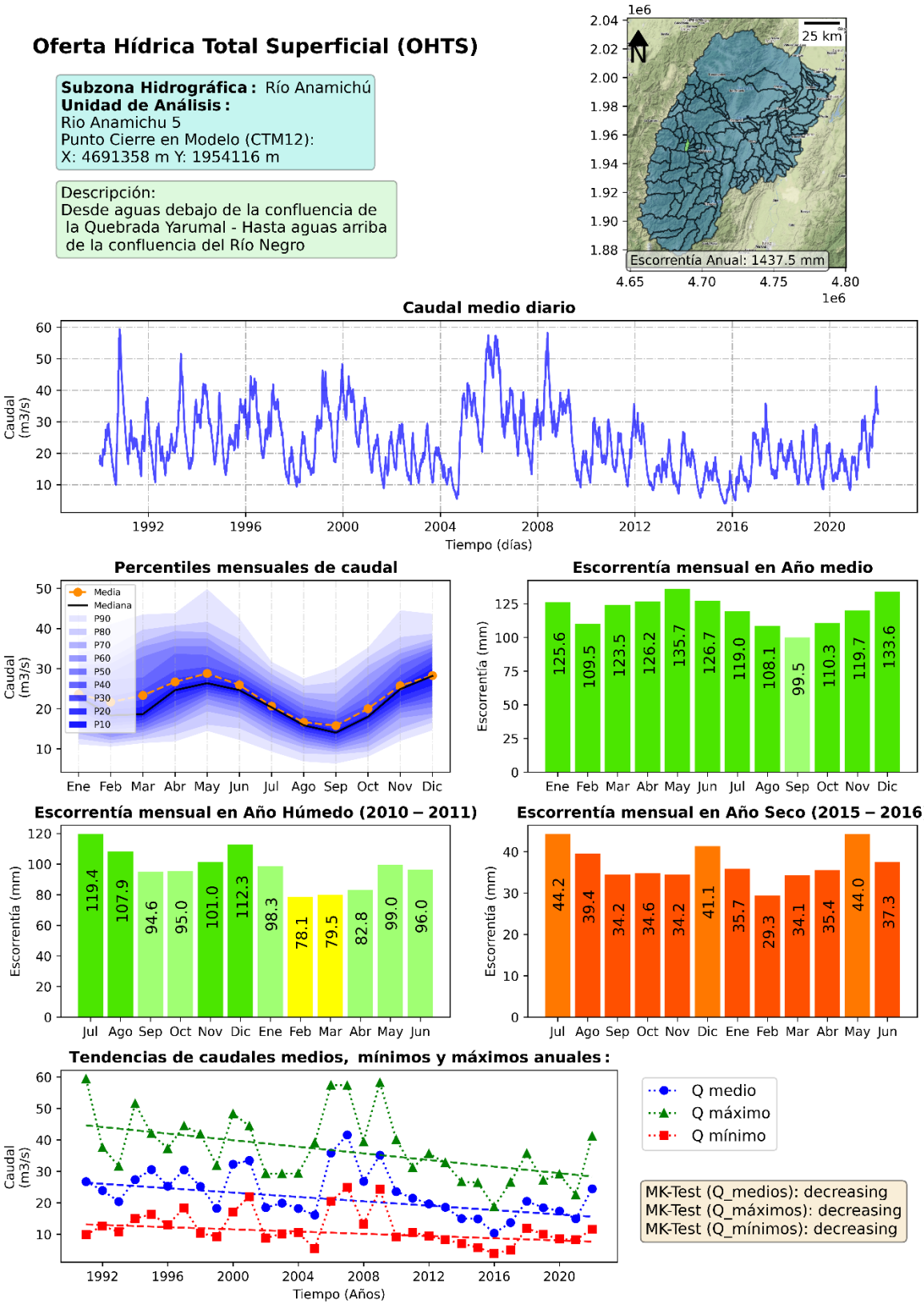


Figura 300. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Anamichú 5

14.15. Unidad de Análisis: Quebrada Yarumal

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 56.0, 49.0 y 24.9 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 119.5 % de aumento, un 104.6 % de aumento, y un 53.1 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 34.1, 28.4 y 10.3 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 72.7, 60.6 y 22.1 % con relación al valor medio anual (Figura 301). La escorrentía anual es de 1,478.9 mm, con valores máximos mensuales de 150.0, 131.3, y 66.7 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas a la reducción de los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 302).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
1.60	**0.83**	**0.77**	**1.33**	**0.83**	**0.50**	**0.54**	**0.38**	**0.16**

Tabla 156. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Yarumal

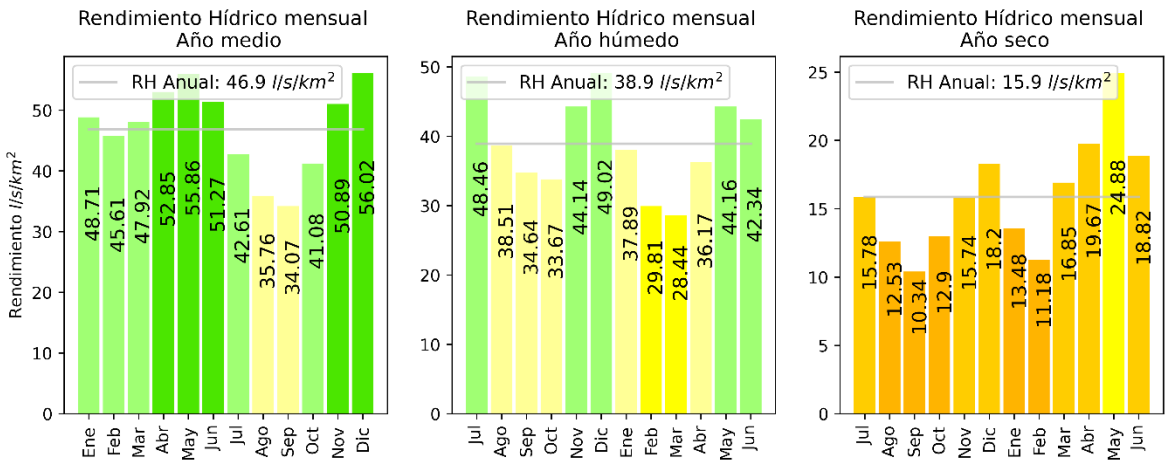


Figura 301. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Yarumal

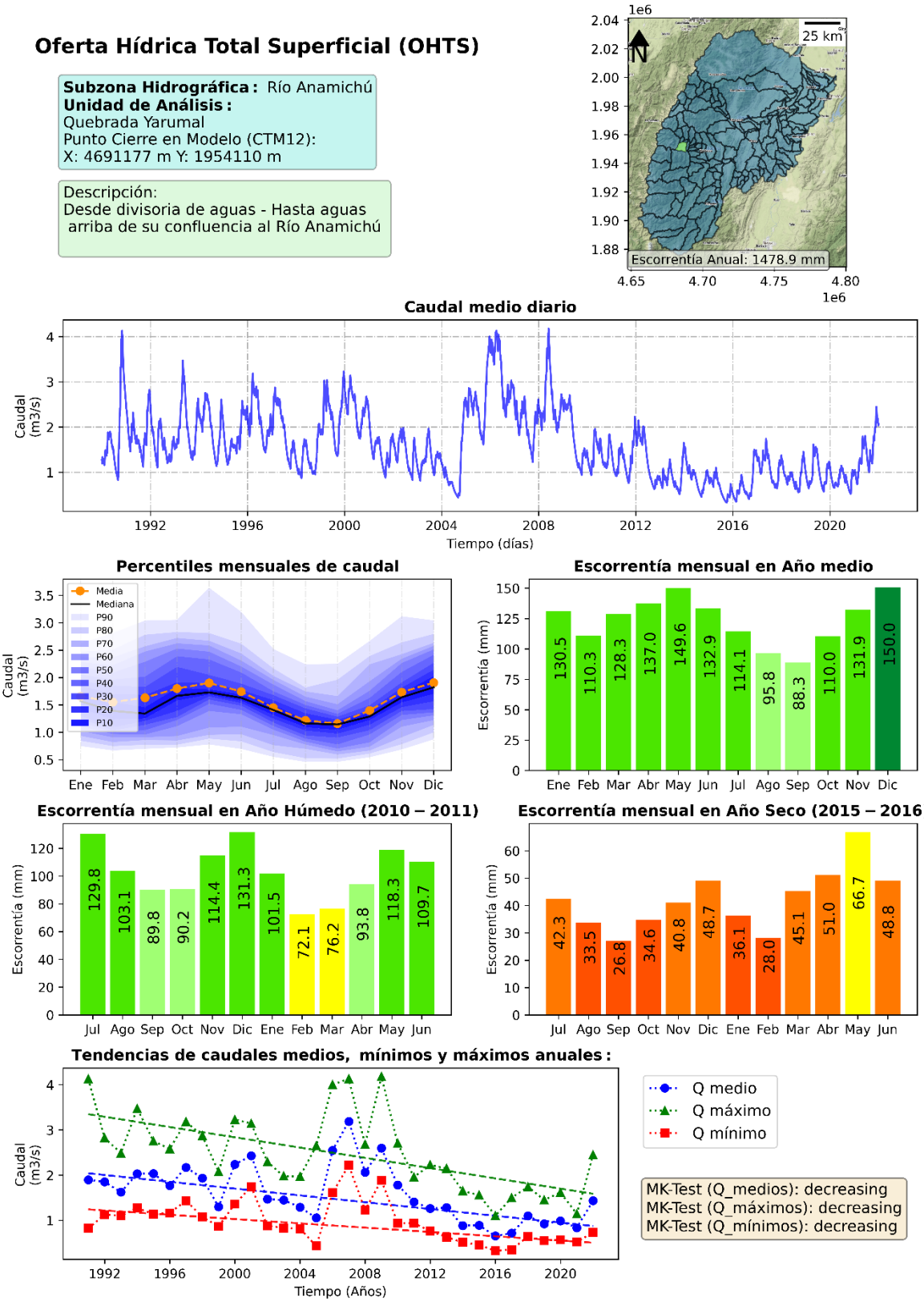


Figura 302. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Yarumal

14.16. Unidad de Análisis: Rio Anamichú 4

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 48.6, 46.4 y 19.8 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 106.3 % de aumento, un 101.4 % de aumento, y un 43.3 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 41.9, 35.9 y 14.5 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 91.6, 78.4 y 31.7 % con relación al valor medio anual (Figura 303). La escorrentía anual es de 1,442.9 mm, con valores máximos mensuales de 130.3, 124.2, y 53.0 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas a la reducción de los caudales máximos y medios anuales, y no se presentan tendencias en los caudales mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 304).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
20.83	**11.60**	**9.22**	**19.45**	**11.60**	**7.84**	**8.72**	**4.57**	**4.15**

Tabla 157. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Anamichú 4

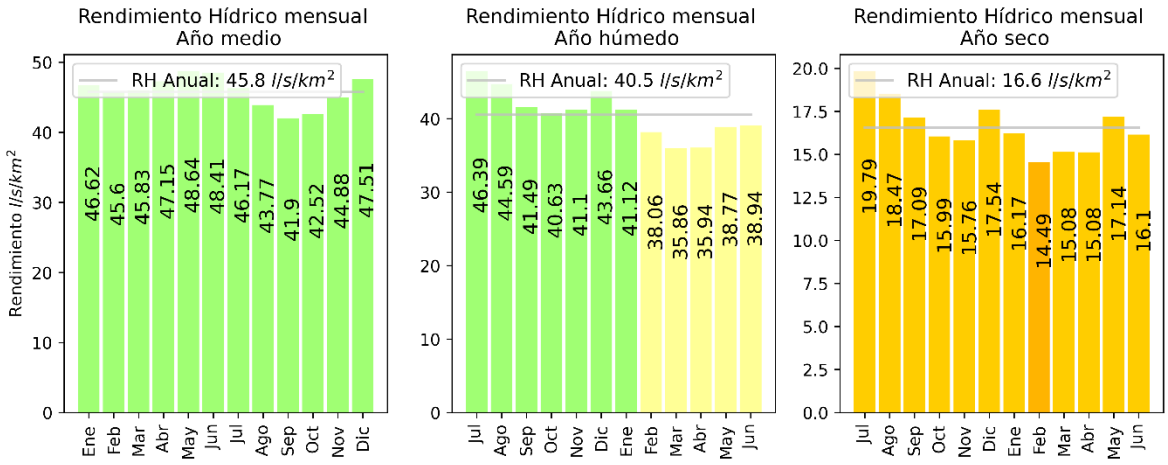


Figura 303. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Anamichú 4

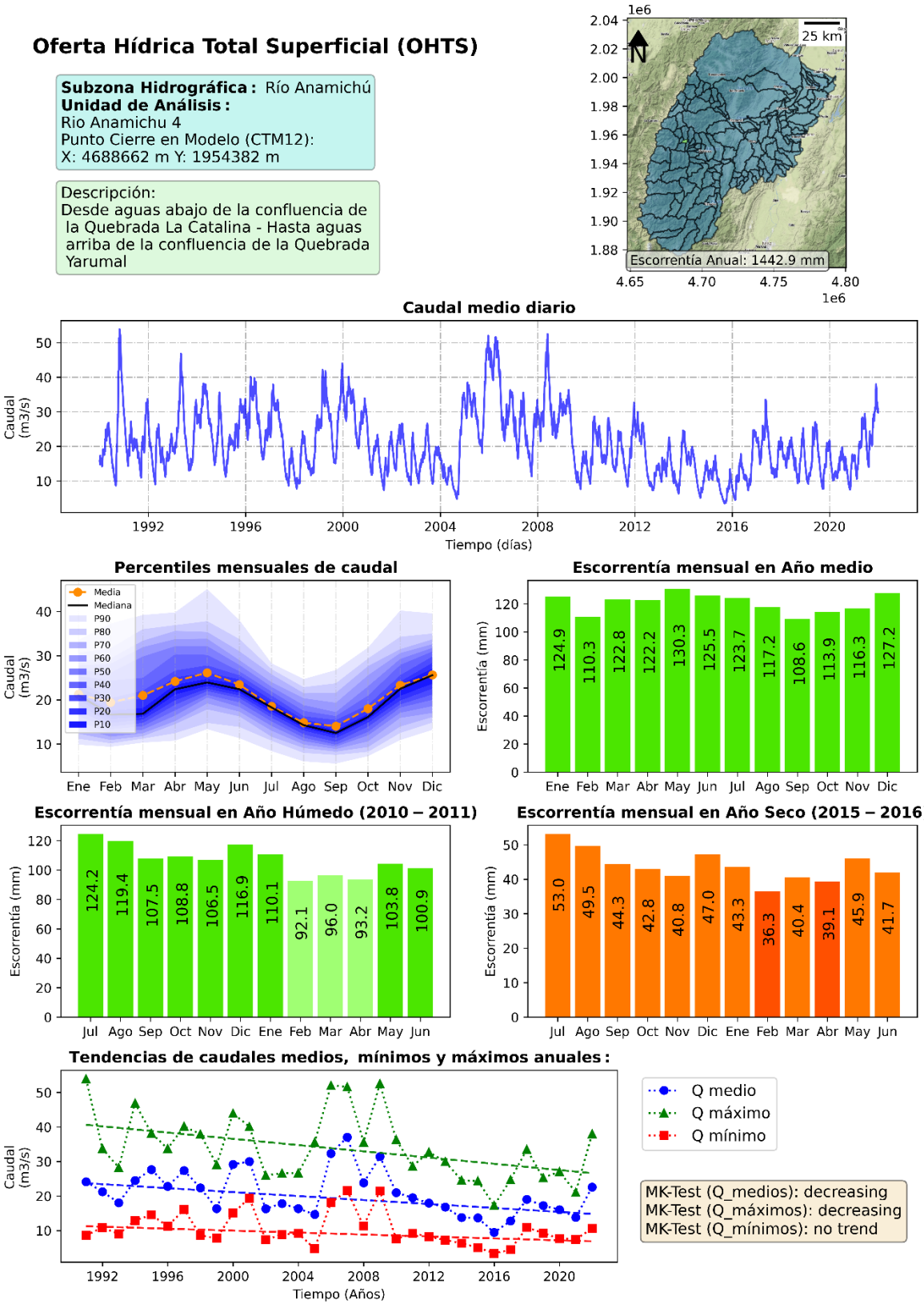


Figura 304. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Anamichú 4

14.17. Unidad de Análisis: Quebrada Catalina

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 64.2, 58.1 y 31.5 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 121.9 % de aumento, un 110.3 % de aumento, y un 59.8 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 37.1, 33.1 y 10.7 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 70.4, 62.8 y 20.4 % con relación al valor medio anual (Figura 305). La escorrentía anual es de 1,661.1 mm, con valores máximos mensuales de 171.9, 155.6, y 84.4 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas a la reducción de los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 306).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
2.13	**1.18**	**0.95**	**1.86**	**1.18**	**0.69**	**0.81**	**0.50**	**0.31**

Tabla 158. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Catalina

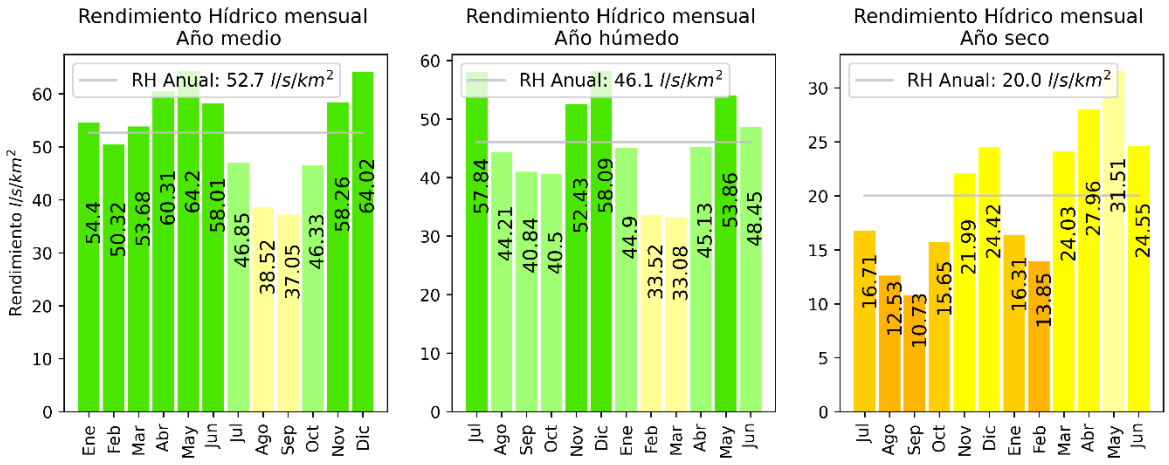


Figura 305. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Catalina

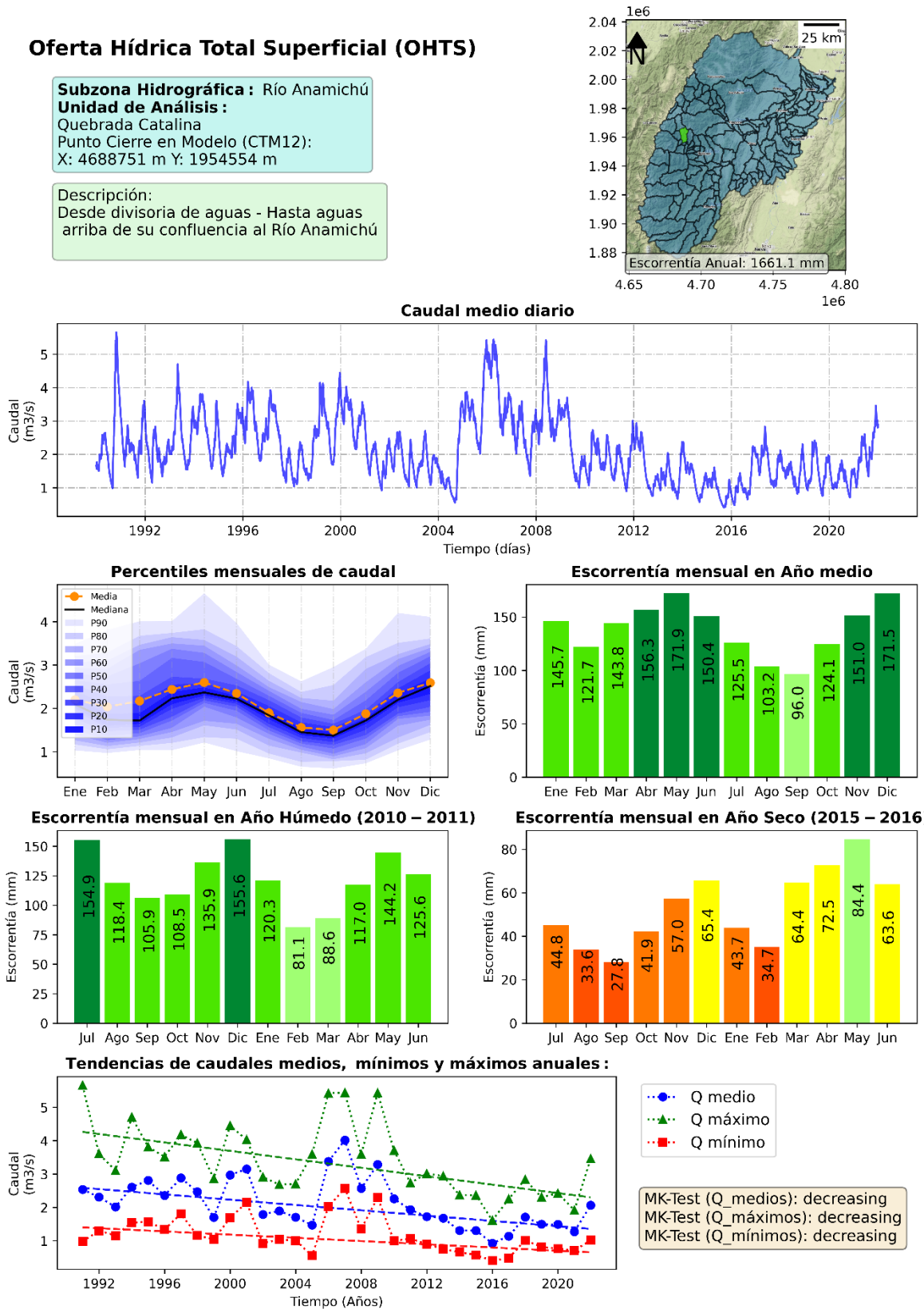


Figura 306. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Catalina

14.18. Unidad de Análisis: Rio Anamichú 3

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 57.0, 53.1 y 24.3 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 110.4 % de aumento, un 102.9 % de aumento, y un 47.1 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 44.2, 39.1 y 17.0 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 85.6, 75.7 y 32.9 % con relación al valor medio anual (Figura 307). La escorrentía anual es de 1,628.6 mm, con valores máximos mensuales de 152.6, 142.3, y 65.2 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas a la reducción de los caudales máximos y medios anuales, y no se presentan tendencias en los caudales mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 308).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
18.43	**10.24**	**8.19**	**17.35**	**10.24**	**7.11**	**7.81**	**3.96**	**3.85**

Tabla 159. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Anamichú 3

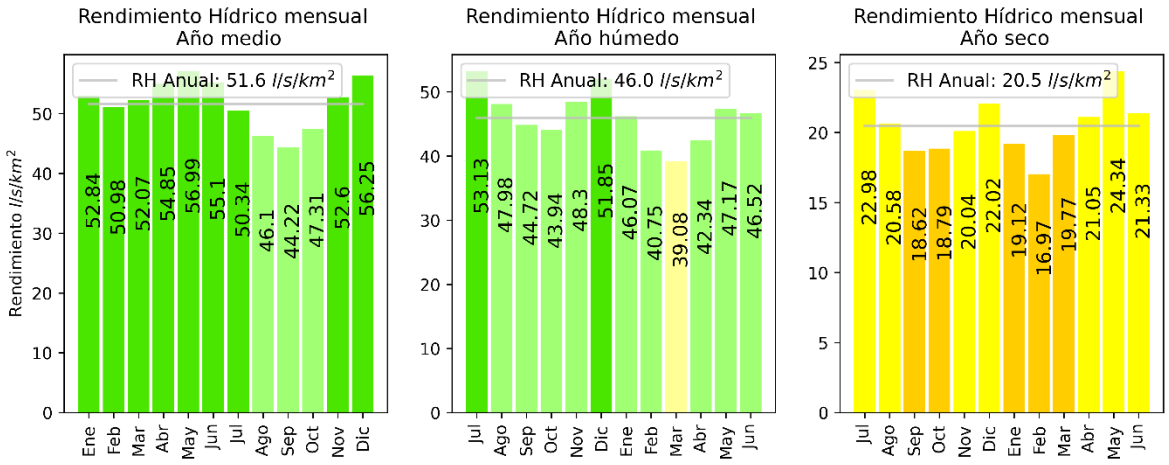


Figura 307. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Anamichú 3

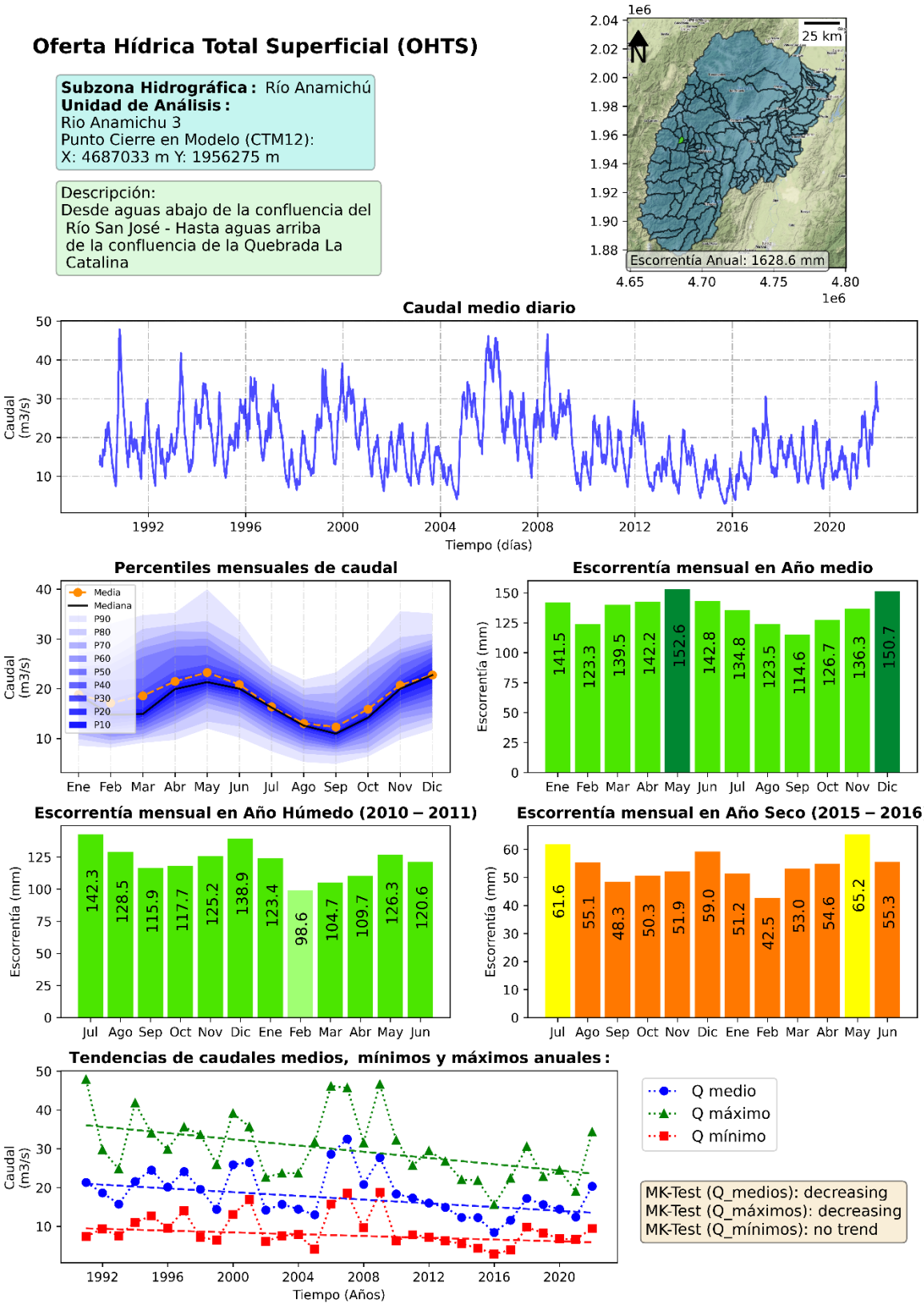


Figura 308. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Anamichú 3

14.19. Unidad de Análisis: Rio San Jose

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 64.1, 62.0 y 39.2 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 126.6 % de aumento, un 122.3 % de aumento, y un 77.4 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 33.1, 31.6 y 7.7 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 65.3, 62.4 y 15.2 % con relación al valor medio anual (Figura 309). La escorrentía anual es de 1,597.8 mm, con valores máximos mensuales de 171.7, 166.0, y 104.9 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas a la reducción de los caudales máximos y medios anuales, y no se presentan tendencias en los caudales mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 310).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
9.13	**4.89**	**4.24**	**8.22**	**4.89**	**3.33**	**3.68**	**1.87**	**1.82**

Tabla 160. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio San Jose

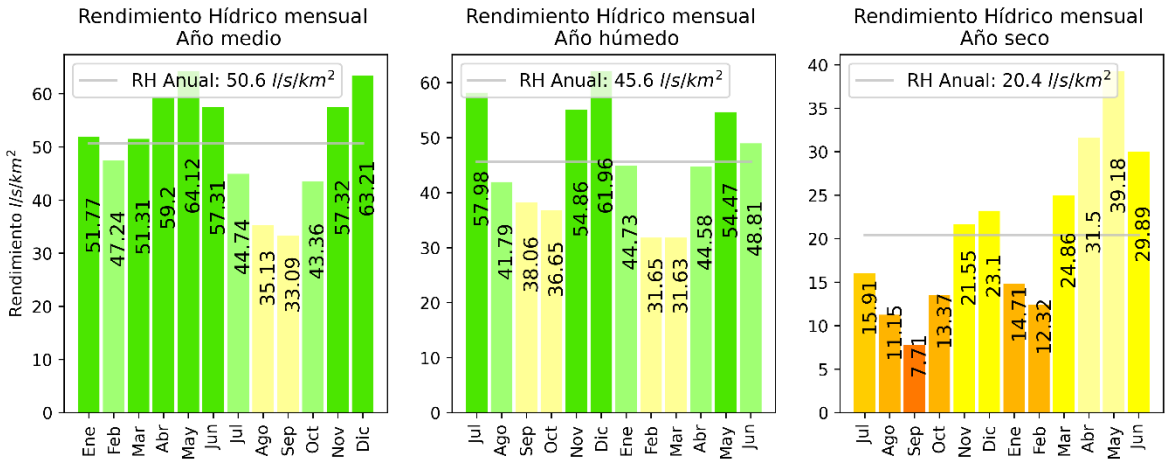


Figura 309. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio San Jose

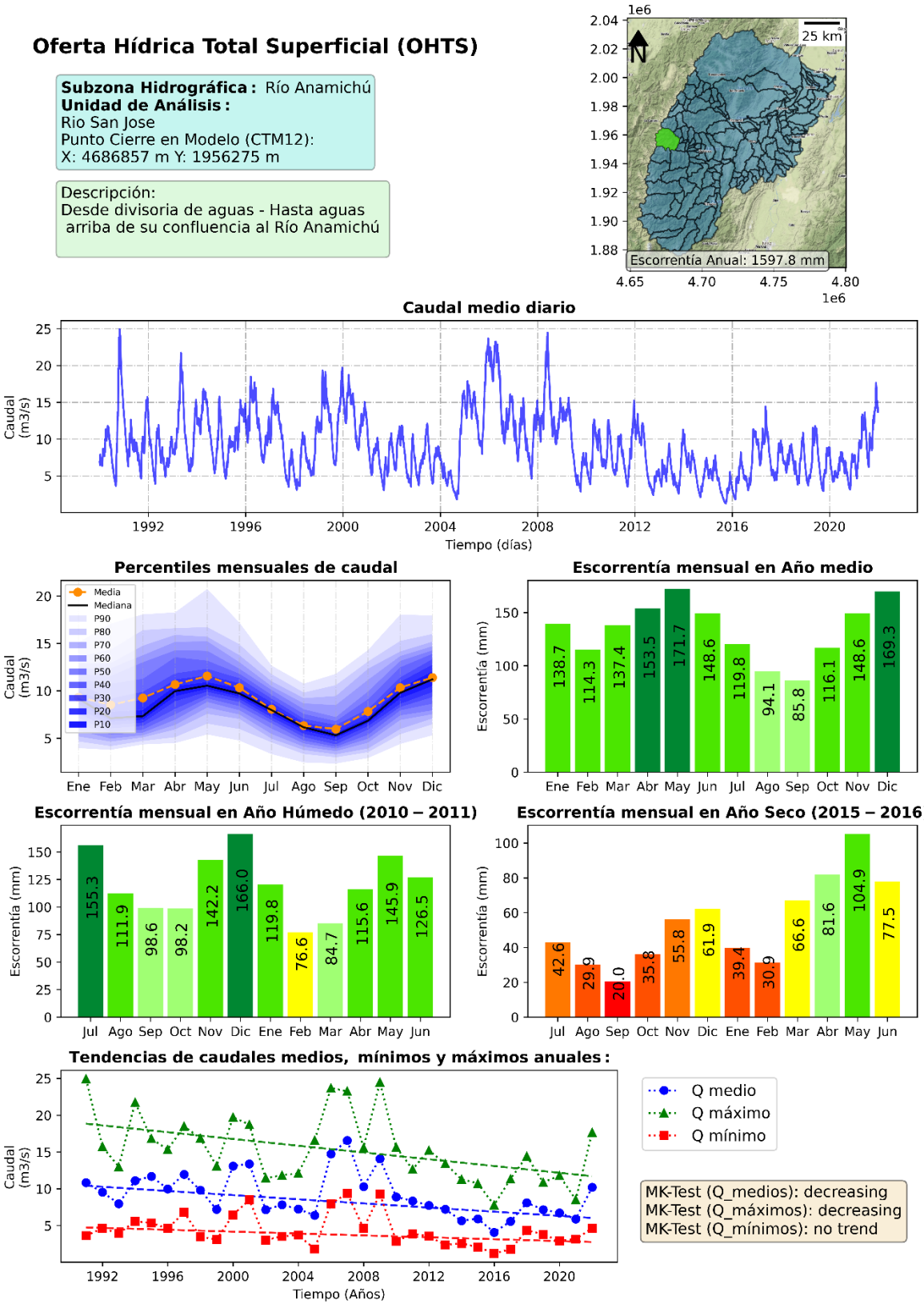


Figura 310. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio San José

14.20. Unidad de Análisis: Rio Anamichú 2

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 63.1, 59.1 y 31.8 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 117.6 % de aumento, un 110.1 % de aumento, y un 59.3 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 41.1, 38.4 y 14.7 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 76.5, 71.6 y 27.3 % con relación al valor medio anual (Figura 311). La escorrentía anual es de 1,693.0 mm, con valores máximos mensuales de 169.1, 158.3, y 85.3 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas a la reducción de los caudales máximos y medios anuales, y no se presentan tendencias en los caudales mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 312).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
8.79	**4.94**	**3.86**	**8.68**	**4.94**	**3.74**	**3.93**	**1.94**	**1.99**

Tabla 161. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Anamichú 2

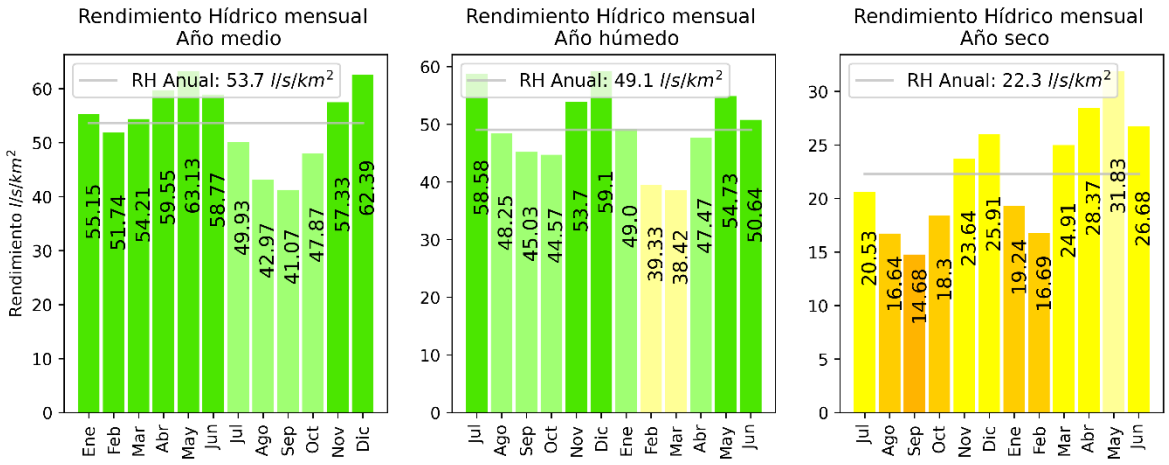


Figura 311. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Anamichú 2

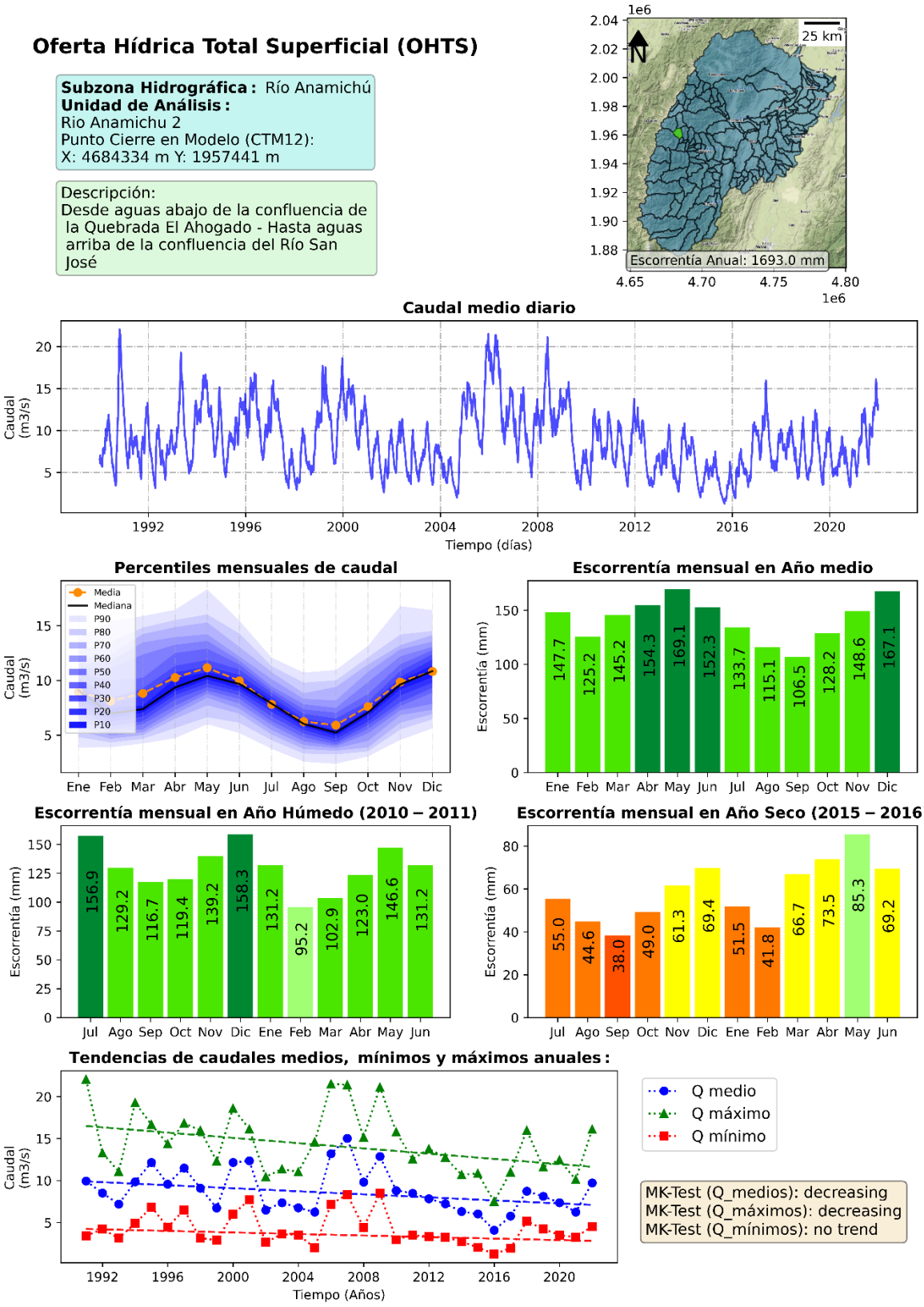


Figura 312. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Anamichú 2

14.21. Unidad de Análisis: Quebrada Ahogado

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 67.9, 70.1 y 43.1 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 129.3 % de aumento, un 133.5 % de aumento, y un 82.2 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 34.2, 37.6 y 8.9 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 65.2, 71.7 y 16.9 % con relación al valor medio anual (Figura 313). La escorrentía anual es de 1,656.8 mm, con valores máximos mensuales de 181.8, 187.8, y 115.6 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 314).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
2.59	**1.41**	**1.18**	**2.62**	**1.41**	**1.21**	**1.18**	**0.53**	**0.65**

Tabla 162. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Ahogado

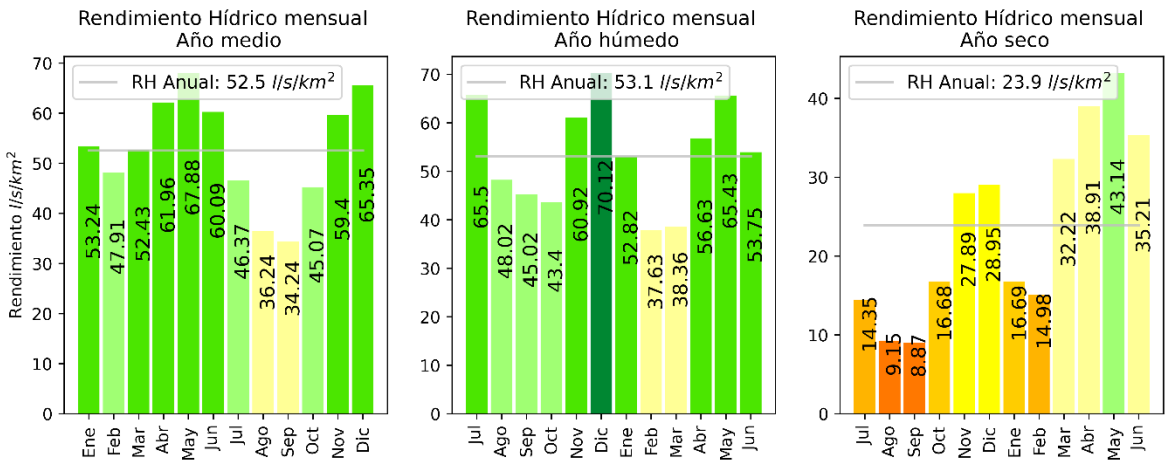


Figura 313. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Ahogado

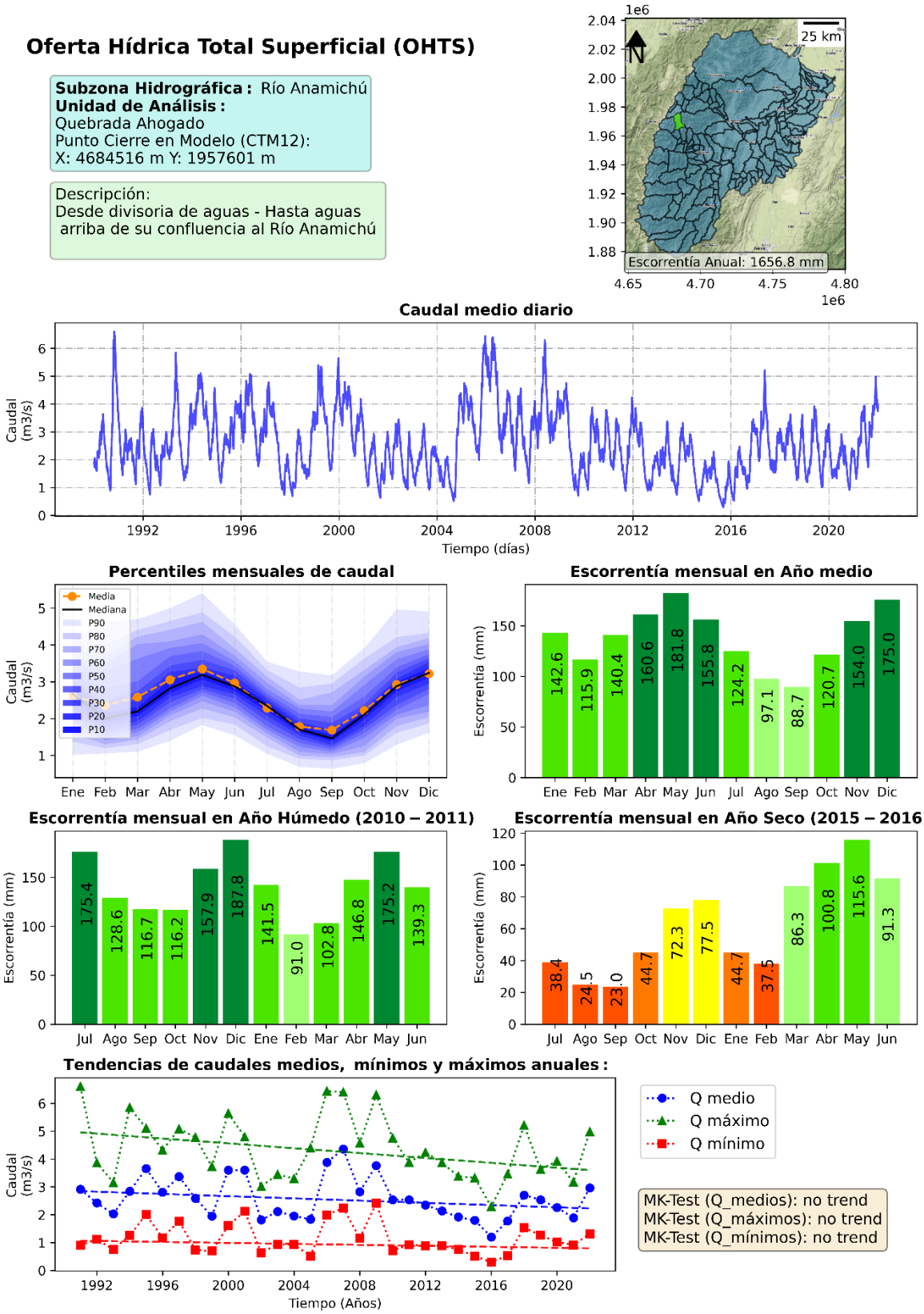


Figura 314. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Ahogado

14.22. Unidad de Análisis: Rio Anamichú 1

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 68.0, 69.6 y 42.7 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 128.6 % de aumento, un 131.6 % de aumento, y un 80.8 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 34.5, 37.3 y 8.9 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 65.2, 70.5 y 16.9 % con relación al valor medio anual (Figura 315). La escorrentía anual es de 1,667.6 mm, con valores máximos mensuales de 182.1, 186.4, y 114.3 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 316).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
4.62	**2.52**	**2.10**	**4.61**	**2.52**	**2.09**	**2.09**	**0.94**	**1.15**

Tabla 163. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Anamichú 1

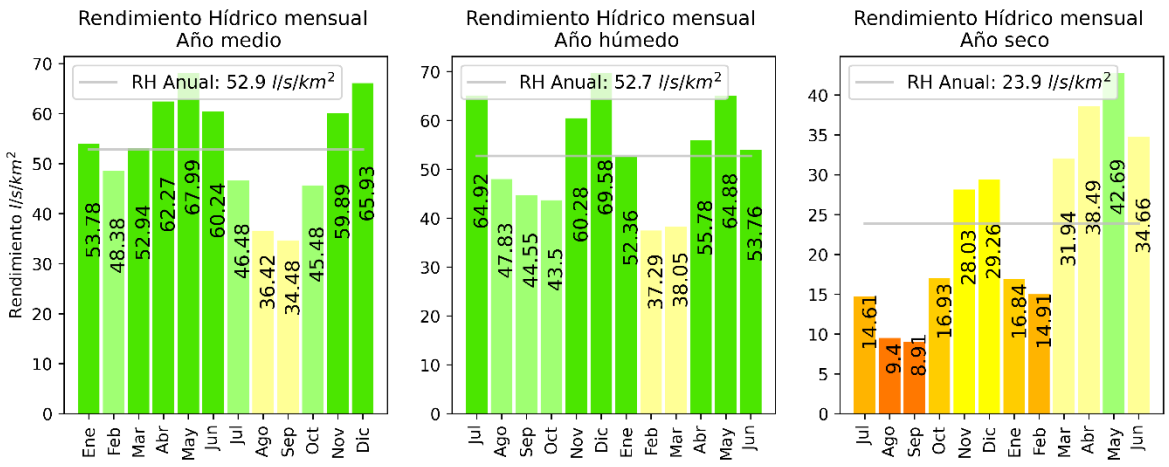


Figura 315. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Anamichú 1

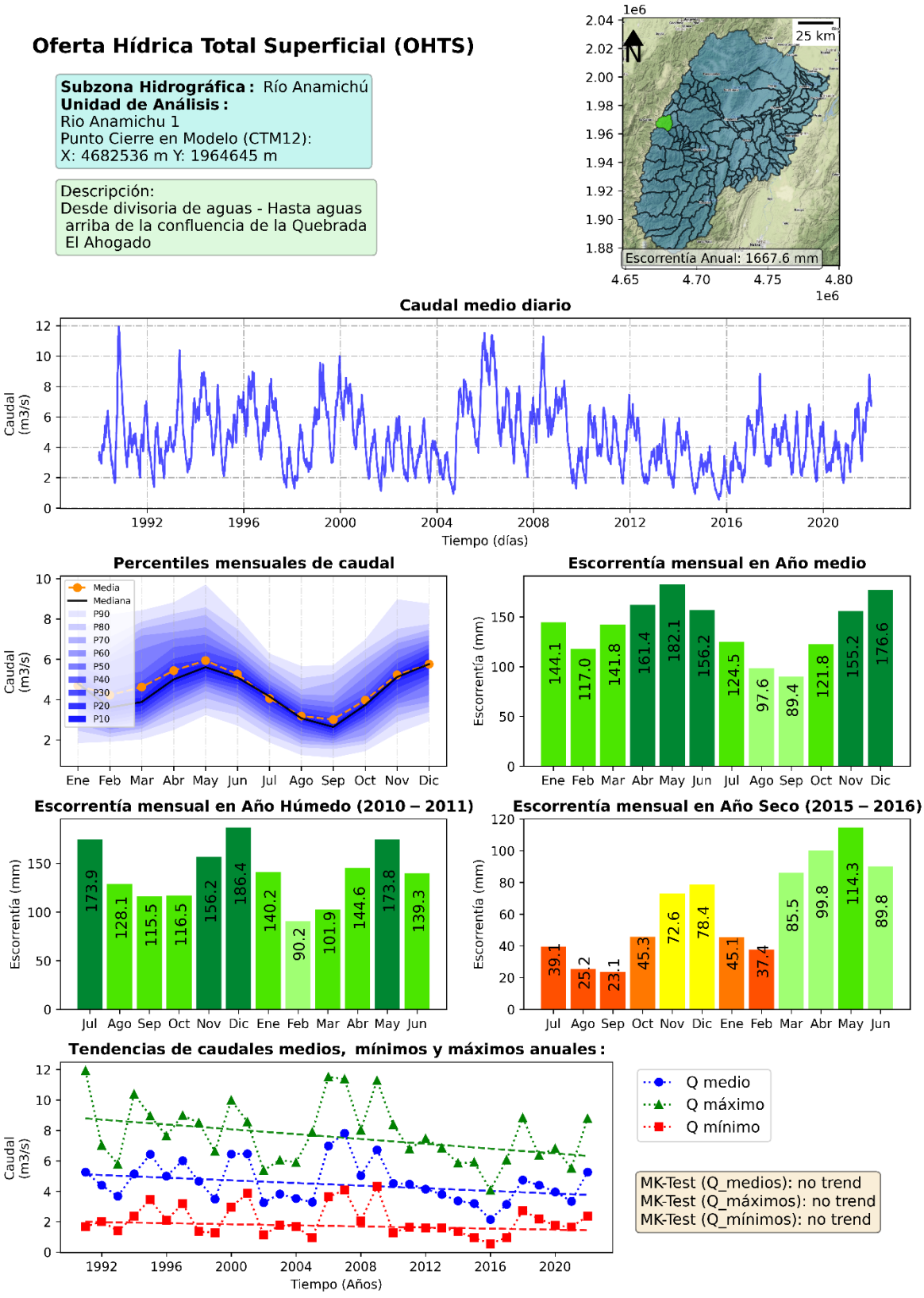


Figura 316. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Anamichú 1

15. OHTS y OHTD en la Subzona Hidrográfica Cambrín

15.1. Unidad de Análisis: Rio Cambrín 2

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 43.9, 54.4 y 33.8 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 133.3 % de aumento, un 165.1 % de aumento, y un 102.6 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 19.0, 21.3 y 8.1 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 57.7, 64.8 y 24.6 % con relación al valor medio anual (Figura 317). La escorrentía anual es de 1,039.0 mm, con valores máximos mensuales de 117.6, 145.6, y 90.5 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas a la reducción de los caudales medios anuales, y no se identifican tendencias en los caudales máximos y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 318).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
25.08	**13.63**	**11.45**	**26.86**	**13.63**	**13.23**	**11.61**	**5.93**	**5.68**

Tabla 164. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Cambrín 2

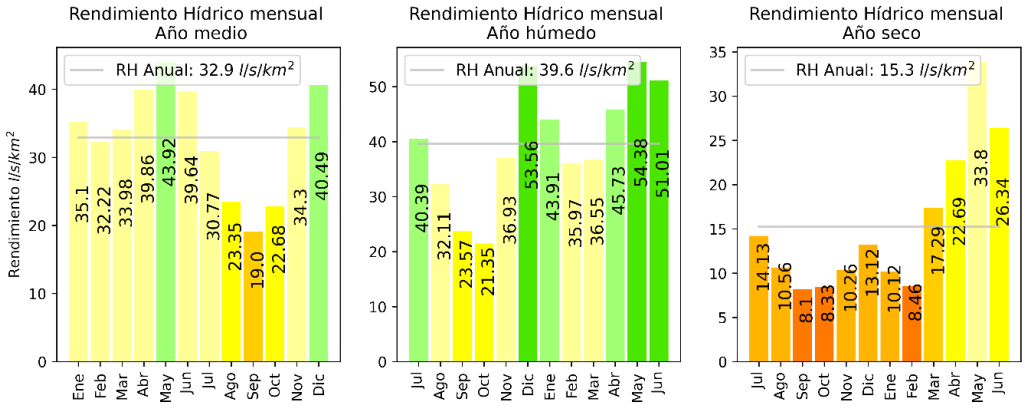


Figura 317. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Cambrín 2

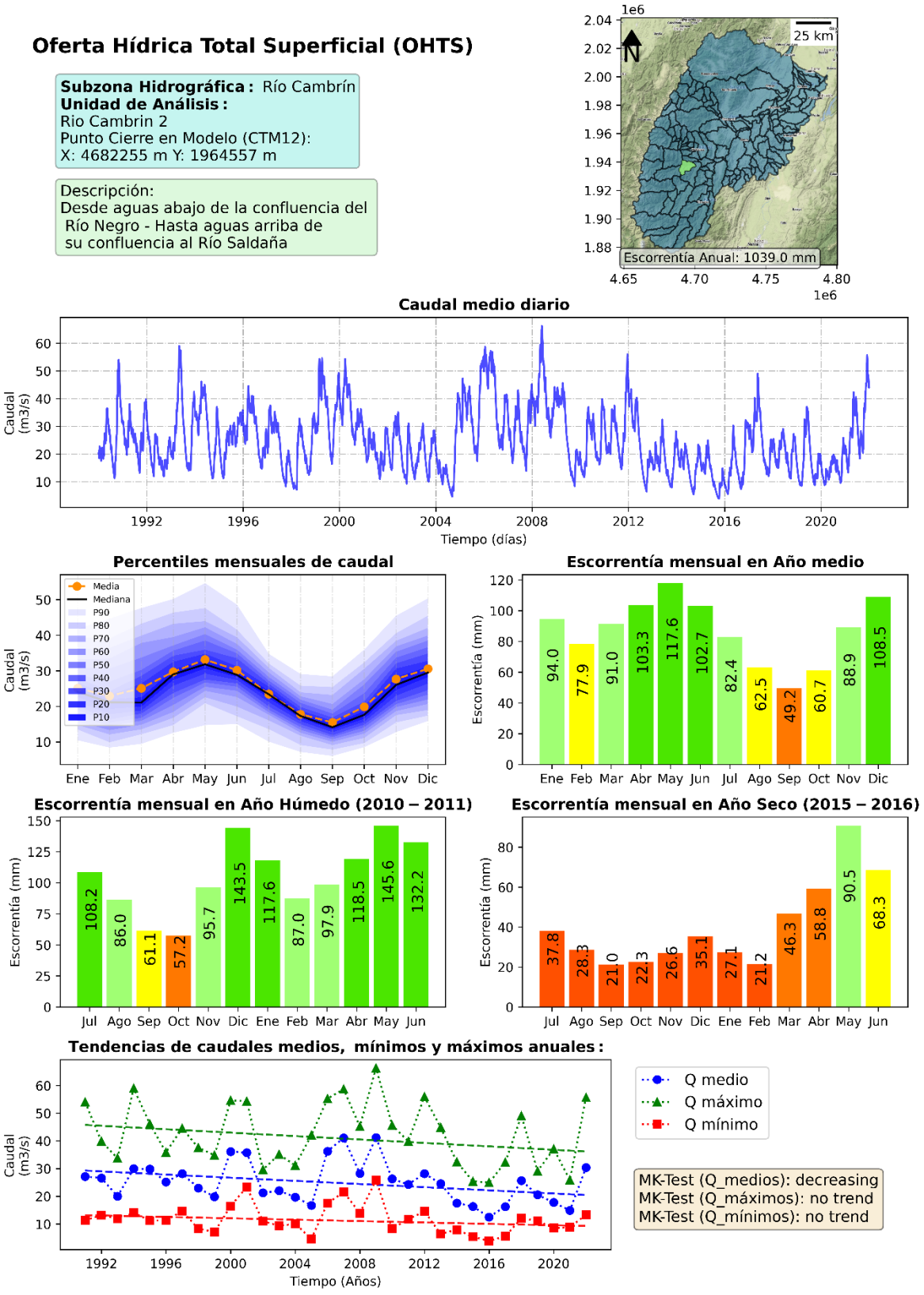


Figura 318. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Cambrín 2

15.2. Unidad de Análisis: Rio Negro Cambrín

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 41.7, 50.1 y 37.7 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 131.8 % de aumento, un 158.6 % de aumento, y un 119.4 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 21.7, 24.7 y 7.8 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 68.6, 78.1 y 24.6 % con relación al valor medio anual (Figura 319). La escorrentía anual es de 997.7 mm, con valores máximos mensuales de 111.6, 134.3, y 101.1 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 320).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
4.28	**2.49**	**1.79**	**5.05**	**2.49**	**2.55**	**2.17**	**1.13**	**1.05**

Tabla 165. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Negro Cambrín

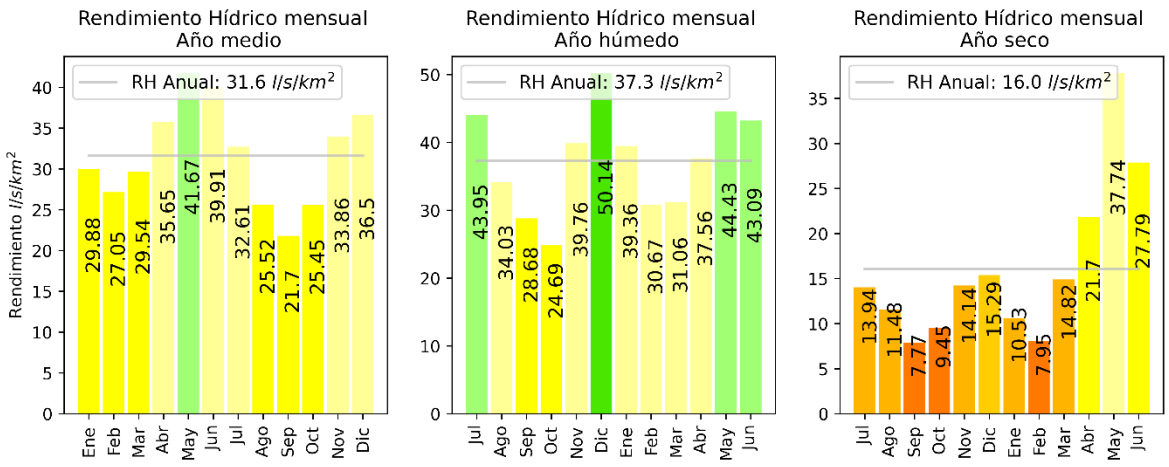


Figura 319. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Negro Cambrín

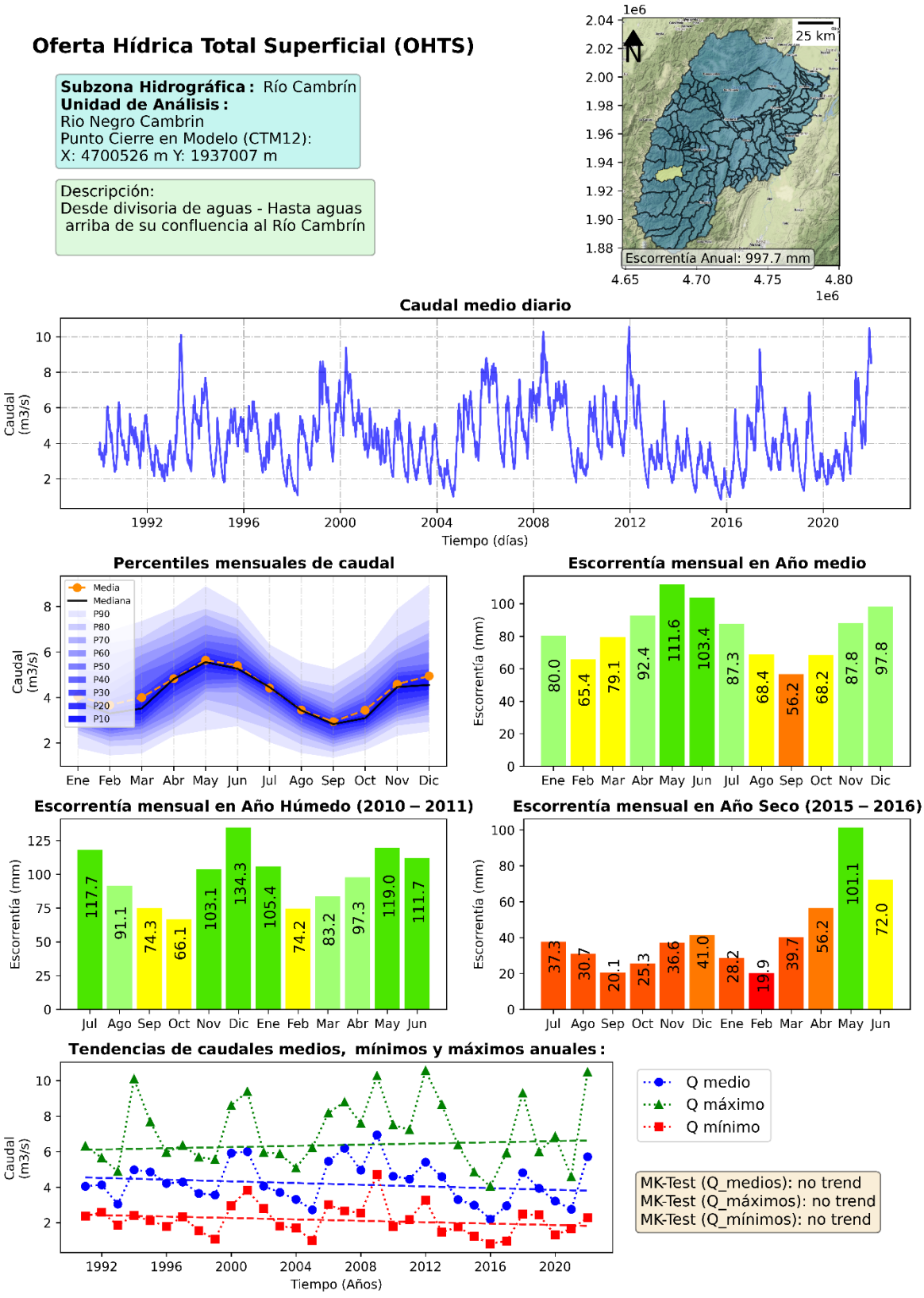


Figura 320. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Negro Cambrín

15.3. Unidad de Análisis: Rio Cambrín 1

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 49.6, 49.2 y 29.8 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 127.9 % de aumento, un 126.9 % de aumento, y un 76.9 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 25.0, 25.4 y 7.3 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 64.5, 65.5 y 18.8 % con relación al valor medio anual (Figura 321). La escorrentía anual es de 1,223.1 mm, con valores máximos mensuales de 132.8, 131.8, y 79.8 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas a la reducción de los caudales medios anuales, y no se identifican tendencias en los caudales máximos y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 322).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
18.67	**9.93**	**8.74**	**19.26**	**9.93**	**9.33**	**8.45**	**4.24**	**4.21**

Tabla 166. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Cambrín 1

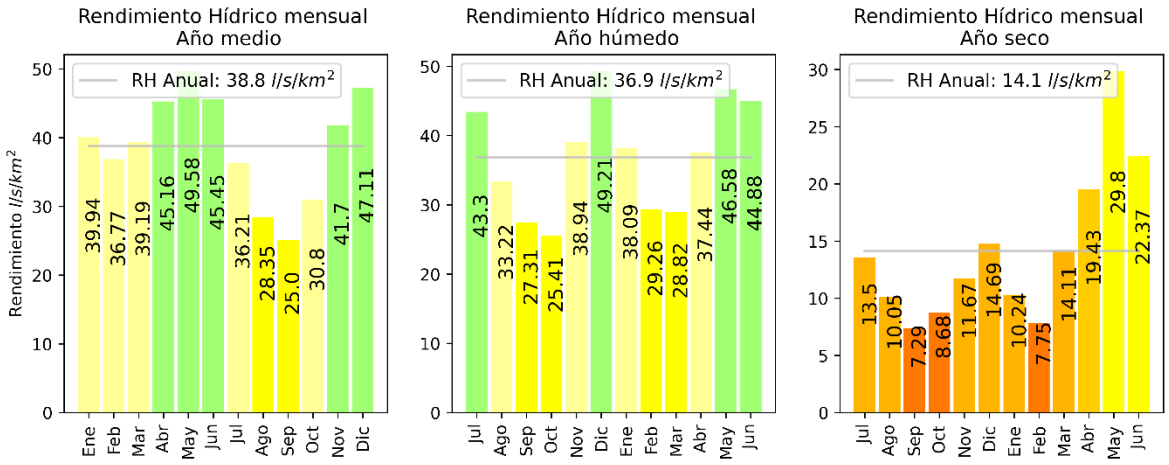


Figura 321. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Cambrín 1

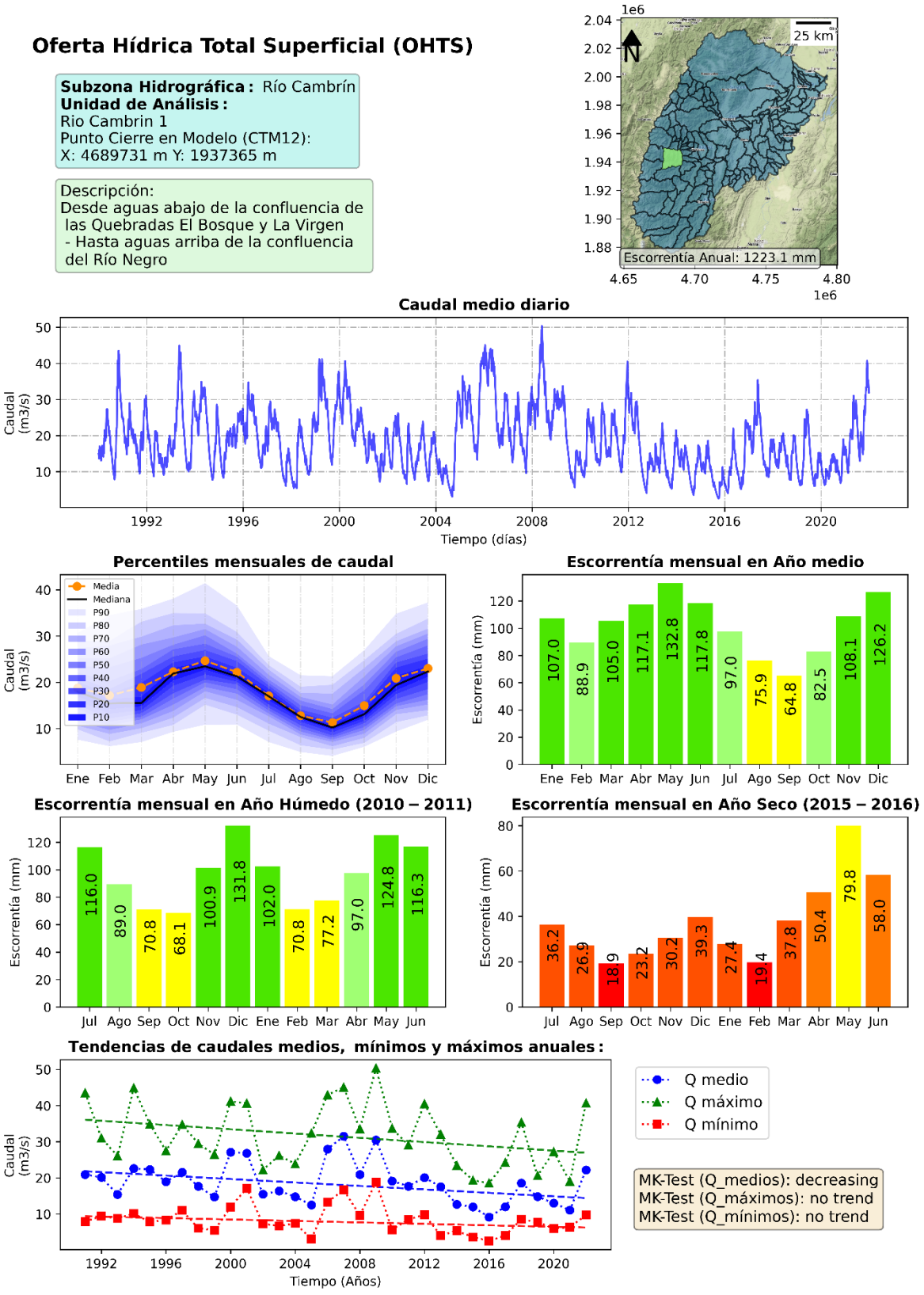


Figura 322. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Cambrín 1

15.4. Unidad de Análisis: Quebrada Virgen

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 54.9, 63.7 y 49.7 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 135.4 % de aumento, un 156.9 % de aumento, y un 122.5 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 24.0, 28.7 y 6.9 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 59.2, 70.9 y 17.1 % con relación al valor medio anual (Figura 323). La escorrentía anual es de 1,279.8 mm, con valores máximos mensuales de 147.1, 170.5, y 133.1 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 324).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
6.84	**3.76**	**3.09**	**7.69**	**3.76**	**3.93**	**3.63**	**1.74**	**1.89**

Tabla 167. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Virgen

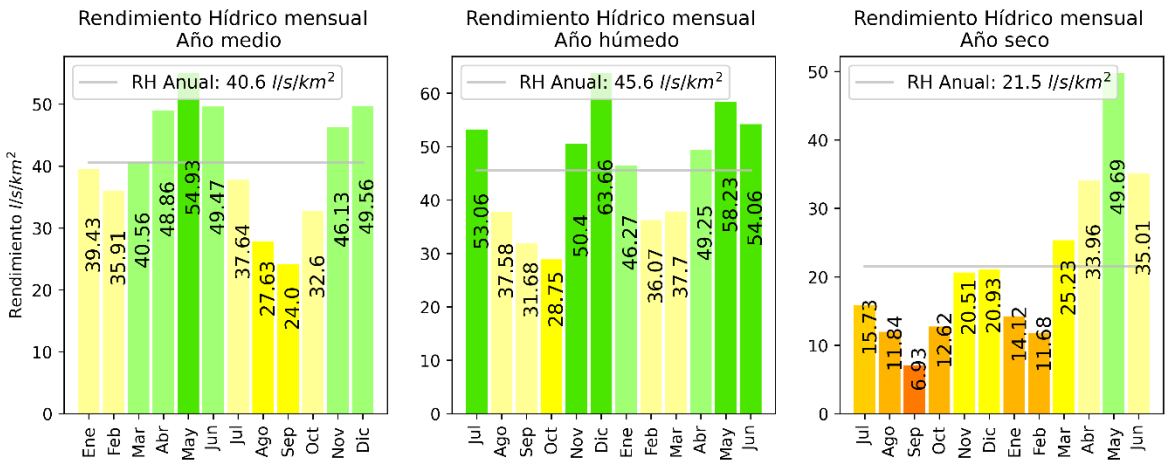


Figura 323. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Virgen

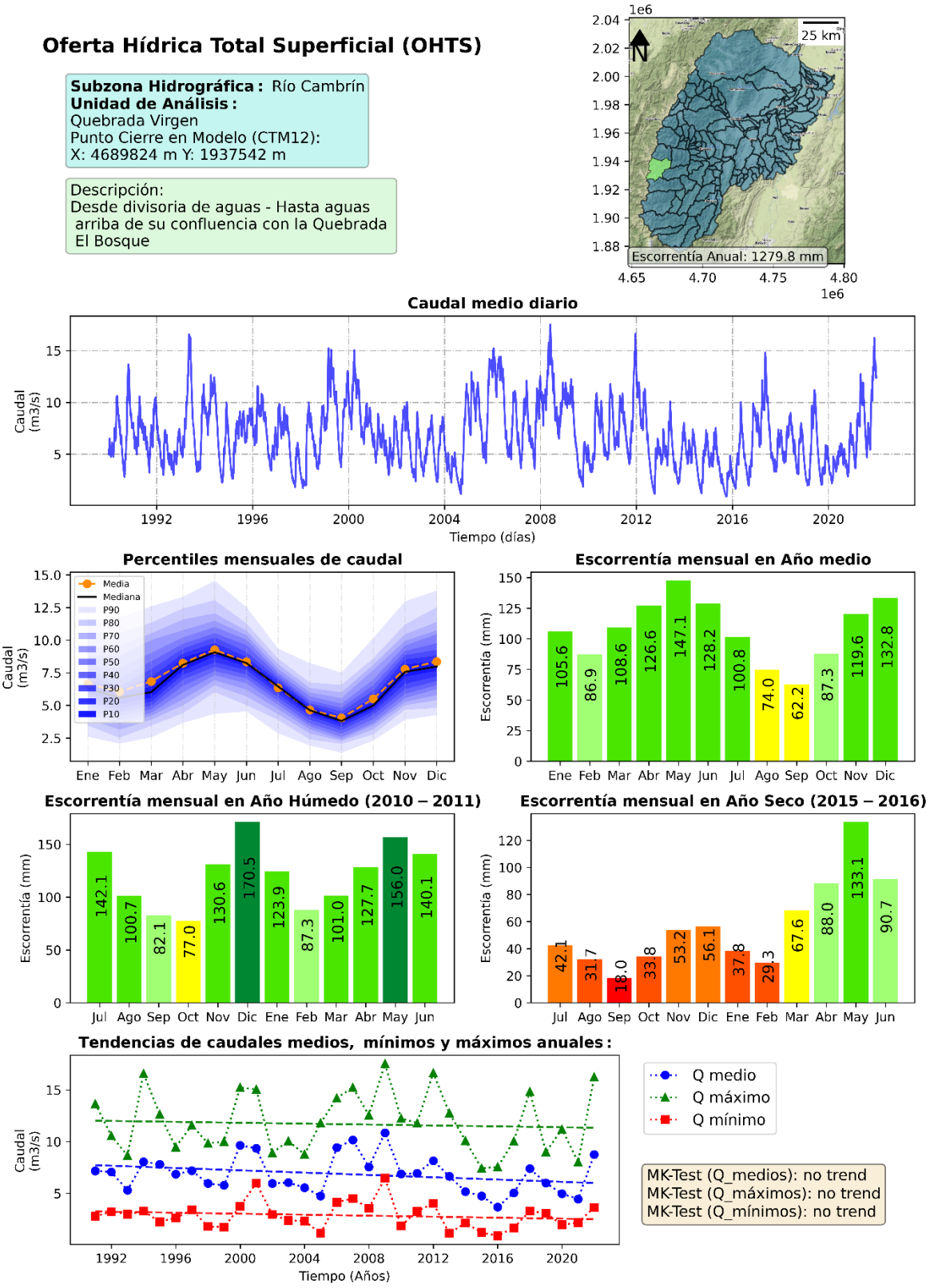


Figura 324. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Virgen

15.5. Unidad de Análisis: Quebrada Bosque

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 59.2, 62.9 y 44.5 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 132.7 % de aumento, un 141.2 % de aumento, y un 99.8 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 25.8, 29.8 y 6.3 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 57.9, 66.9 y 14.1 % con relación al valor medio anual (Figura 325). La escorrentía anual es de 1,406.5 mm, con valores máximos mensuales de 158.5, 168.6, y 119.2 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas a la reducción de los caudales máximos y medios anuales, y no se presentan tendencias en los caudales mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 326).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
5.60	**2.90**	**2.69**	**5.65**	**2.90**	**2.74**	**2.55**	**1.23**	**1.32**

Tabla 168. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Bosque

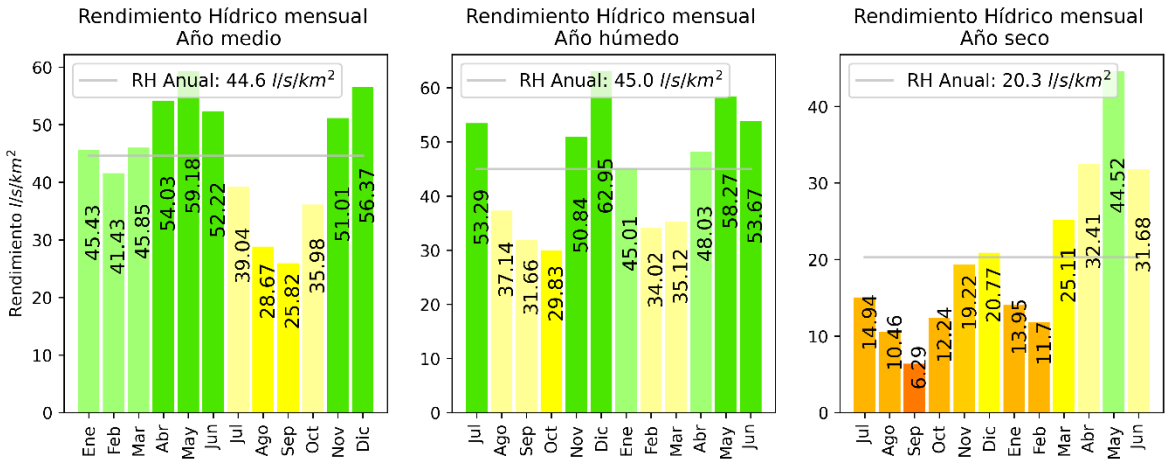


Figura 325. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Bosque

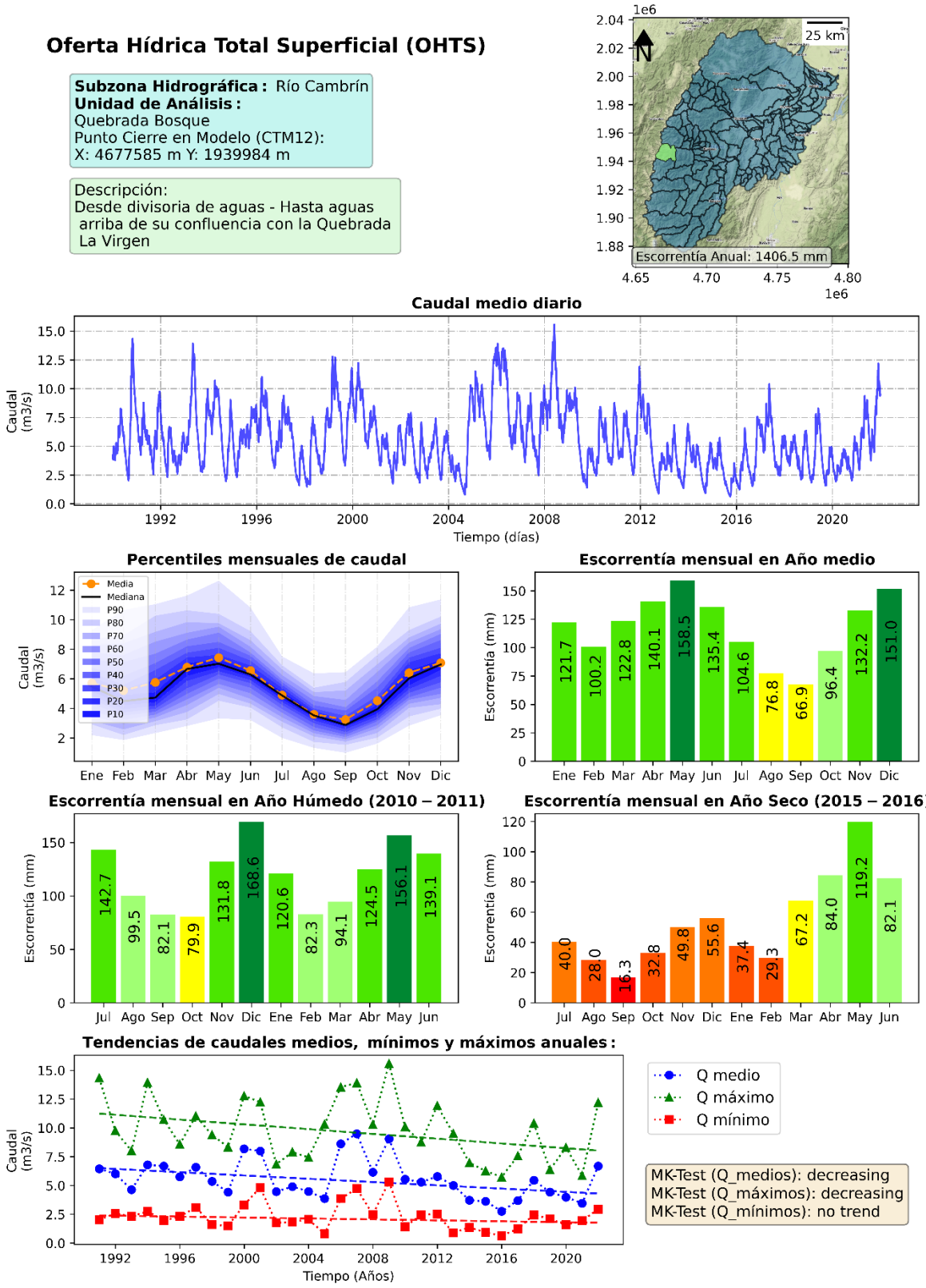


Figura 326. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Bosque

16. OHTS y OHTD en la Subzona Hidrográfica Atá

16.1. Unidad de Análisis: Rio Atá 8

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 48.7, 91.6 y 43.3 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 127.3 % de aumento, un 239.4 % de aumento, y un 113.2 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 23.6, 29.3 y 16.9 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 61.7, 76.6 y 44.2 % con relación al valor medio anual (Figura 327). La escorrentía anual es de 1,206.1 mm, con valores máximos mensuales de 126.8, 237.4, y 115.3 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 328).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
55.17	**32.07**	**23.10**	**87.23**	**32.07**	**55.16**	**31.55**	**16.92**	**14.62**

Tabla 169. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Atá 8

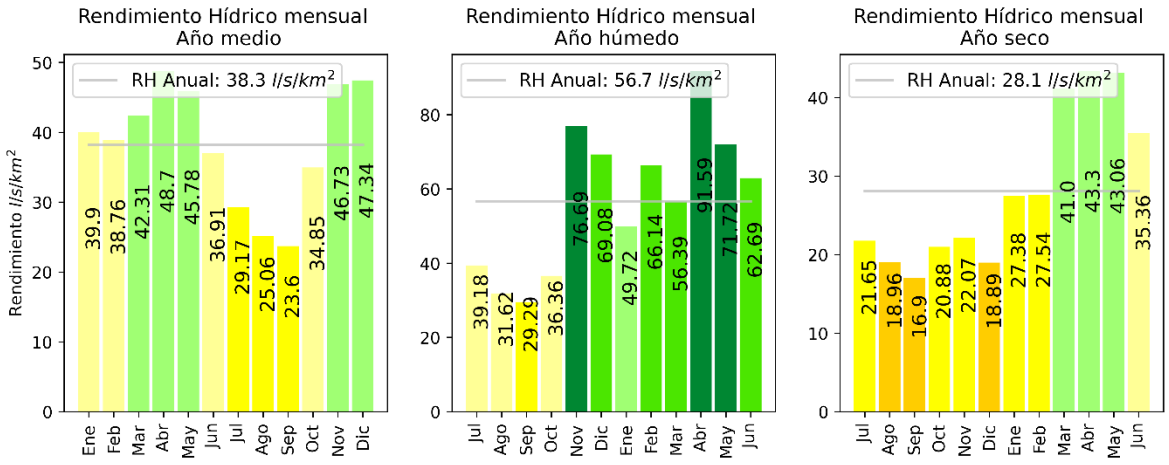


Figura 327. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Atá 8

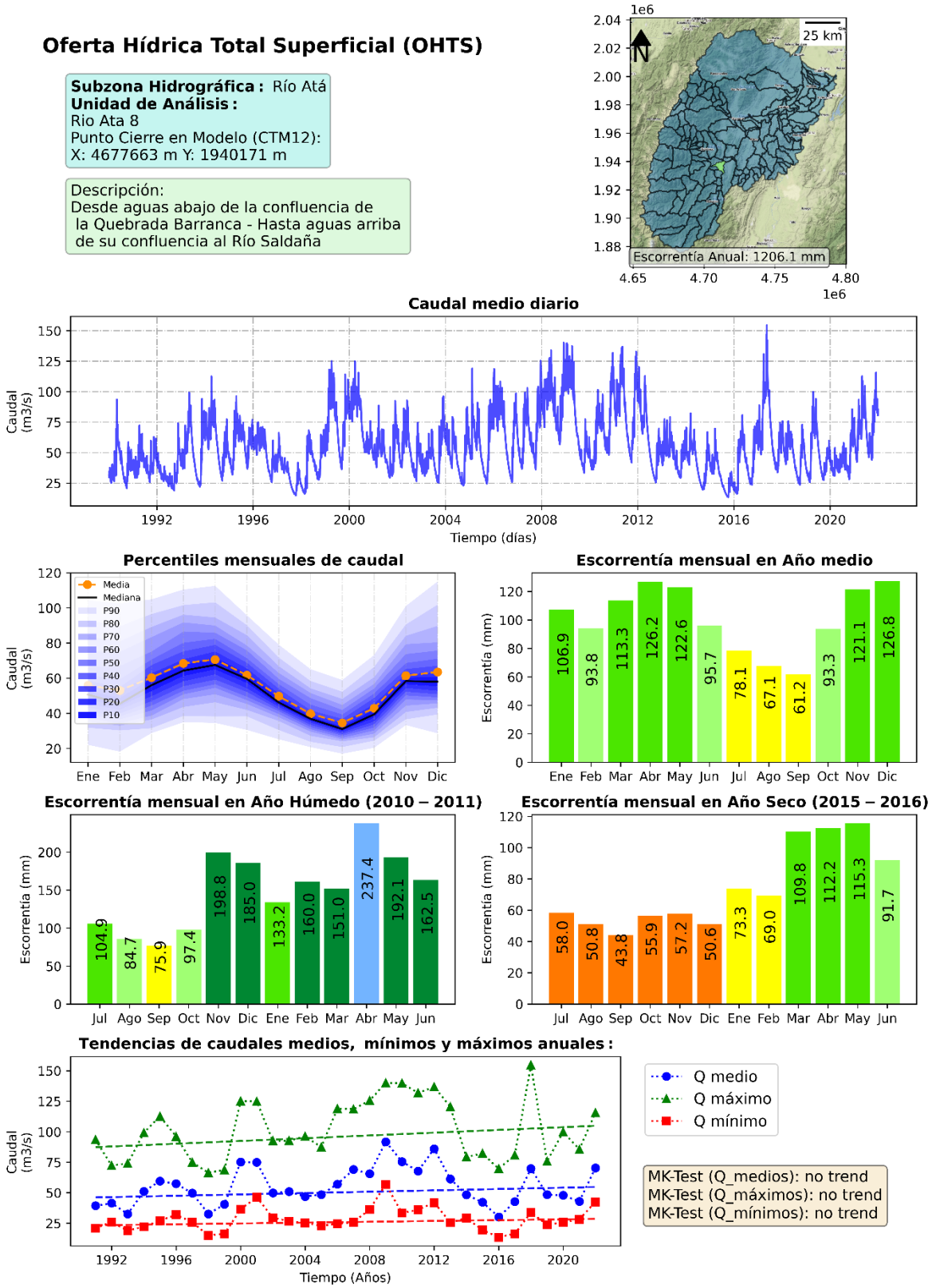


Figura 328. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Atá 8

16.2. Unidad de Análisis: Quebrada Barranca

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 55.1, 94.1 y 54.0 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 135.3 % de aumento, un 231.0 % de aumento, y un 132.6 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 19.5, 25.7 y 10.5 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 47.8, 63.2 y 25.9 % con relación al valor medio anual (Figura 329). La escorrentía anual es de 1,284.1 mm, con valores máximos mensuales de 147.7, 252.1, y 144.7 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 330).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
0.62	**0.31**	**0.31**	**0.94**	**0.31**	**0.63**	**0.40**	**0.19**	**0.20**

Tabla 170. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Barranca

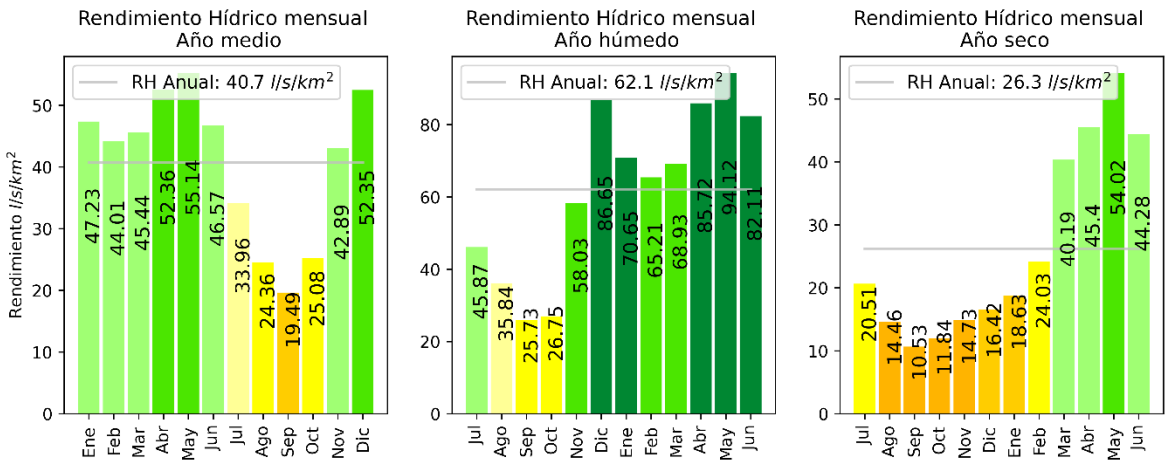


Figura 329. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Barranca

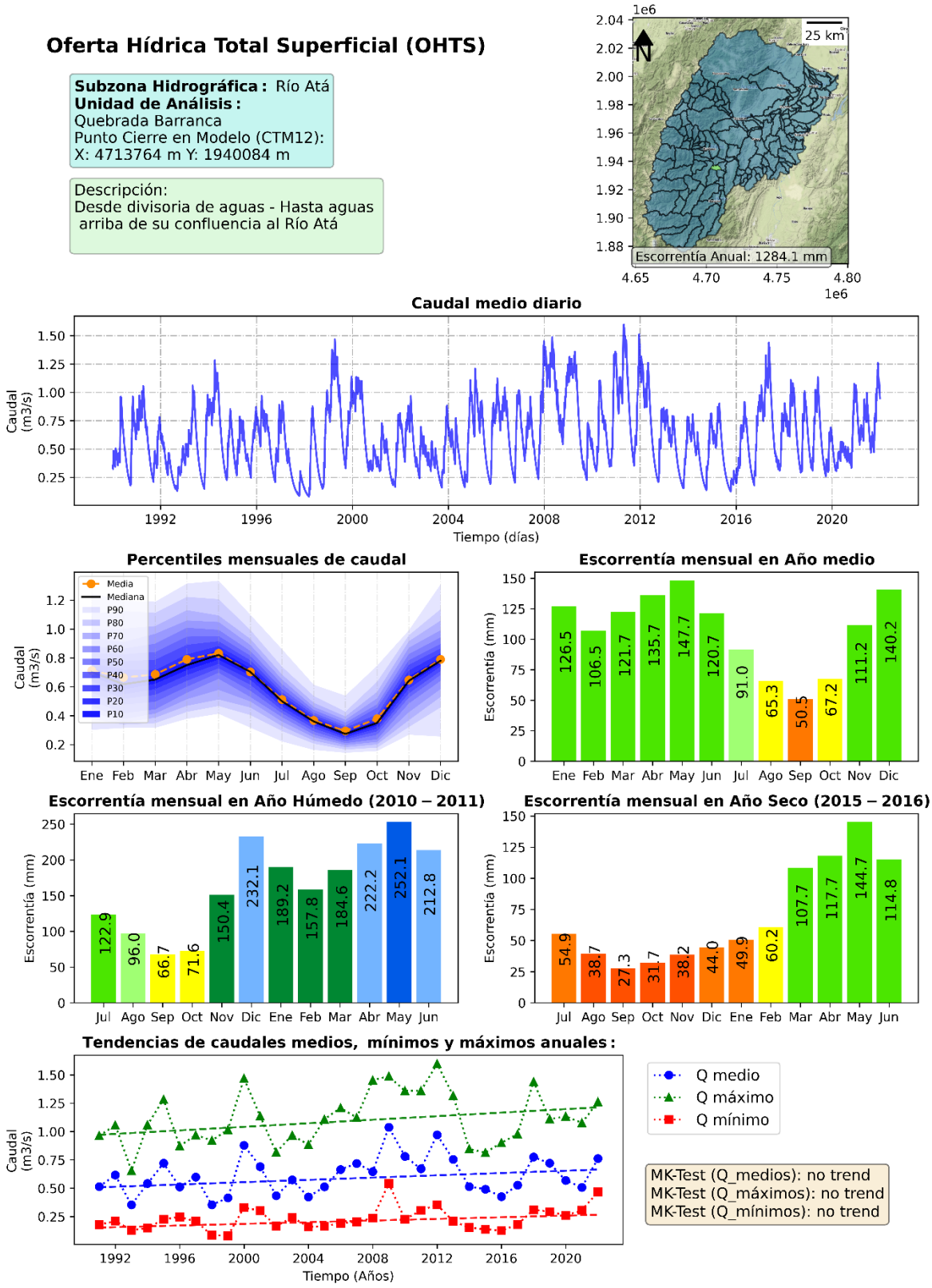


Figura 330. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Barranca

16.3. Unidad de Análisis: Rio Atá 7

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 59.4, 106.2 y 58.8 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 133.8 % de aumento, un 239.2 % de aumento, y un 132.4 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 21.8, 28.5 y 14.0 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 49.1, 64.1 y 31.5 % con relación al valor medio anual (Figura 331). La escorrentía anual es de 1,399.0 mm, con valores máximos mensuales de 154.4, 275.2, y 157.4 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 332).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
53.39	**30.95**	**22.44**	**84.57**	**30.95**	**53.62**	**30.30**	**16.00**	**14.30**

Tabla 171. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Atá 7

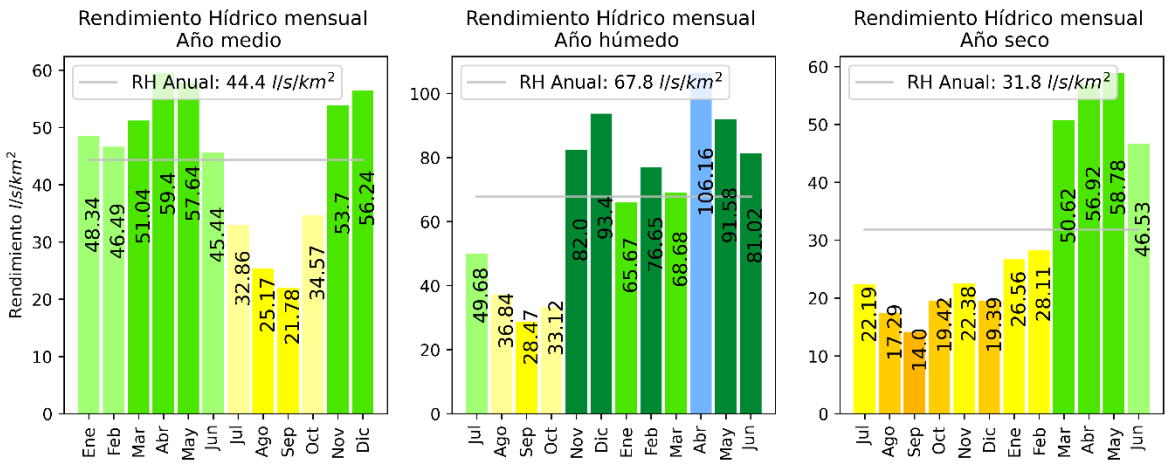


Figura 331. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Atá 7

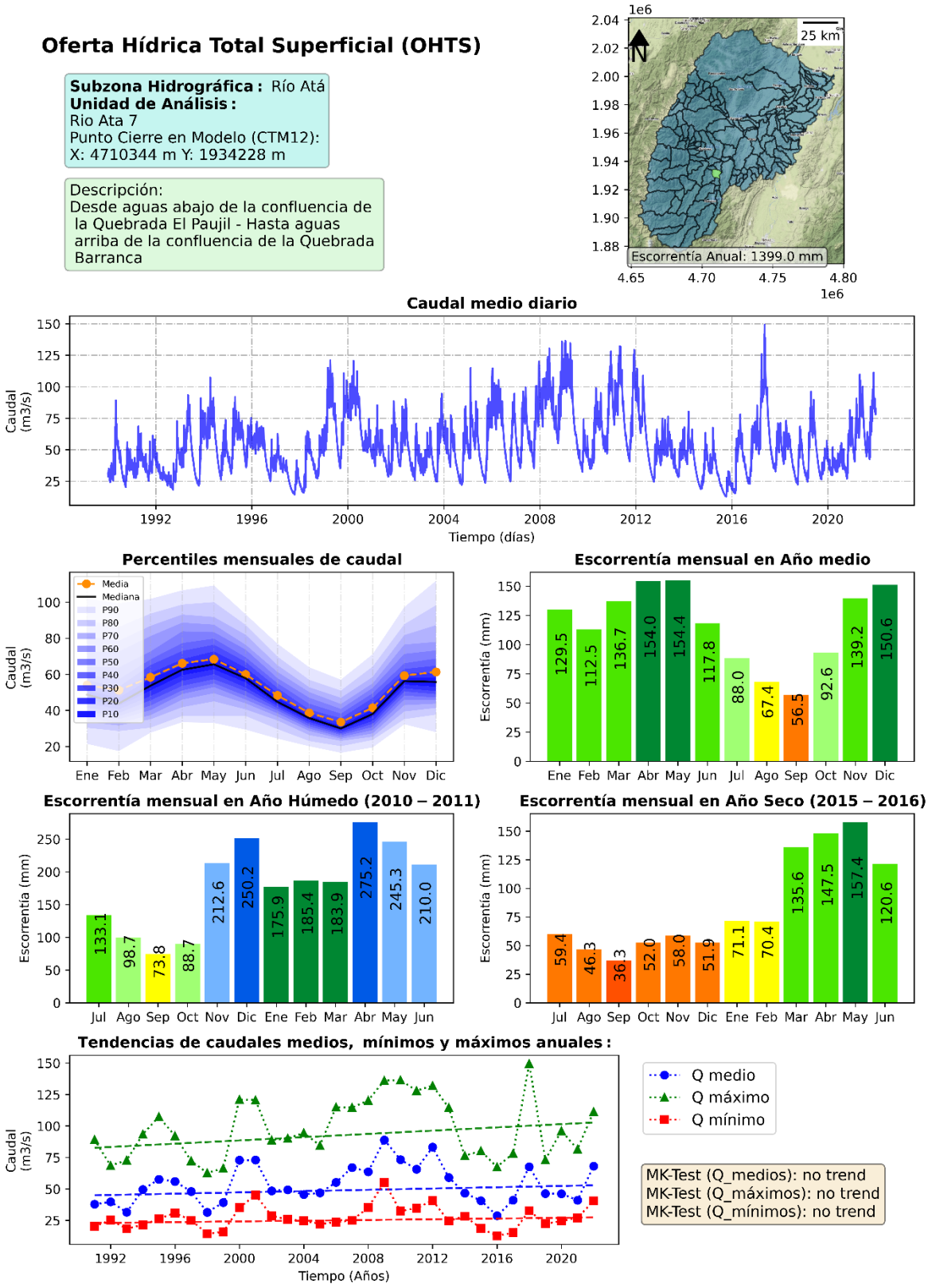


Figura 332. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Atá 7

16.4. Unidad de Análisis: Quebrada Paujil

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 52.8, 86.7 y 50.1 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 134.0 % de aumento, un 220.1 % de aumento, y un 127.2 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 20.5, 27.8 y 12.2 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 52.1, 70.6 y 31.0 % con relación al valor medio anual (Figura 333). La escorrentía anual es de 1,241.1 mm, con valores máximos mensuales de 141.3, 232.1, y 134.2 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 334).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
2.86	**1.40**	**1.46**	**4.37**	**1.40**	**2.96**	**1.87**	**1.08**	**0.78**

Tabla 172. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Paujil

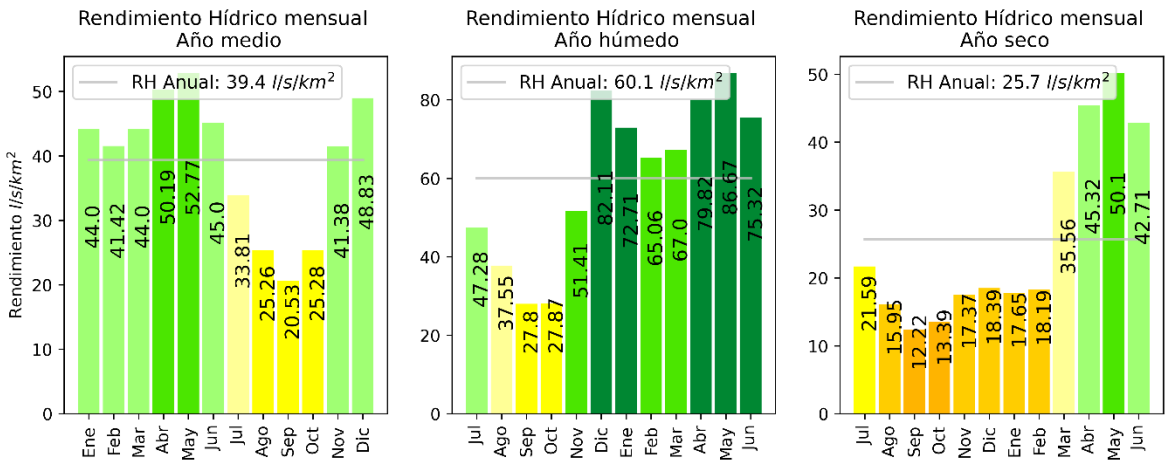


Figura 333. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Paujil

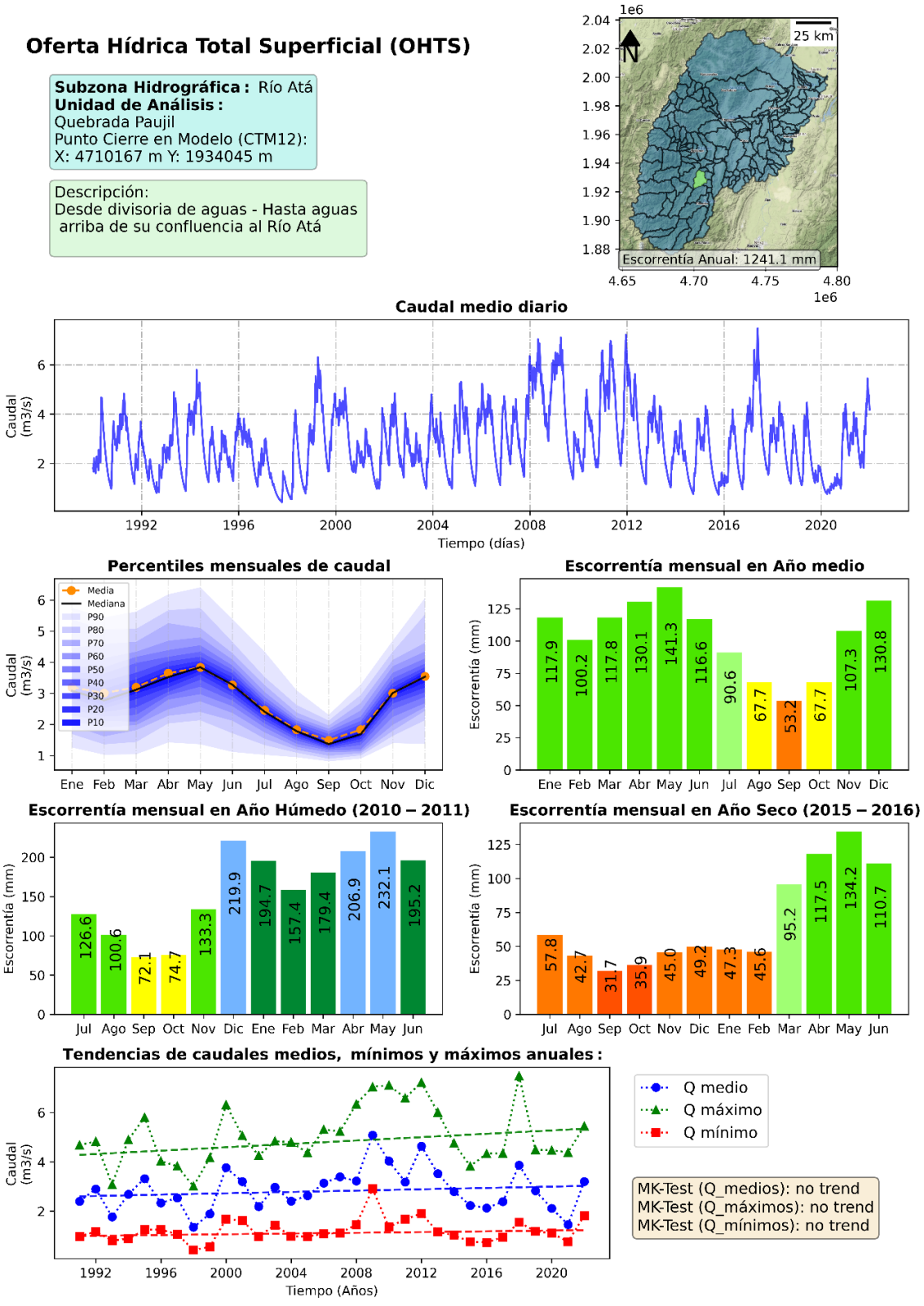


Figura 334. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Paujil

16.5. Unidad de Análisis: Rio Atá 6

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 53.1, 97.8 y 58.9 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 144.7 % de aumento, un 266.3 % de aumento, y un 160.5 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 16.5, 22.3 y 8.1 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 44.9, 60.8 y 22.0 % con relación al valor medio anual (Figura 335). La escorrentía anual es de 1,156.6 mm, con valores máximos mensuales de 137.7, 259.5, y 152.7 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 336).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
49.27	**28.60**	**20.67**	**78.28**	**28.60**	**49.68**	**27.52**	**14.19**	**13.33**

Tabla 173. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Atá 6

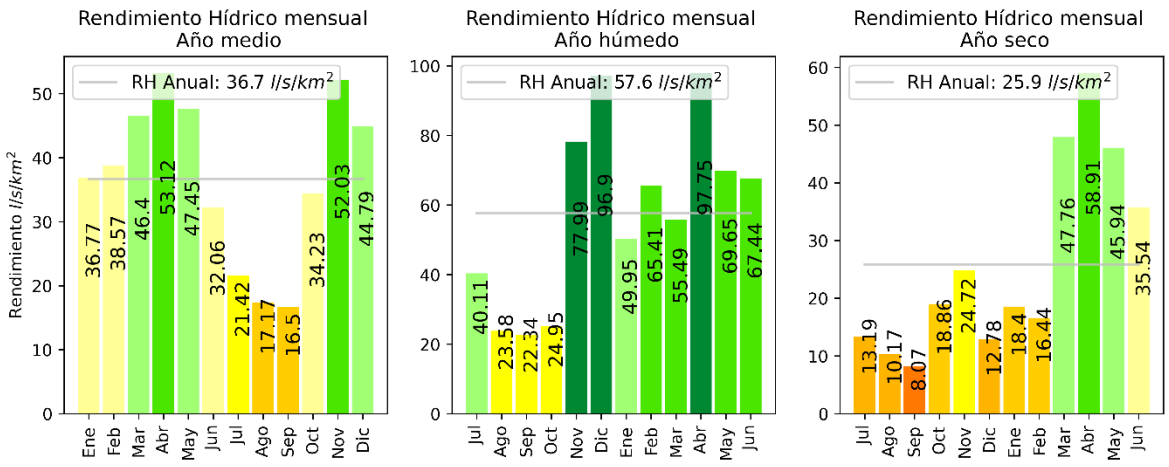


Figura 335. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Atá 6

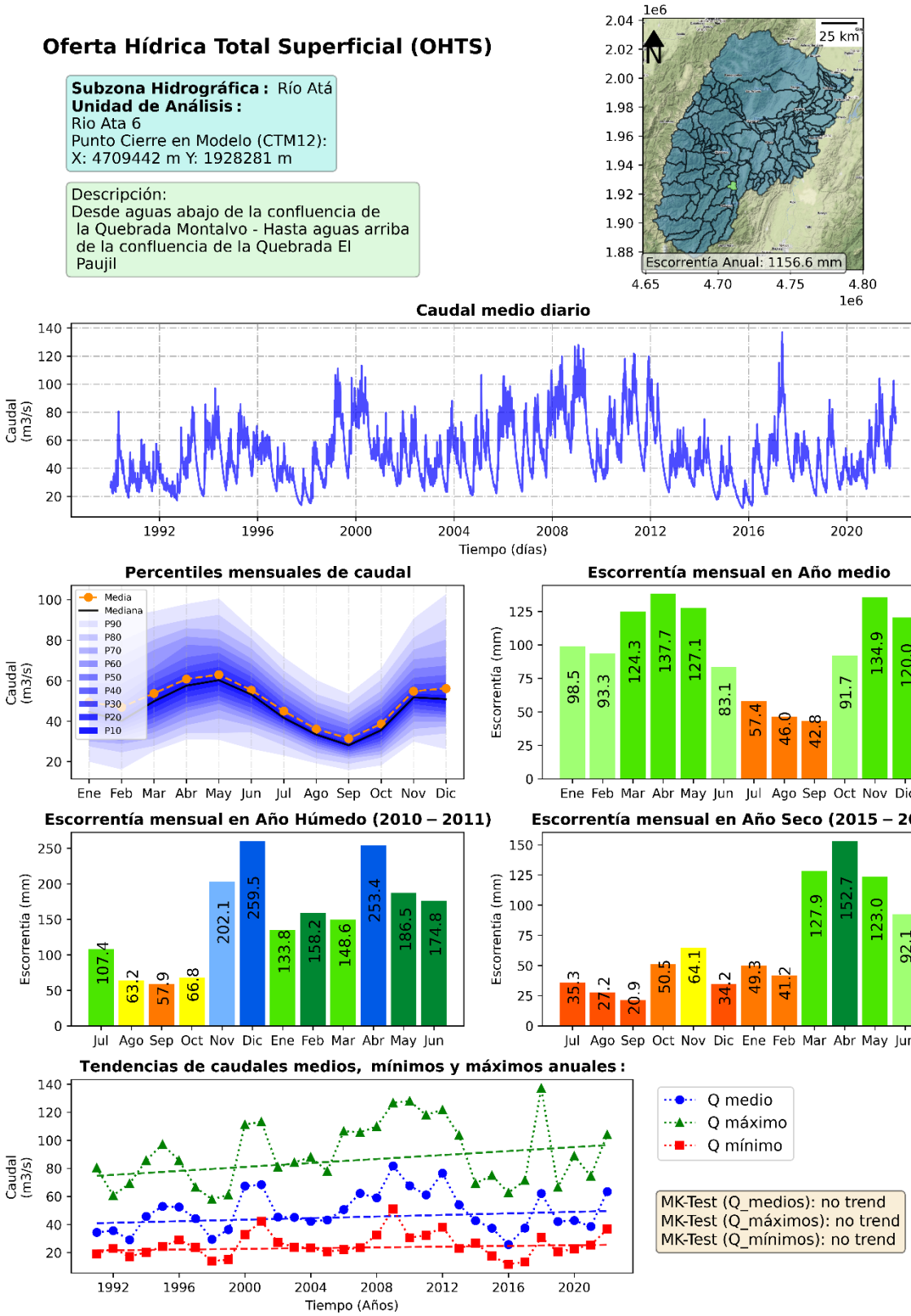


Figura 336. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Atá 6

16.6. Unidad de Análisis: Quebrada Montalvo

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 39.8, 64.8 y 34.3 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 121.8 % de aumento, un 198.2 % de aumento, y un 104.8 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 23.4, 31.8 y 15.4 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 71.5, 97.4 y 47.0 % con relación al valor medio anual (Figura 337). La escorrentía anual es de 1,030.8 mm, con valores máximos mensuales de 106.6, 173.6, y 91.7 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad se presentan tendencias estadísticamente significativas al incremento de los caudales máximos anuales, y no se identifican tendencias en los caudales medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 338).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
3.38	**2.06**	**1.31**	**5.21**	**2.06**	**3.15**	**2.28**	**1.66**	**0.62**

Tabla 174. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Montalvo

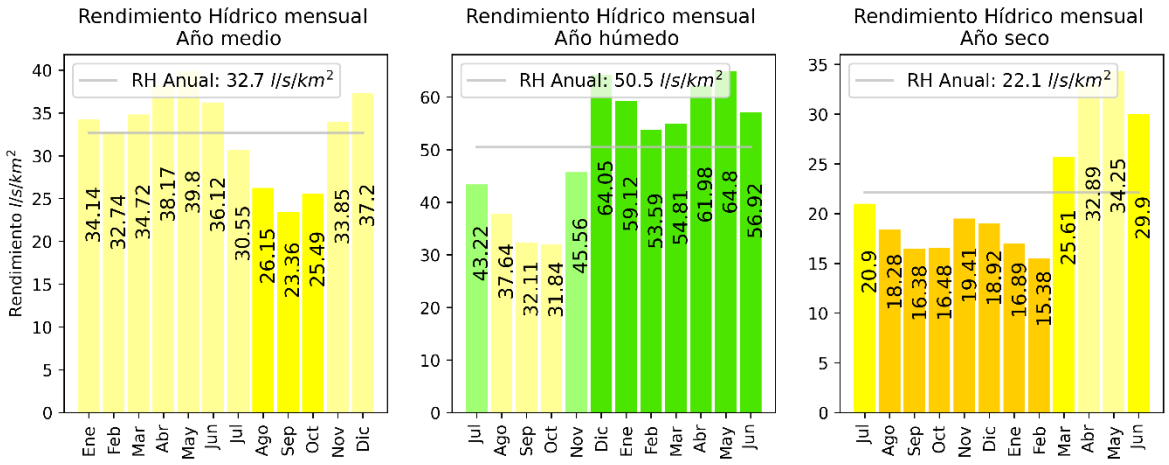


Figura 337. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Montalvo

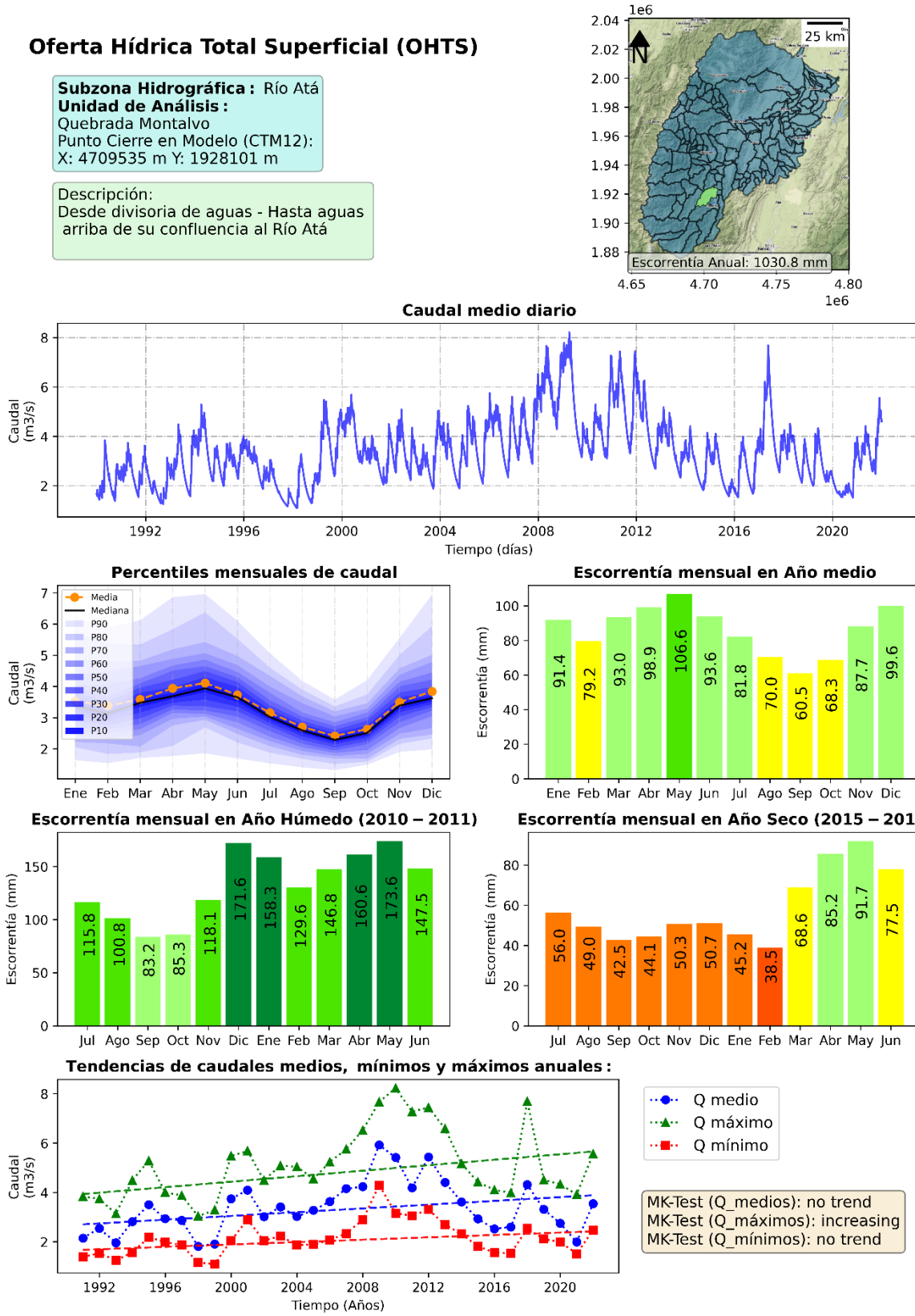


Figura 338. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Montalvo

16.7. Unidad de Análisis: Rio Atá 5

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 58.9, 148.0 y 62.7 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 153.3 % de aumento, un 385.3 % de aumento, y un 163.1 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 15.2, 15.5 y 3.8 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 39.5, 40.3 y 10.0 % con relación al valor medio anual (Figura 339). La escorrentía anual es de 1,210.8 mm, con valores máximos mensuales de 152.7, 396.5, y 167.9 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 340).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
45.05	**25.95**	**19.10**	**71.74**	**25.95**	**45.79**	**24.65**	**12.33**	**12.32**

Tabla 175. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Atá 5

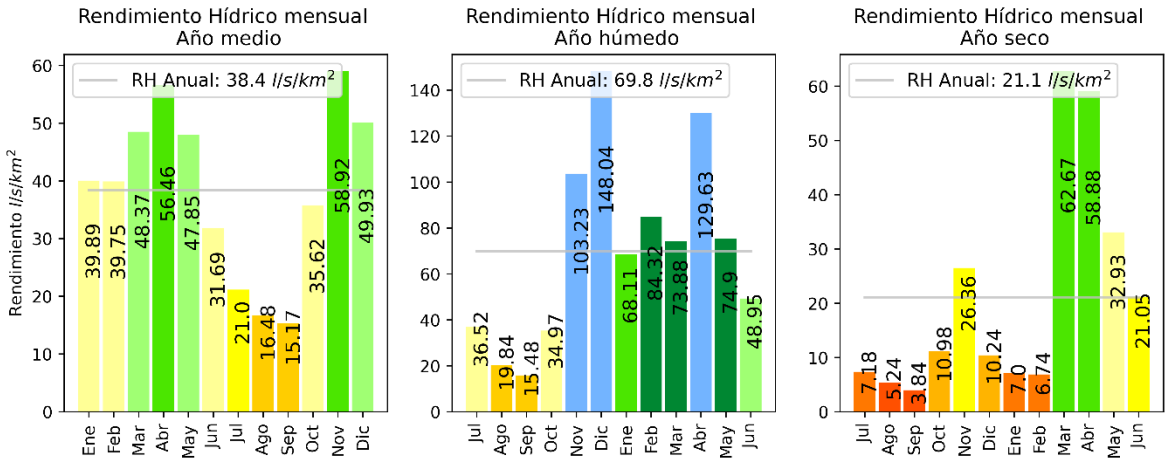


Figura 339. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Atá 5

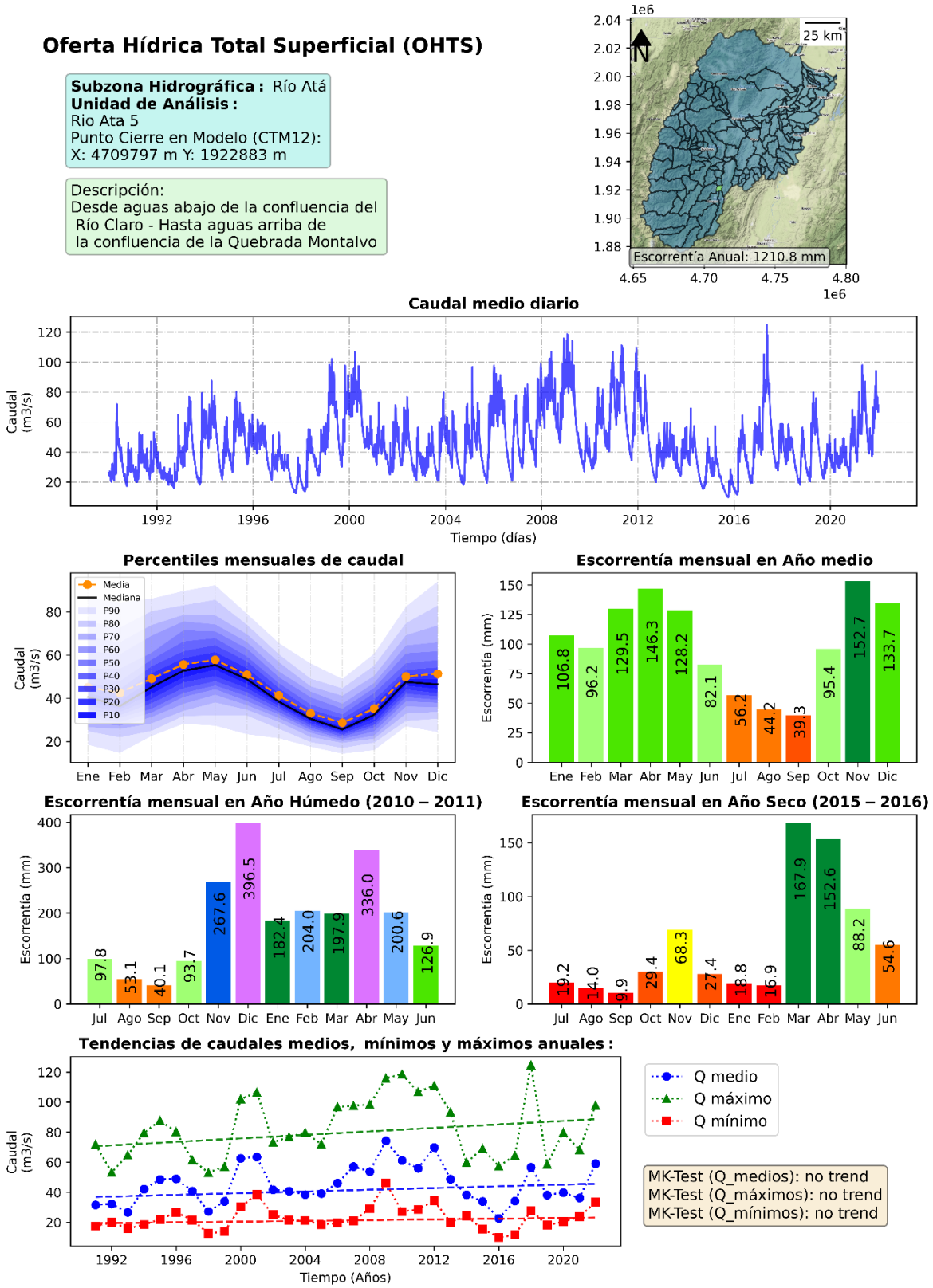


Figura 340. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Atá 5

16.8. Unidad de Análisis: Rio Claro

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 51.8, 112.2 y 53.9 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 166.3 % de aumento, un 360.1 % de aumento, y un 173.1 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 11.0, 17.6 y 1.7 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 35.5, 56.4 y 5.4 % con relación al valor medio anual (Figura 341). La escorrentía anual es de 981.9 mm, con valores máximos mensuales de 134.2, 290.8, y 144.4 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 342).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
4.01	**1.23**	**2.78**	**7.49**	**1.23**	**6.26**	**2.00**	**0.27**	**1.72**

Tabla 176. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Claro

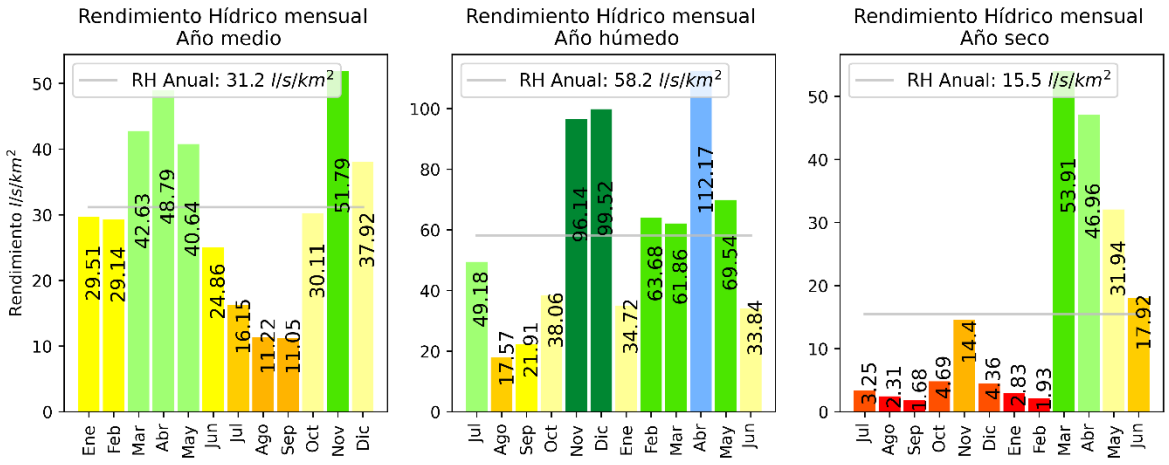


Figura 341. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Claro

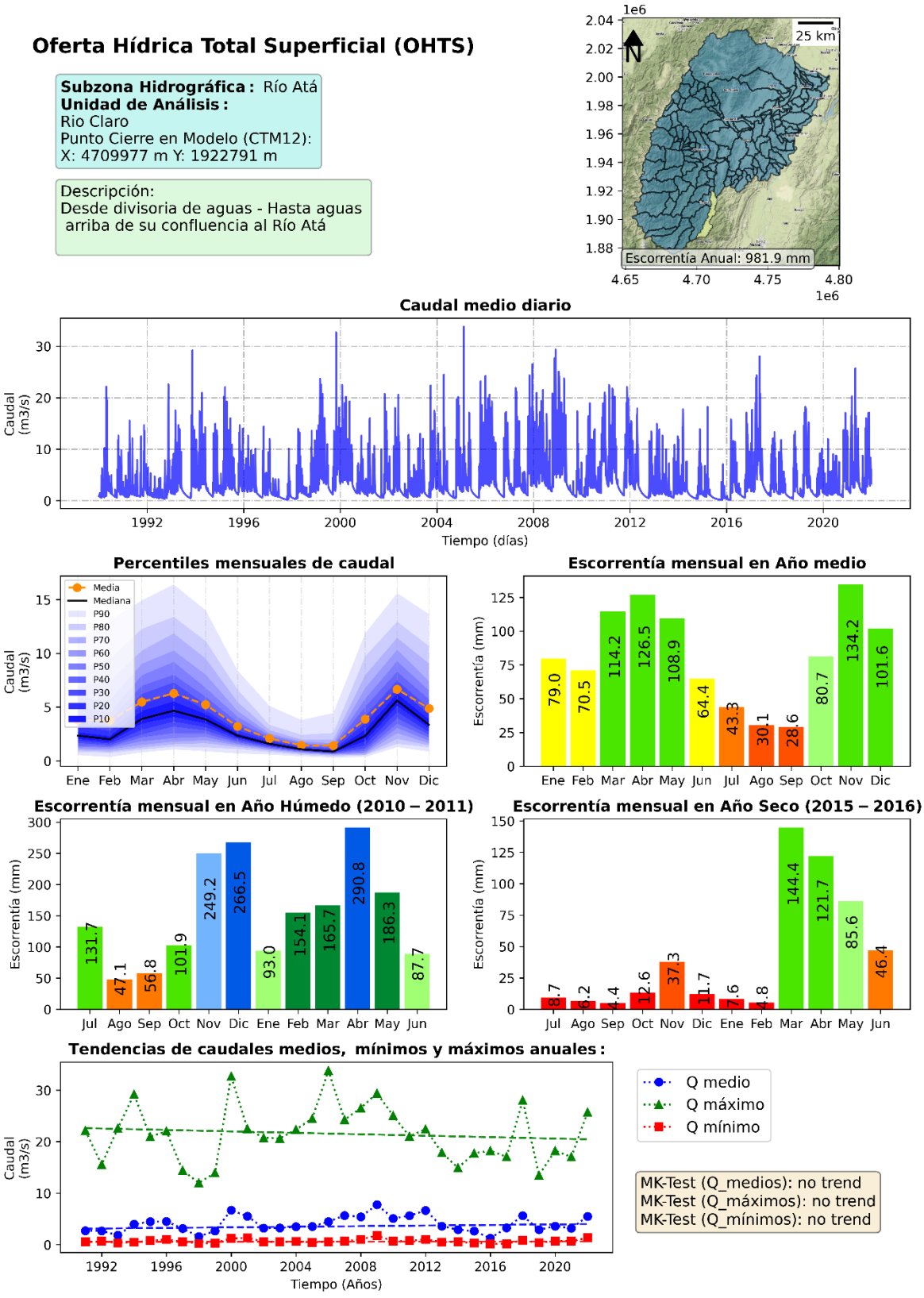


Figura 342. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Claro

16.9. Unidad de Análisis: Rio Atá 4

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 30.5, 55.1 y 30.5 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 120.3 % de aumento, un 217.7 % de aumento, y un 120.6 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 17.8, 25.0 y 15.4 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 70.2, 98.8 y 61.0 % con relación al valor medio anual (Figura 343). La escorrentía anual es de 798.0 mm, con valores máximos mensuales de 81.6, 147.6, y 79.1 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 344).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
40.59	**24.44**	**16.15**	**63.44**	**24.44**	**38.99**	**22.40**	**12.05**	**10.36**

Tabla 177. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Atá 4

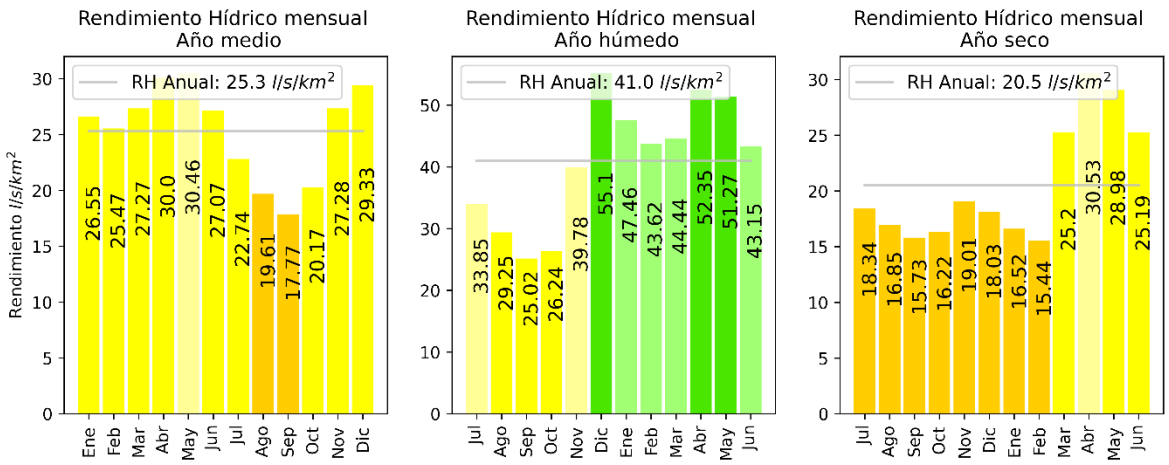


Figura 343. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Atá 4

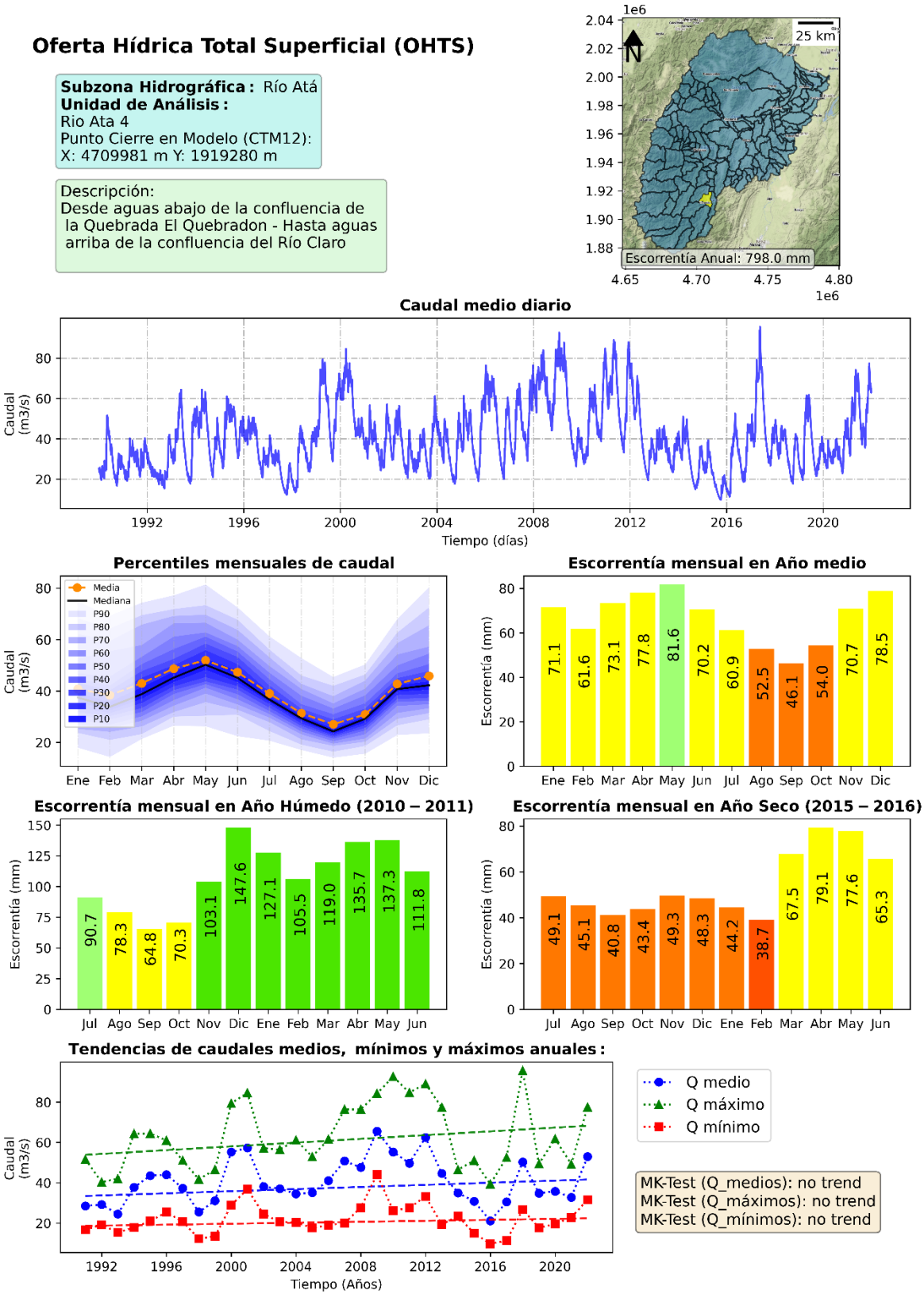


Figura 344. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Atá 4

16.10. Unidad de Análisis: Quebrada Quebradon

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 37.2, 62.4 y 27.1 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 119.1 % de aumento, un 199.9 % de aumento, y un 86.8 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 24.8, 35.6 y 10.0 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 79.6, 114.2 y 32.1 % con relación al valor medio anual (Figura 345). La escorrentía anual es de 984.1 mm, con valores máximos mensuales de 99.6, 167.0, y 72.5 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 346).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
3.67	**2.33**	**1.34**	**5.76**	**2.33**	**3.43**	**1.85**	**1.30**	**0.55**

Tabla 178. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Quebrada Quebradon

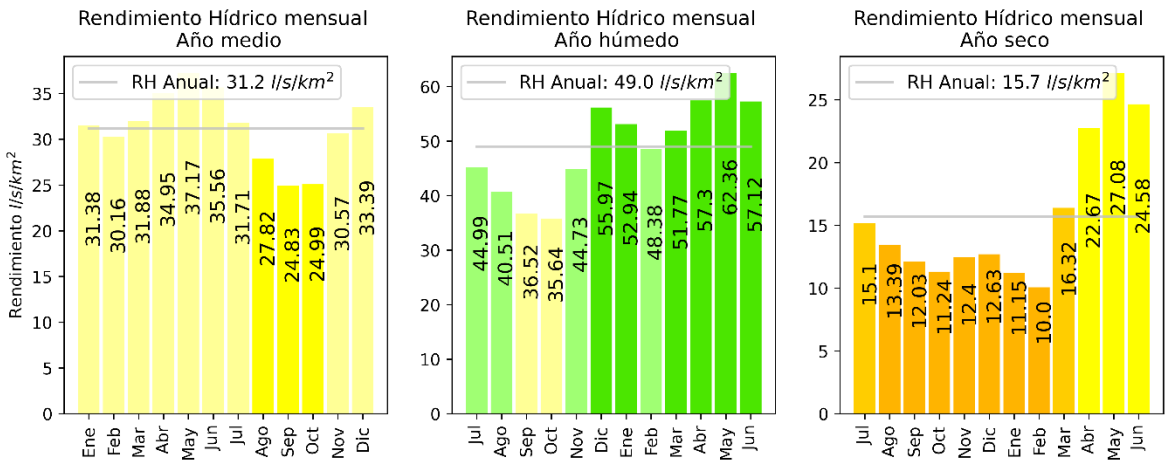


Figura 345. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Quebradon

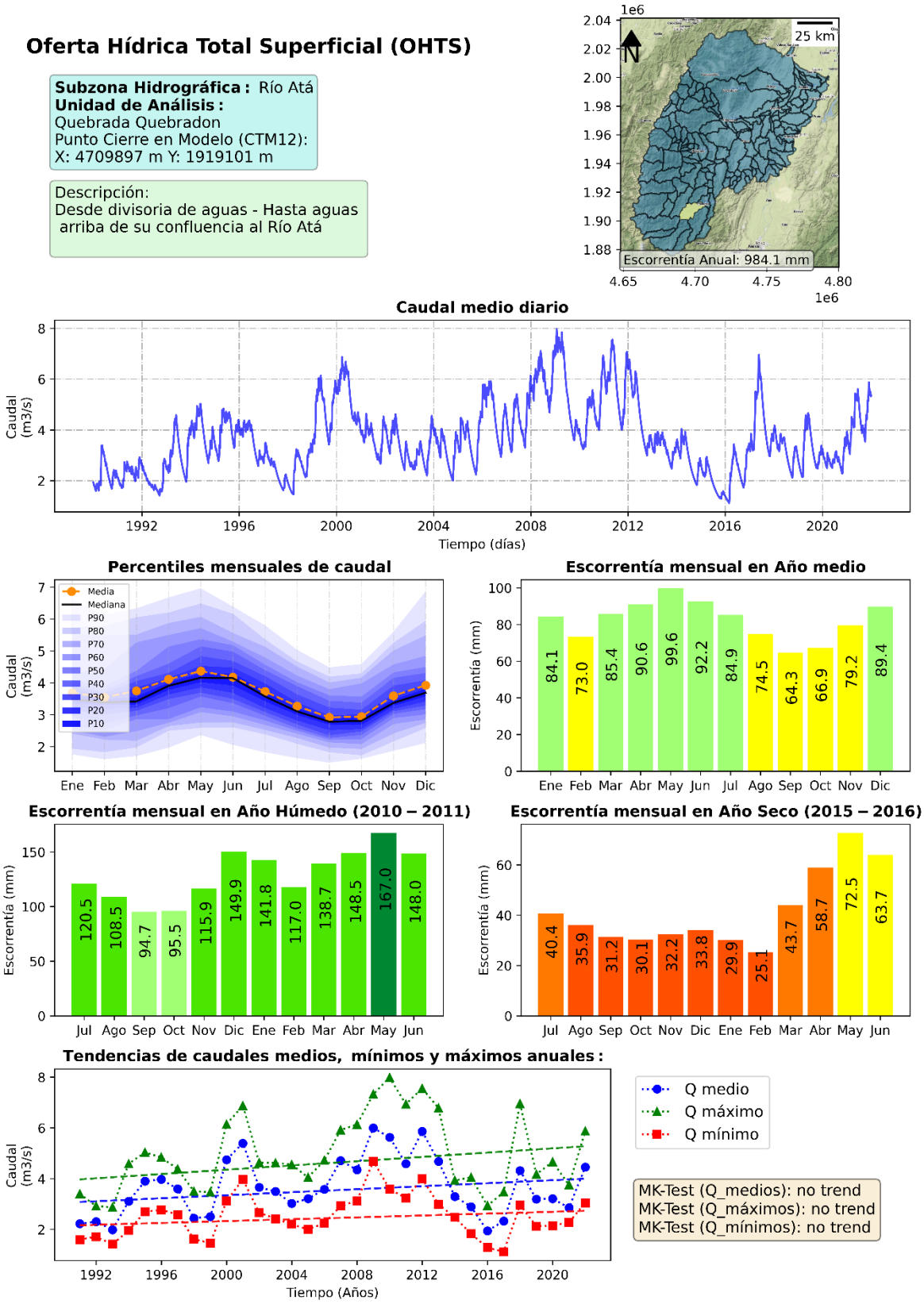


Figura 346. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Quebrada Quebradon

16.11. Unidad de Análisis: Rio Atá 3

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 38.5, 70.0 y 31.7 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 126.2 % de aumento, un 229.3 % de aumento, y un 103.8 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 21.0, 35.4 y 8.4 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 68.8, 116.1 y 27.5 % con relación al valor medio anual (Figura 347). La escorrentía anual es de 962.1 mm, con valores máximos mensuales de 103.1, 187.4, y 84.8 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 348).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
35.65	**21.21**	**14.44**	**55.62**	**21.21**	**34.41**	**19.53**	**9.97**	**9.55**

Tabla 179. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Atá 3

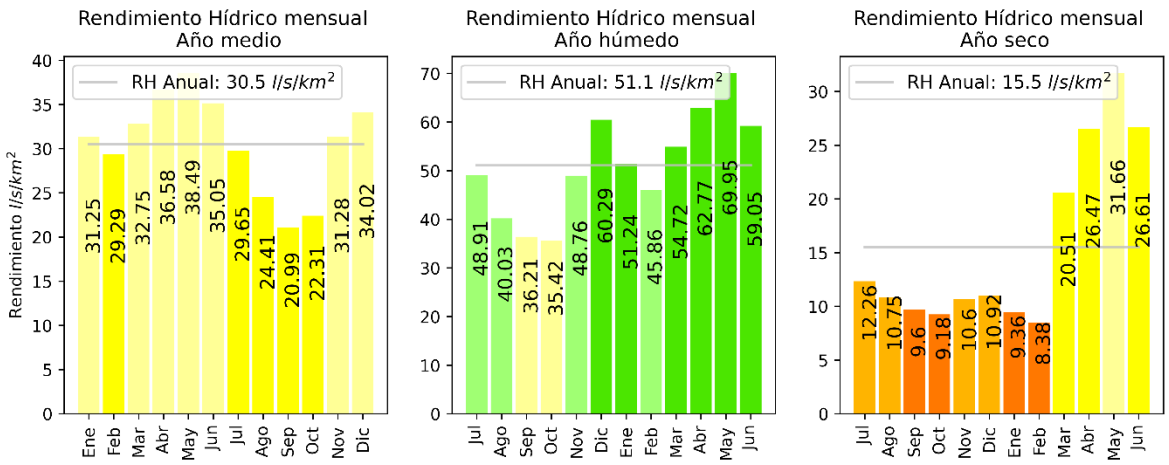


Figura 347. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Atá 3

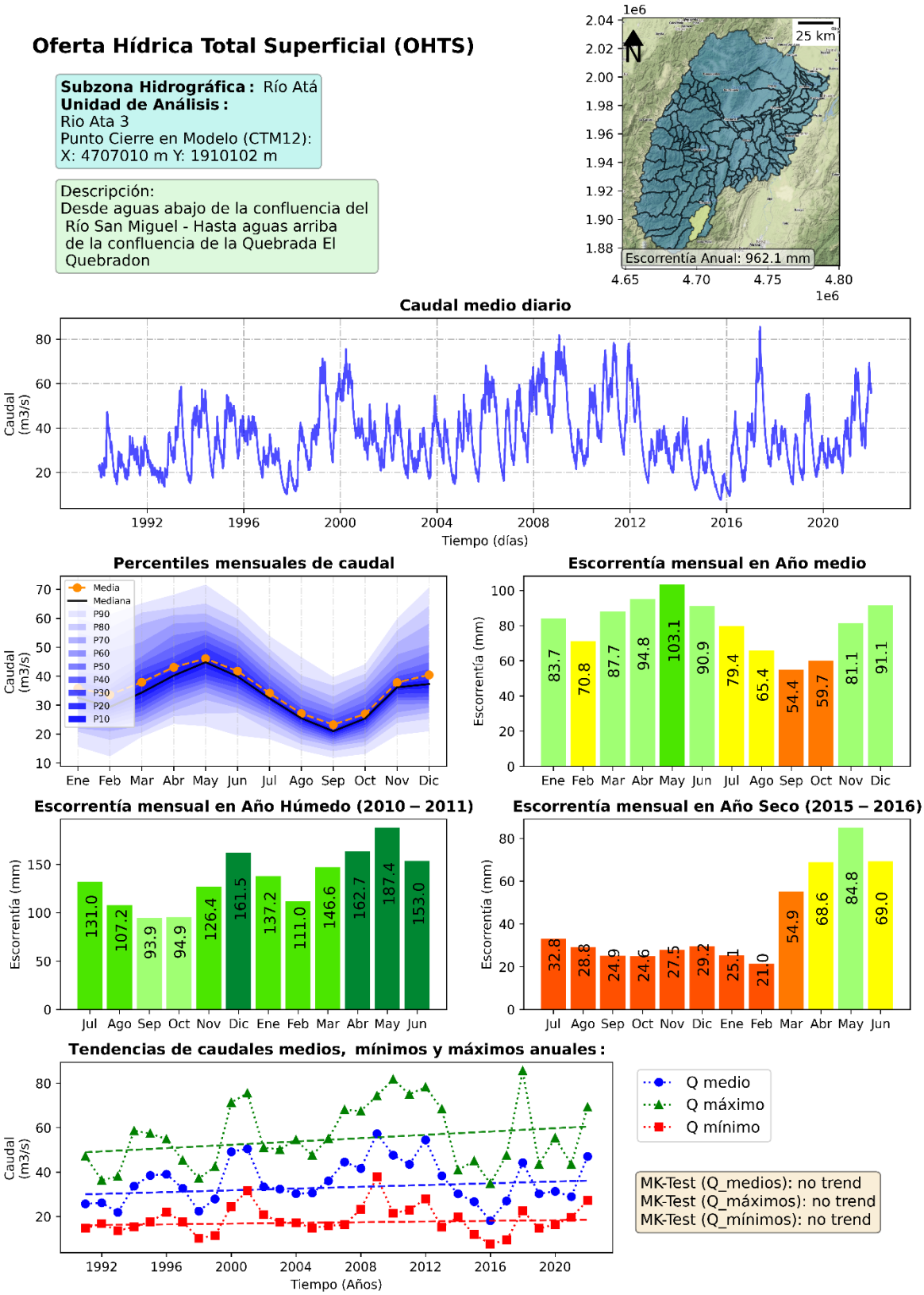


Figura 348. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Atá 3

16.12. Unidad de Análisis: Rio San Miguel

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 42.2, 66.7 y 31.6 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 115.7 % de aumento, un 183.0 % de aumento, y un 86.6 % de reducción en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 30.0, 42.8 y 14.7 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 82.1, 117.3 y 40.3 % con relación al valor medio anual (Figura 349). La escorrentía anual es de 1,150.3 mm, con valores máximos mensuales de 113.0, 178.7, y 84.6 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 350).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
4.68	**3.22**	**1.46**	**6.97**	**3.22**	**3.75**	**2.65**	**2.00**	**0.65**

Tabla 180. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio San Miguel

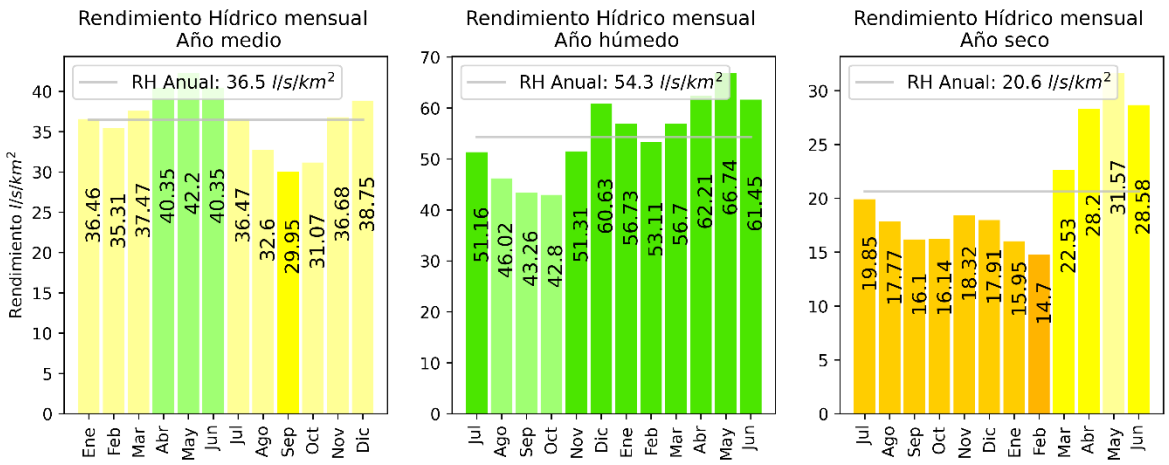


Figura 349. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio San Miguel

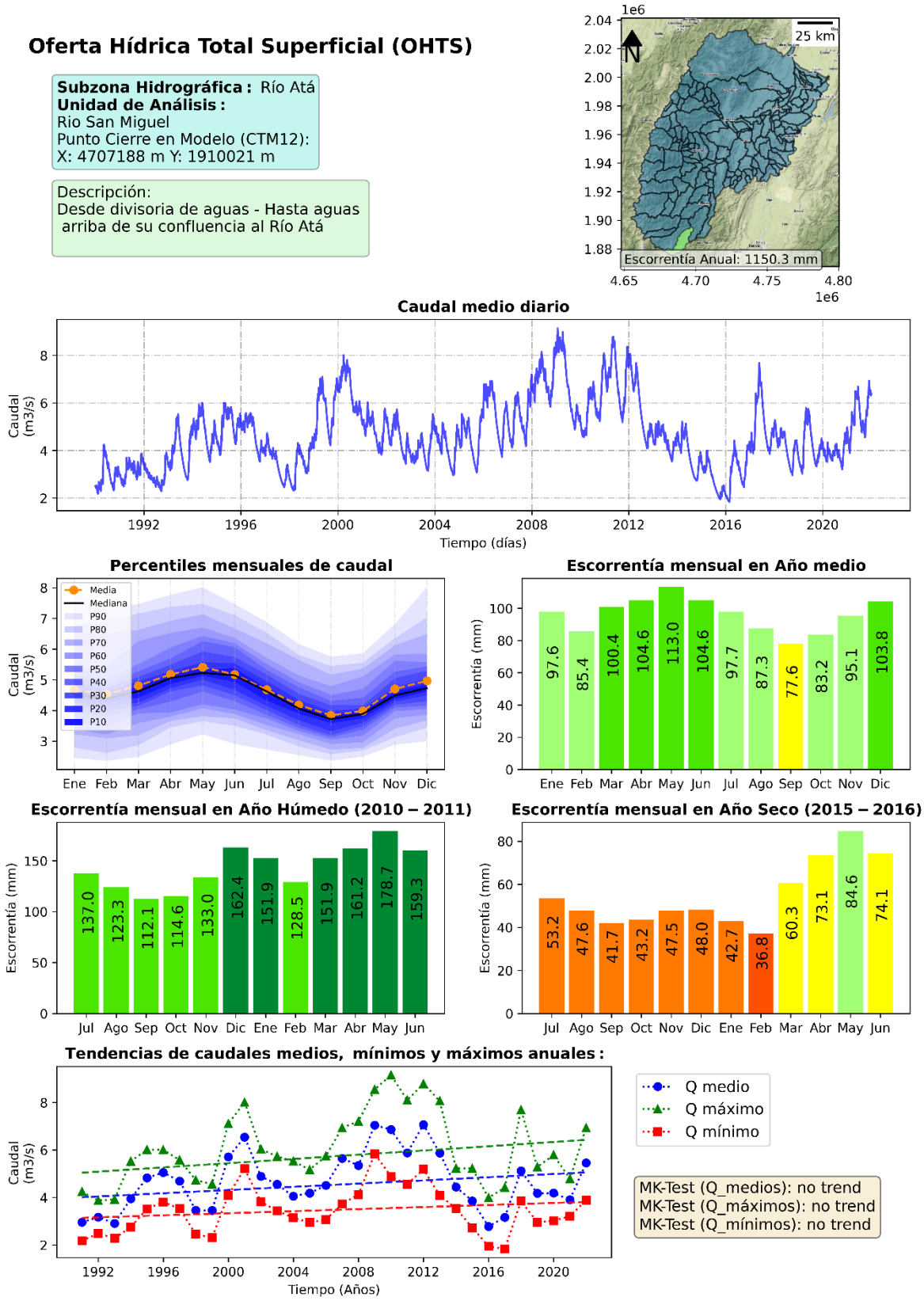


Figura 350. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio San Miguel

16.13. Unidad de Análisis: Rio Atá 2

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 49.2, 79.6 y 43.9 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 130.5 % de aumento, un 211.2 % de aumento, y un 116.5 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 23.8, 39.0 y 7.8 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 63.1, 103.4 y 20.8 % con relación al valor medio anual (Figura 351). La escorrentía anual es de 1,188.6 mm, con valores máximos mensuales de 131.7, 213.2, y 117.6 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 352).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
25.21	**14.61**	**10.60**	**38.99**	**14.61**	**24.38**	**13.95**	**6.21**	**7.74**

Tabla 181. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Atá 2

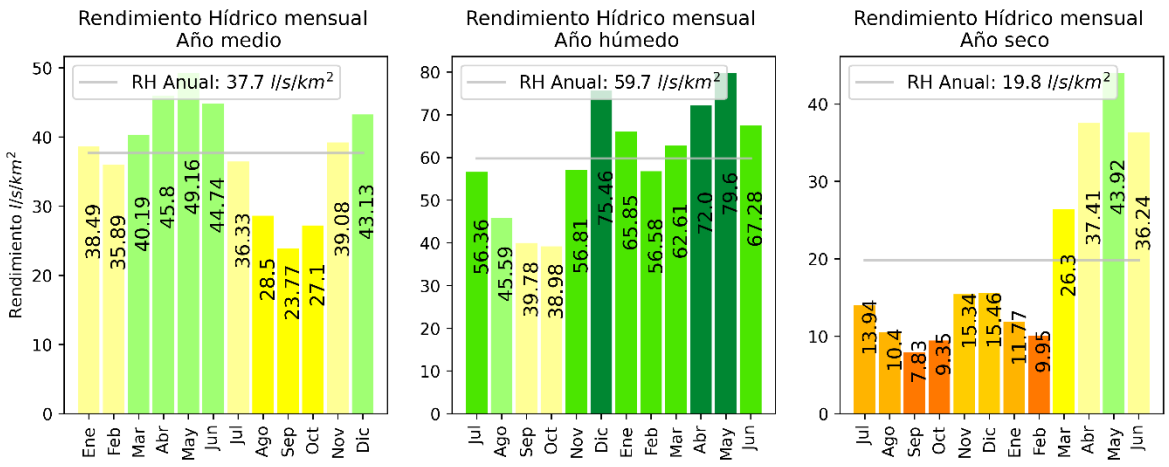


Figura 351. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Atá 2

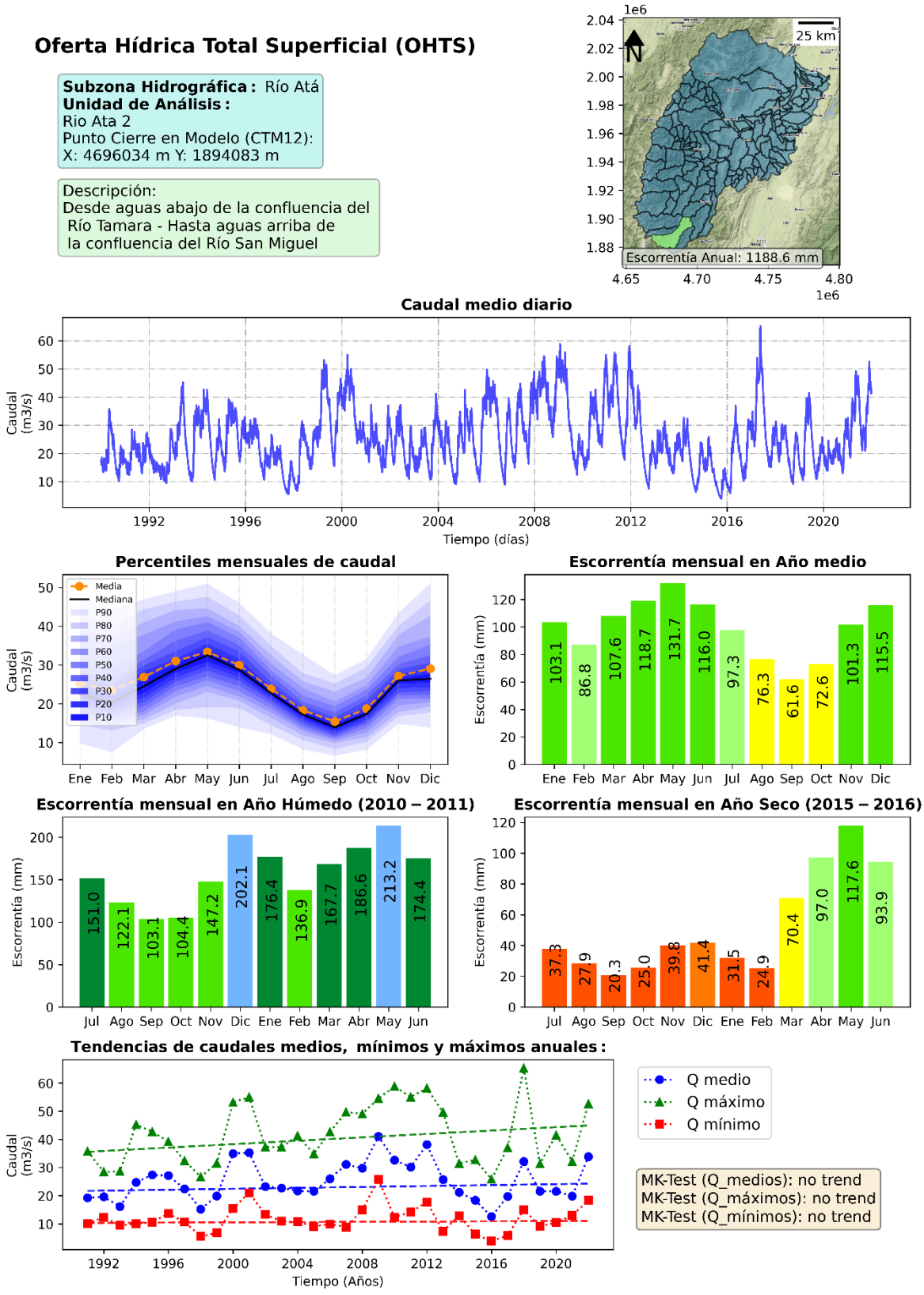


Figura 352. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Atá 2

16.14. Unidad de Análisis: Rio Tamara

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 55.7, 86.3 y 53.1 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 132.6 % de aumento, un 205.3 % de aumento, y un 126.4 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 25.0, 41.7 y 7.2 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 59.5, 99.2 y 17.1 % con relación al valor medio anual (Figura 353). La escorrentía anual es de 1,325.7 mm, con valores máximos mensuales de 149.2, 231.1, y 142.3 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 354).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
3.81	**2.18**	**1.64**	**5.85**	**2.18**	**3.68**	**2.19**	**0.91**	**1.28**

Tabla 182. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Tamara

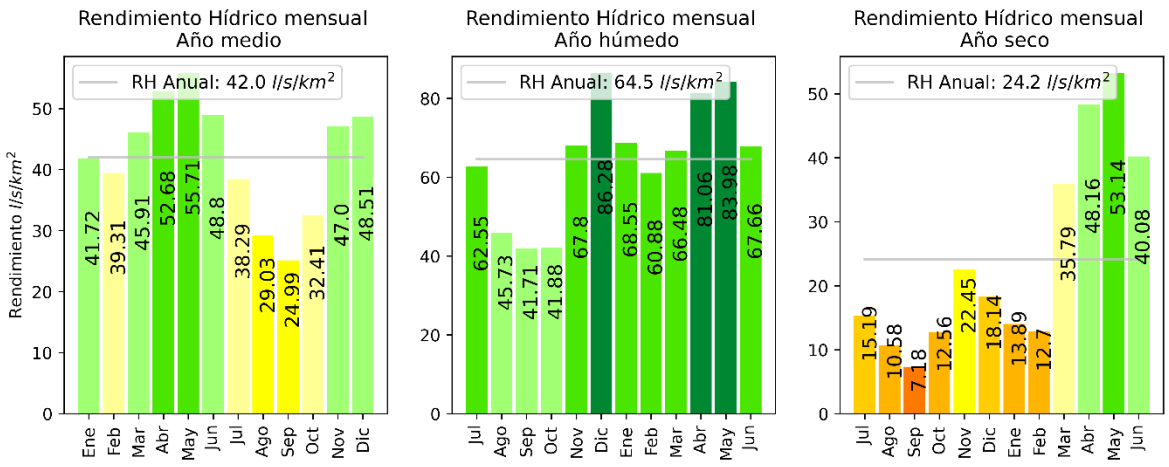


Figura 353. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Tamara

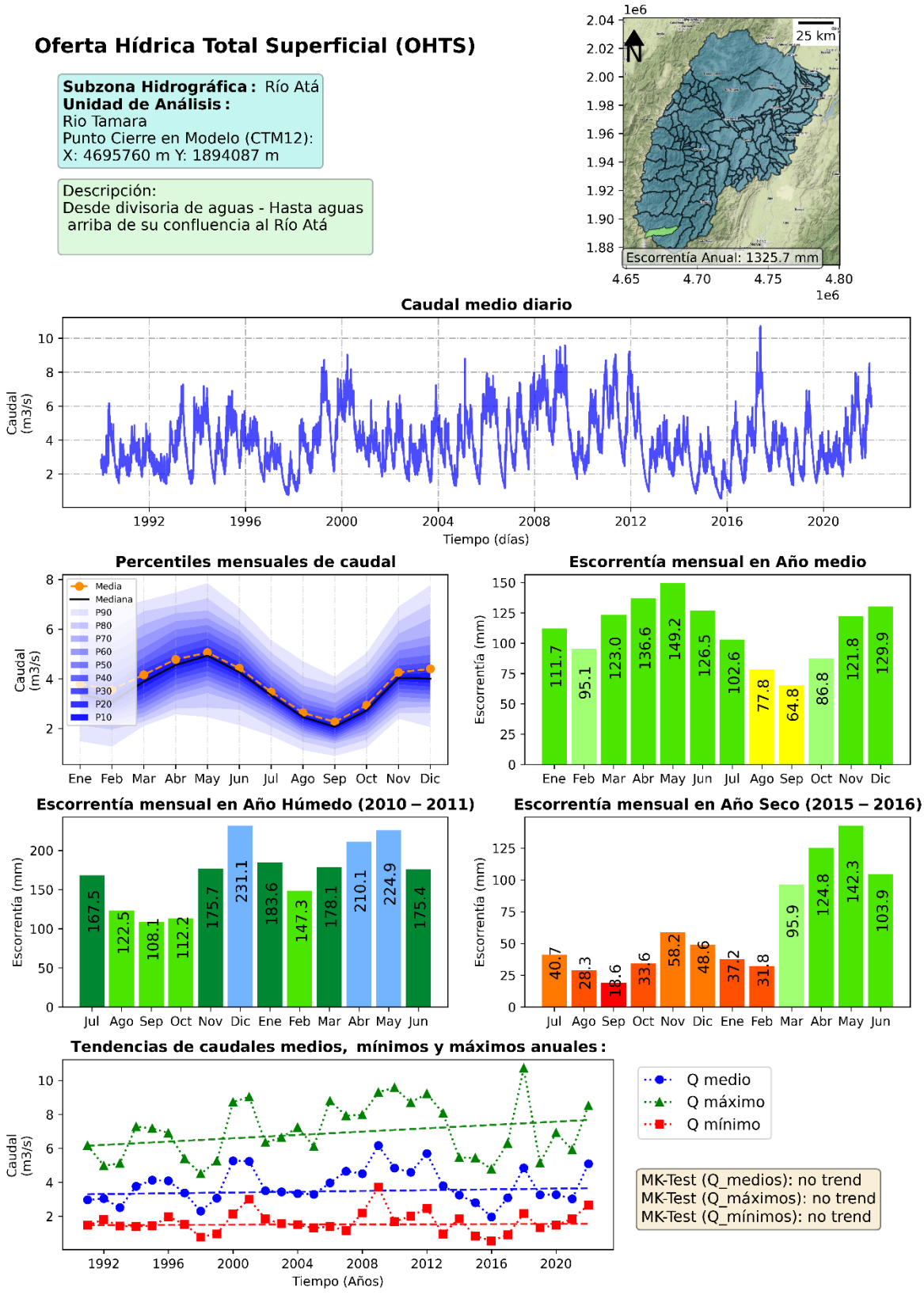


Figura 354. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Tamara

16.15. Unidad de Análisis: Rio Atá 1

El rendimiento hídrico máximo mensual es de 53.6, 82.2 y 51.9 l/s/km2 para el año medio, año húmedo y año seco respectivamente, que representan un 133.7 % de aumento, un 204.9 % de aumento, y un 129.4 % de aumento en relación con el rendimiento hídrico medio anual. En contraste, el rendimiento hídrico mínimo mensual es de 24.2, 38.7 y 6.9 l/s/km2 respectivamente para cada año hidrológico, correspondiente a una variación de un 60.3, 96.6 y 17.2 % con relación al valor medio anual (Figura 355). La escorrentía anual es de 1,265.1 mm, con valores máximos mensuales de 143.6, 220.1, y 139.0 mm en año hidrológico medio, húmedo y seco. Para esta unidad no se presentan tendencias en los caudales máximos, medios y mínimos anuales según la prueba Mann-Kendall (Figura 356).

Año Medio			Año Húmedo			Año Seco		
OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)	OHTS (m^3/s)	CA (m^3/s)	OHTD (m^3/s)
12.38	**7.13**	**5.24**	**18.84**	**7.13**	**11.70**	**7.01**	**2.94**	**4.07**

Tabla 183. Oferta hídrica total superficial (OHTS), caudal ambiental (CA) y oferta hídrica total disponible (OHTD) para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco en la unidad Rio Atá 1

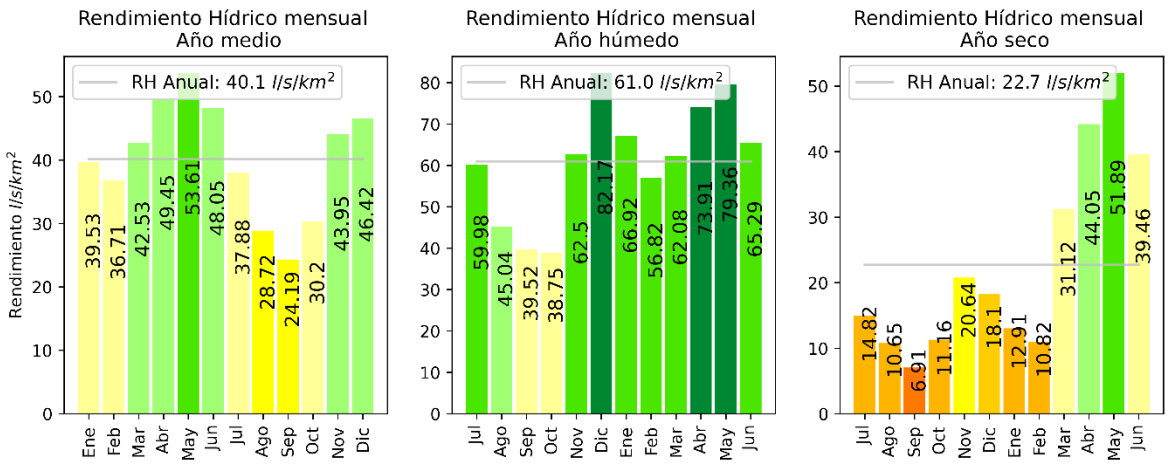


Figura 355. Rendimiento Hídrico de año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Atá 1

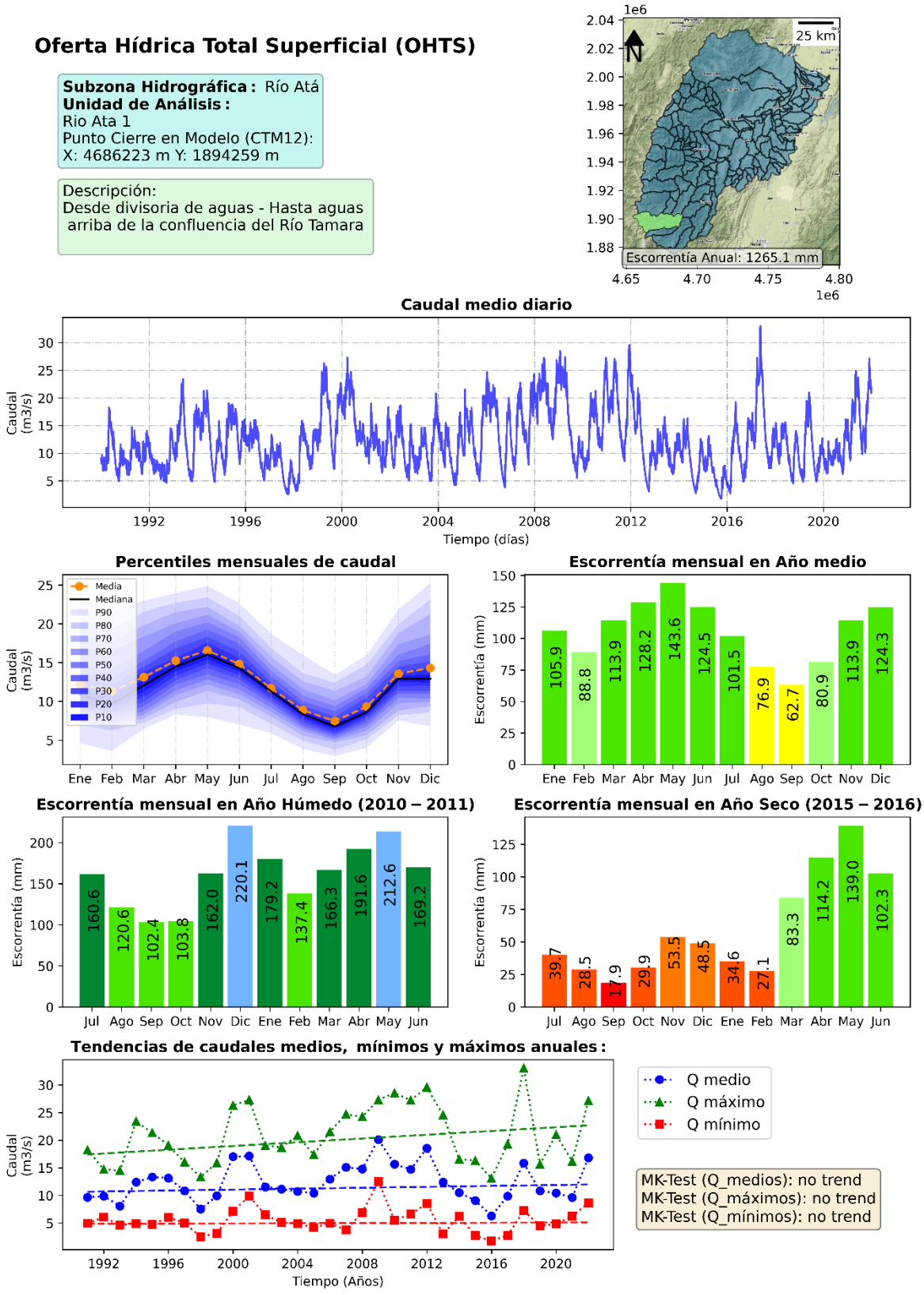


Figura 356. Oferta hídrica total superficial y escorrentía mensual para año medio, húmedo y seco en la unidad Rio Atá 1

17. Oferta Hídrica en Escenarios de Cambio Climático

En este apartado se describe el proceso para generar series climatológicas que incorporen escenarios de cambio climático, específicamente en precipitación y temperatura. Para tal fin, se implementó un software denominado ClimaData que incorpora una base de datos de información de precipitación y temperatura de estaciones a cargo del IDEAM y otras entidades. En este sentido, se describen conceptualmente los escenarios de cambio climático para el departamento del Tolima desde una perspectiva global y local. Se incluye el análisis de tendencias en series de precipitación y temperatura y su relación con escenarios de cambio climático reportados por el IDEAM (2017; 2015). Dicho análisis se realizó para las subzonas hidrográficas de los ríos Bajo Saldaña, Alto Saldaña, Amoyá, Anamichú, Anchique-Chenche, Atá, Cambrín, Medio Saldaña y Patá, en el departamento del Tolima.

La evaluación del efecto regional del cambio climático inducido por actividades antrópicas, son fundamentales para determinar acciones políticas y administrativas. Sin embargo, el proceso de evaluación presenta múltiples dificultades, como la incertidumbre de la predicción regional del cambio climático, la especificación de modelos de respuesta ambiental apropiados, y la interpretación de los resultados del impacto en el contexto del futuro cambio en términos socioeconómicos y tecnológicos (Hulme et al., 1999).

La gran mayoría de los estudios que evalúa efectos del del cambio climático se enfoca en analizar cambios en el comportamiento del clima medio, dado que estos cambios son más robustos que los cambios en la variabilidad climática. Por lo tanto, se presenta una relación entre la variabilidad climática y la frecuencia de eventos extremos que producen aumentos en la variabilidad climática y a su vez, generan efectos sobre los sistemas productivos y la seguridad alimentaria en el futuro (Thornton et al., 2014). En este sentido, resulta importante comparar las tendencias de los diversos indicadores para ver si surgen tendencias físicamente consistentes en el comportamiento de la precipitación y la temperatura, ya que esto permite evaluar críticamente manifestación de efectos del cambio climático sobre el comportamiento de series climatológicas y series hidrométricas (Folland et al., 2002).

El cambio climático presenta grandes incertidumbres en la estimación de la disponibilidad y acceso al agua en el futuro, especialmente en las comunidades rurales donde se dispone de poca o ninguna información para la planificación de los recursos hídricos (Kisakye & Bruggen, 2018), lo cual conduce a la implementación de estrategias como el ahorro de agua y disponer de fuentes de

agua segura, basa en sistemas de recolección de aguas lluvias (Márquez et al., 2021).

Se esperan impactos de largo plazo del cambio climático en la actividad económica en todos los países (Tol, 2009); modelos económicos de crecimiento estocástico reportan que la productividad se verá afectada por las desviaciones de la temperatura y la precipitación a largo plazo. En este sentido, a partir de reportes económicos en 174 países, se encontró que el crecimiento del producto real per cápita está siendo afectado adversamente por cambios en la temperatura por encima o por debajo de su media histórica. De manera que, cuando se presente un aumento persistente en la temperatura global promedio de 0.04° C por año, en ausencia de políticas de mitigación, se reduciría el PIB real per cápita mundial en más del 7% para 2100. Por otra parte, las simulaciones indican que aplicando las actuaciones acordadas en el Acuerdo de París, se limitaría el aumento de temperatura a 0,01°C por año, lo cual reduce la pérdida a el 1 % (Kahn et al., 2021).

17.1. Clasificación de condiciones climatológicas

La zona andina del Colombia presenta gran influencia de los océanos Pacífico y Atlántico, así como de la cuenca del Amazonas, lo que la hace sensible a los efectos de fenómenos climáticos como las Olas Tropicales del Este, la Oscilación del Atlántico Norte (NAO), El Niño-Oscilación del Sur (ENSO), la Oscilación Madden-Julian (MJO) , y la Oscilación Multidecadal Atlántica (AMO) (Cerón et al., 2020).

En este contexto, el fenómeno del Niño y La Niña, es un fenómeno en el Océano Pacífico ecuatorial caracterizado por cinco anomalías consecutivas de temperatura en la superficie del Pacífico durante tres meses consecutivos en la región del Niño 3.4 que está por encima (por debajo) del umbral de + 0,5 ° C (-0,5 ° C), lo cual se conoce de forma estándar como Índice de Niño Oceánico (ONI) (Yan et al., 2020; Ren et al., 2019) y es una medida de la condición de El Niño Oscilación del Sur (ENOS) para identificar la fase calidad (El Niño) que se caracteriza por la disminución en la presentación y su fase fría (La Niña), cuya manifestación produce incremento de las lluvias (Valdez-cepeda et al., 2020), cual es calculado mediante en análisis de la media móvil de la temperatura de tres meses detectadas en el pacífico ecuatorial con el sensor Extended Reconstructed Sea Surface Temperature (ERSST) (Bo et al., 2018).

En los últimos años, ha sido evidente que la región clave para las interacciones acopladas entre la atmósfera y el océano en ENOS está algo más al oeste, de manera que las correlaciones negativas del Índice de Oscilación del Sur (SOI) suavizado y la temperatura media del mar normalizada (SST) superan 0.5 ˚ a través de una región de aproximadamente 5 ˚ N-5 ˚ S, 120 ˚ - 170 ˚ W, lo cual se conoce como región Niño 3.4 (Figura 357) y se reporta mensualmente por parte de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, 2021b) (Figura 358).

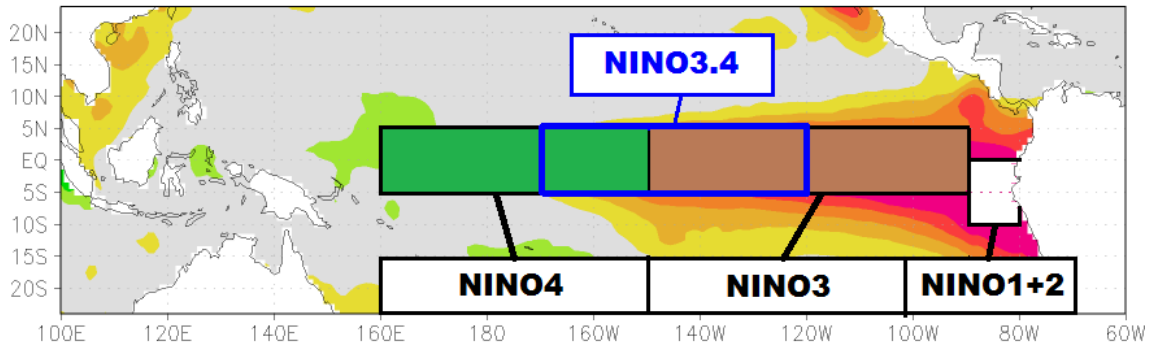


Figura 357. Regiones de monitoreo del Niño. Fuente: (Post et al., 2015)

Por lo tanto, el comportamiento del ONI región 3.4 permite la identificación de anomalías climáticas relacionadas con la ocurrencia del fenómeno del Niño y la Niña, de manera que a partir de su comportamiento es posible determinar los años secos, medios y húmedos, desde el punto de vista climático. De manera que la Niña más intensa registrada desde el año 1950 corresponde se presentó en el periodo 2010-2012, El Niño más fuente tuvo lugar en el periodo 2014-2016, mientras que pueden ser considerados los años de condiciones climáticas medias 1980; 1990 y 2013 (Tabla 184 y Figura 358).

Tabla 184. Comportamiento del ONI 3.4 periodo seco, húmedo y medio

Años	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1980	0.5	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0	-0.1	-0.1	0	-0.1
1990	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4
2010	**1.5**	**1.2**	**0.8**	0.4	-0.2	**-0.7**	**-1**	**-1.3**	**-1.6**	**-1.6**	**-1.6**	**-1.6**
2011	**-1.4**	**-1.2**	**-0.9**	**-0.7**	**-0.6**	-0.4	**-0.5**	**-0.6**	**-0.8**	**-1**	**-1.1**	**-1**
2012	**-0.9**	**-0.7**	**-0.6**	**-0.5**	-0.3	0	0.2	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.2
2013	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3
2014	-0.4	-0.5	-0.3	0	0.2	0.2	0	0.1	0.2	**0.5**	**0.6**	**0.7**
2015	**0.5**	**0.5**	**0.5**	**0.7**	**0.9**	**1.2**	**1.5**	**1.9**	**2.2**	**2.4**	**2.6**	**2.6**
2016	**2.5**	**2.1**	**1.6**	**0.9**	0.4	-0.1	-0.4	**-0.5**	**-0.6**	**-0.7**	**-0.7**	**-0.6**

Fuente: (NOAA, 2021b). *Los períodos con anomalías de temperatura por debajo y por encima de lo normal se presentan en azul y rojo cuando se alcanza el umbral durante un mínimo de 5 temporadas consecutivas superpuestas.

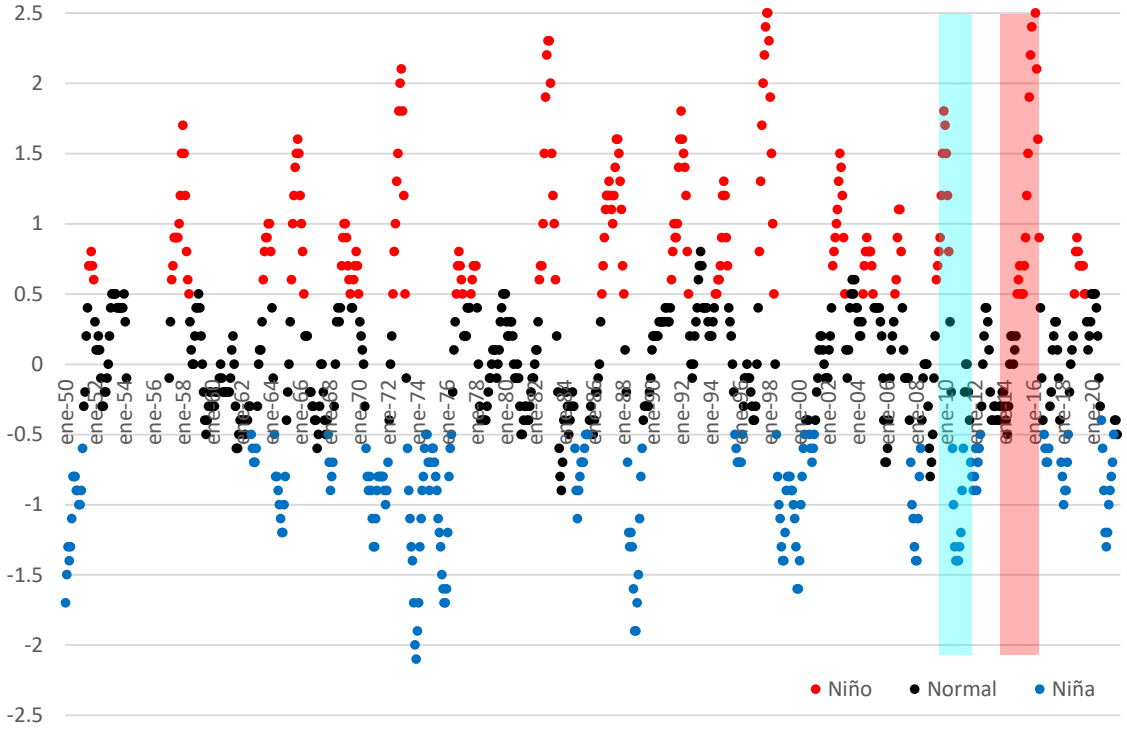


Figura 358. Comportamiento del ONI 3.4 periodo 1950-2021 a partir del reporte de NOAA (2021).

Con base en lo anterior, en Colombia el IDEAM (2013, 2019) ha propuesto metodológicamente la obtención de condiciones hidrológicas para años húmedos, secos y neutros bajo la siguiente conceptualización:

Año hidrológico húmedo: corresponde a la serie de caudales máximos mensuales multianuales provenientes de la serie de caudales medios mensuales, de manera que considerando el comportamiento del ONI 3.4 (Tabla 184), podría ser obtenido mediante modelación hidrológica con base en la precipitación y temperatura del periodo 2010-2012.

Año hidrológico seco: corresponde a la serie de caudales mínimos mensuales multianuales proveniente de la de caudales medios; los cuales se identifican con el año seco tipo, lo cual presenta correspondencia con las condiciones de precipitación y temperatura del periodo 2014-2016.

Año hidrológico medio: corresponde a la serie de caudales medios mensuales multianuales de proveniente de la serie de caudales medios, que pueden relacionarse con la condición de temperatura y precipitación de los años 1980; 1990 y 2013 (Tabla 184 y Figura 358).

17.2. Escenarios de cambio climático para el Tolima

Tal como se indicó en el capítulo de Meteorología y Climatología, En el Tolima se reportan 296 estaciones climatológicas, de las cuales se encuentran activas 67 operadas por el IDEAM y 22 por parte de otras instituciones. En este sentido, las principales variables monitoreadas son la precipitación y la temperatura.

En las subzonas hidrográficas de los ríos: Bajo Saldaña, Alto Saldaña, Amoyá, Anamichú, Anchique, Atá, Cambrín, Medio Saldaña y Patá, se localizan 25 estaciones que monitorean la precipitación (Figura 359 y Tabla 185) y siete la temperatura (Figura 360 y Tabla 186), las cuales disponen de observaciones a escala temporal diaria y con un periodo de registro mayor de 15 años.

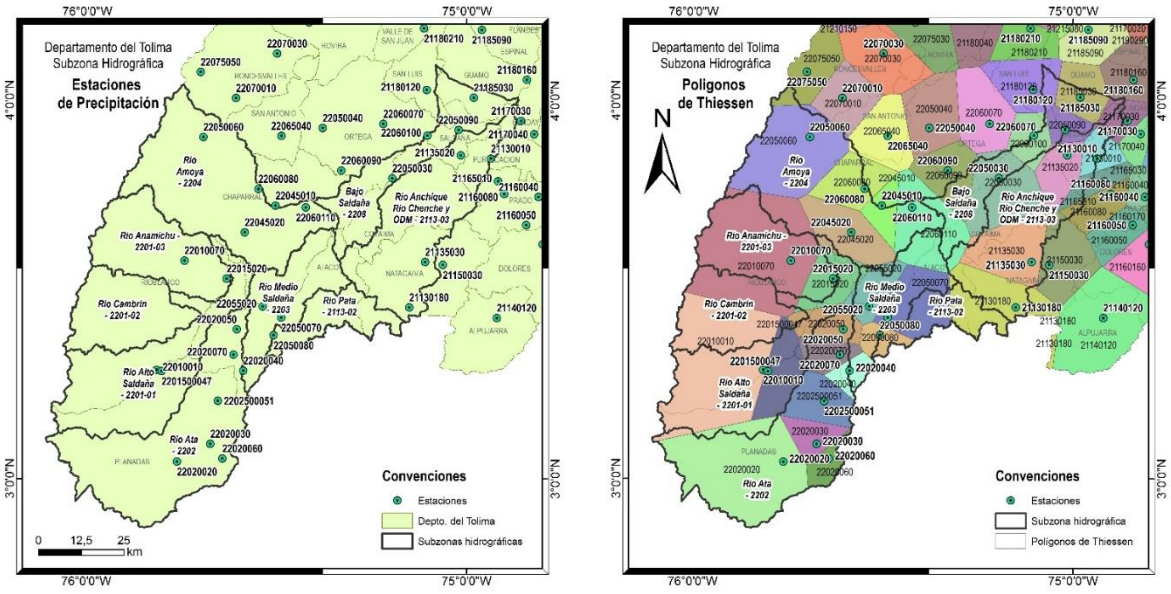


Figura 359. Estaciones que monitorean precipitación y áreas de Thiessen

Tabla 185. Estaciones con registros de precipitación

Código	Nombre	Tipo	Elevación (m.s.n.m.)	Latitud (°)	Longitud (°)	Municipio
22060080	El Pando	Pluviométrica	976	3.76638889	-75.54855556	Chaparral
22060110	Guainí	Pluviométrica	746	3.71772222	-75.42355556	Chaparral
22055020	Mesa De Pole	Climática Ordinaria	699	3.45577778	-75.53636111	Ataco
22050060	San José D Hermosa	Pluviográfica	215	3.90352778	-75.69316667	Chaparral
21185030	Guamo	Climática Principal	332	4.00883333	-74.98138889	Guamo

Código	Nombre	Tipo	Elevación	Latitud	Longitud	Municipio
21130180	Altamira Dc Hacienda	Pluviométrica	500	3.45361111	-75.15088889	Natagaima
21135020	Jabalcón	Climática Ordinaria	332	3.85583333	-75.01572222	Saldaña
22050070	San Pedro	Pluviométrica	1679	3.42638889	-75.48744444	Ataco
22050080	Pan de azúcar	Pluviométrica	1800	3.37952778	-75.50813889	Ataco
22050090	Molino Murra	Pluviométrica	324	3.92313889	-75.02119444	Saldaña
22060100	Piedras de Cobre	Pluviométrica	3594	3.90827778	-75.10333333	Saldaña
21135030	Anchique	Climática Principal	415	3.57383333	-75.109	Natagaima
22050030	Colache Hacienda	Pluviométrica	384	3.79547222	-75.19563889	Coyaima
2201500047	Herrera - Aut	Climática Principal	1615	3.28413889	-75.80245	Planadas
22015020	Relator	Climática Ordinaria	1160	3.52913889	-75.63141667	Rioblanco
22010010	Herrera	Pluviométrica	1620	3.28783333	-75.81541667	Rioblanco
22010070	Gaitán	Pluviométrica	1568	3.57680556	-75.74261111	Rioblanco
22020070	El Condor	Pluviométrica	755	3.32816667	-75.61305556	Ataco
2202500051	Planadas - Aut	Climática Principal	1300	3.2058	-75.6542	Planadas
22020040	Casa De Zinc	Pluviométrica	1737	3.28580556	-75.5875	Ataco
22020050	Santiago Pérez	Pluviométrica	732	3.39522222	-75.6045	Ataco
22020060	Ríoclaro	Pluviométrica	2326	3.05333333	-75.64191667	Planadas
22045020	Limón El	Climática Ordinaria	130	3.65183333	-75.58419444	Chaparral
22020020	Pena Rica	Pluviométrica	1793	3.04505556	-75.76177778	Planadas
22020030	Gaitania	Pluviométrica	1476	3.092	-75.67402778	Planadas

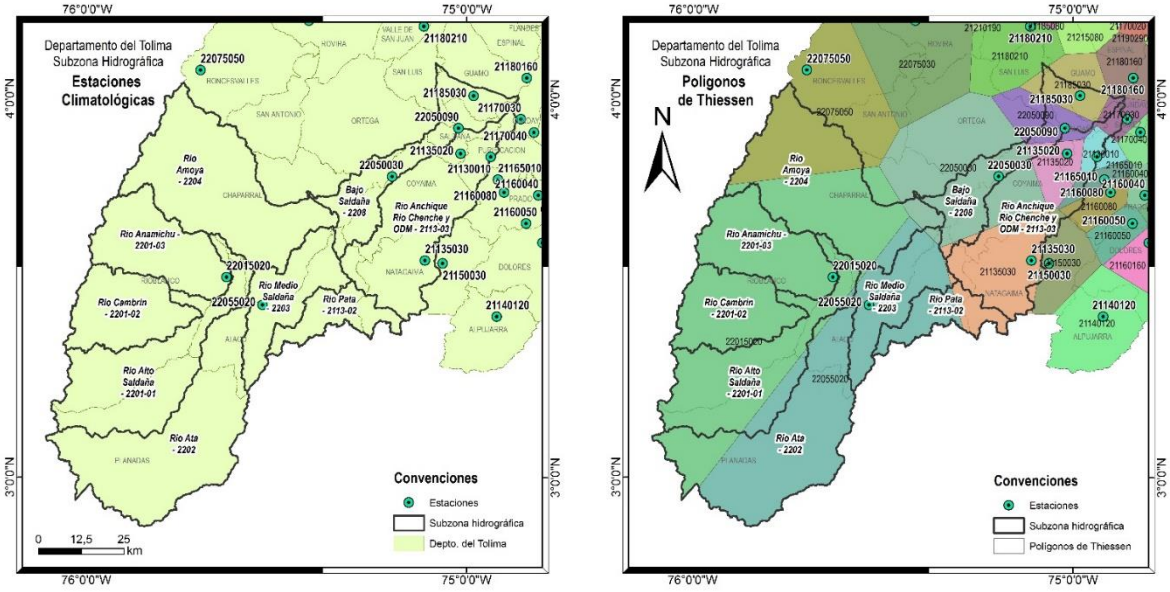


Figura 360. Estaciones que reportan temperatura y polígonos de Thiessen

Tabla 186. Estaciones con registros de temperatura

Código	Nombre	Tipo	Elevación (m.s.n.m.)	Latitud (°)	Longitud (°)	Municipio
22055020	Mesa De Pole	Climática Ordinaria	699	3.45577778	-75.53636111	Ataco
21185030	Guamo	Climática Principal	332	4.00883333	-74.98138889	Guamo
21135020	Jabalcón	Climática Ordinaria	332	3.85583333	-75.01572222	Saldaña
22050090	Molino Murra	Pluviométrica	324	3.92313889	-75.02119444	Saldaña
21135030	Anchique	Climática Principal	415	3.57383333	-75.109	Natagaima
22050030	Colache Hacienda	Pluviométrica	384	3.79547222	-75.19563889	Coyaima
22015020	Relator	Climática Ordinaria	1160	3.52913889	-75.63141667	Rioblanco

Así mismo, se dispone de información satelital para la observación de precipitación proveniente de la Mision Global Precipitation Measurement -GPM- que conforma una constelación de nueve satélites, de manera que dichas observaciones pueden ser aprovechadas para análisis climatológicos, hidrológicos, relacionados con la gestión del riesgo e investigación (Tan & Santo, 2018), debido a la calidad de la información y su resolución espacio-temporal (Liu et al., 2017). En este sentido, el acceso a la información es abierto y es posible disponer de la información de forma sencilla y rápida. Dicha información se encuentra disponible en el Capítulo de Meteorología y Climatología.

En este contexto, a nivel global se han implementado modelos de circulación de escala planetaria, mediante los cuales se realizan las proyecciones del comportamiento del clima del Panel involucrando el efecto del cambio climático global por parte del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2007, 2012, 2013, 2014a, 2014b, 2016, 2018; Basso et al., 2001). De manera que con dichos reportes, múltiples organizaciones realizan análisis de nivel internacional, regional y local (Ej: (NOAA, 2018, 2021a, 2021b; et al., 2018; Bonnin et al., 2007)).

En Colombia se dispone de proyecciones sobre el comportamiento del clima para los periodos 2011-2040; 2041-2070; y 2071-2100 (IDEAM, 2015), las cuales corresponden al análisis específico del reporte del IPCC (2016, 2018) en escenarios RCP (Representative Concentration Pathways), los cuales se presentan en las Tablas 102-103 y son descritos por (Bjørnæs, 2013) como:

i. **RCP 2.6**: Aquí, el forzamiento radiativo alcanza 3,1 w / m2 antes de caer a 2,6 / m2 en 2100. Para alcanzar este nivel, se requieren ambiciosas reducciones de emisiones a lo largo del tiempo (*Tabla 187*).
ii. **RCP 4.5**: La propulsión por radiación se estabiliza después del año 2100 mediante reducciones de emisiones relativamente ambiciosas (*Tabla 187*).
iii. **RCP 6.0**: La propulsión por radiación se estabiliza después del año 2100 mediante el uso tecnologías y estrategias para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (*Tabla 187*).
iv. **RCP 8.5**: cuando se proyecta que no se han iniciado más medidas políticas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Se caracteriza

por el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero que conducen a altas concentraciones de gases de efecto invernadero a lo largo del tiempo (*Tabla 187*).

v. **Ensamble**: este escenario ha sido propuesto por el IDEAM (2015) y corresponde al promedio de los cuatro RCP, (*Tabla 187*).

Tabla 187. Variaciones en temperatura y precipitación media para el departamento del Tolima según RCP y escala temporal

Periodo	Escenarios C.C. Tolima	Temperatura Media °C			Precipitación Media (%)		
		2011-2040	2041-2070	2071-2100	2011-2040	2041-2070	2071-2100
Anual	RCP 2.6	+ 0.89	+ 1.26	+ 1.22	+ 9.36	+ 13.20	+ 8.55
	RCP 4.5	+ 1.01	+ 1.79	+ 2.01	+ 10.89	+ 12.21	+ 14.25
	RCP 6.0	+ 0.88	+ 1.58	+ 2.32	+ 10.54	+ 13.11	+ 17.24
	RCP 8.5	+ 1.06	+ 2.23	+ 3.68	+ 13.34	+ 18.56	+ 18.72
Trimestre DEF	RCP 2.6	+ 0.98	+ 1.32	+ 1.37	- 6.73	- 4.23	- 5.39
	RCP 4.5	+ 1.15	+ 1.88	+ 2.22	- 6.13	- 3.32	+ 0.03
	RCP 6.0	+ 1.05	+ 1.69	+ 2.58	- 6.11	- 1.86	+ 2.49
	RCP 8.5	+ 1.20	+ 2.47	+ 3.94	- 6.99	- 2.24	+ 6.47
Trimestre MAM	RCP 2.6	+ 0.92	+ 1.30	+ 1.26	+ 7.51	+ 10.45	+ 8.90
	RCP 4.5	+ 1.02	+ 1.82	+ 2.04	+ 2.05	- 0.50	+ 3.62
	RCP 6.0	+ 0.90	+ 1.62	+ 2.42	+ 2.13	+ 5.86	+ 7.07
	RCP 8.5	+ 1.07	+ 2.32	+ 3.67	+ 5.51	+ 9.96	+ 14.36
Trimestre JJA	RCP 2.6	+ 0.94	+ 1.31	+ 1.28	+ 9.36	+ 20.50	+ 19.74
	RCP 4.5	+ 1.05	+ 1.81	+ 2.11	+ 10.89	+ 18.34	+ 19.74
	RCP 6.0	+ 0.90	+ 1.65	+ 2.51	+ 10.54	+ 18.46	+ 22.97
	RCP 8.5	+ 1.11	+ 2.38	+ 3.86	+ 13.34	+ 23.04	+ 21.25
Trimestre SON	RCP 2.6	+ 0.88	+ 1.21	+ 1.22	+ 7.86	+ 4.76	+ 3.36
	RCP 4.5	+ 0.99	+ 1.70	+ 1.99	+ 9.43	+ 4.42	+ 6.75
	RCP 6.0	+ 0.84	+ 1.53	+ 2.32	+ 11.17	+ 3.90	+ 3.30
	RCP 8.5	+ 1.04	+ 2.17	+ 3.55	+ 15.03	+ 8.42	- 2.29
ENSAMBLE		+ 1.09	+ 1.98	+ 2.75	+ 14.62	+ 16.12	+ 16.32

Tabla 188. Variaciones en temperatura Máxima y mínima para el departamento del Tolima según RCP y escala temporal

Periodo	Escenarios C.C. Tolima	Temperatura Máxima °C			Temperatura Mínima °C		
		2011-2040	2041-2070	2071-2100	2011-2040	2041-2070	2071-2100
Anual	RCP 2.6	+ 1.00	+ 1.35	+ 1.31	+ 0.71	+ 1.03	+ 1.03
	RCP 4.5	+ 1.07	+ 1.91	+ 2.19	+ 0.81	+ 1.51	+ 1.86
	RCP 6.0	+ 0.98	+ 1.72	+ 2.55	+ 0.66	+ 1.36	+ 2.11
	RCP 8.5	+ 1.06	+ 2.47	+ 3.86	+ 0.83	+ 2.06	+ 3.45
DEF	RCP 2.6	+ 1.07	+ 1.37	+ 1.33	+ 0.82	+ 1.24	+ 1.22
	RCP 4.5	+ 1.16	+ 1.89	+ 2.24	+ 0.97	+ 1.79	+ 2.18
	RCP 6.0	+ 1.01	+ 1.87	+ 2.67	+ 0.76	+ 1.60	+ 2.45
	RCP 8.5	+ 1.24	+ 2.55	+ 4.01	+ 1.00	+ 2.40	+ 3.94
MAM	RCP 2.6	+ 0.97	+ 1.23	+ 1.19	+ 0.80	+ 1.13	+ 1.15
	RCP 4.5	+ 1.01	+ 1.87	+ 2.12	+ 0.90	+ 1.62	+ 1.93
	RCP 6.0	+ 0.85	+ 1.70	+ 2.60	+ 0.76	+ 1.43	+ 2.22
	RCP 8.5	+ 0.98	+ 2.41	+ 3.82	+ 0.91	+ 2.11	+ 3.45
JJA	RCP 2.6	+ 1.16	+ 1.55	+ 1.67	+ 0.80	+ 1.15	+ 1.12
	RCP 4.5	+ 1.42	+ 2.23	+ 2.59	+ 0.93	+ 1.71	+ 2.01
	RCP 6.0	+ 1.09	+ 2.06	+ 2.96	+ 0.78	+ 1.47	+ 2.24
	RCP 8.5	+ 1.34	+ 2.68	+ 4.41	+ 0.91	+ 2.18	+ 3.63
SON	RCP 2.6	+ 0.93	+ 1.28	+ 1.25	+ 0.72	+ 1.03	+ 1.00
	RCP 4.5	+ 1.02	+ 1.76	+ 2.11	+ 0.81	+ 1.51	+ 1.81
	RCP 6.0	+ 0.90	+ 1.61	+ 2.55	+ 0.71	+ 1.34	+ 2.10
	RCP 8.5	+ 1.13	+ 2.28	+ 3.78	+ 0.85	+ 1.98	+ 3.40

Con el propósito de generar series climatológicas que involucren las variaciones de precipitación y temperatura con respecto a los RCP definidos para el departamento del Tolima por parte del IDEAM (2015), se desarrolló una aplicación que podrá ser instalada en la intranet de Cortolima, la cual se denomina ClimaDatav1.0.

Clima Data incorpora una base de datos de precipitación y temperatura de las estaciones seleccionadas para este proyecto y permite generar series de precipitación, temperatura y evapotranspiración con propósitos de modelación y análisis ambientales. En este caso la evapotranspiración se obtiene mediante la aplicación de la ecuación de Turc (Turc, 1955, 1961a, 1961b), la cual ha sido aplicada ampliamente a nivel global y logra un alto grado de aproximación de la evapotranspiración en la zona andina de Colombia (Poveda et al., 2007). La aplicación permite generar series diarias de precipitación y temperatura incorporando las variaciones del cambio climático, las cuales son descritas en detalle en la Tercera Comunicación de Cambio Climático del IDEAM (IDEAM et al., 2015a, 2015b, 2017). Dicha aplicación se encuentra disponible en el Anexo A de este Capítulo.

17.3. Oferta Hídrica en Escenario de Cambio Climático para la Subzona Hidrográfica del río Patá

17.3.1. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Pata 8

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en diciembre con un valor de 49.8 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 10.8 m^3/s (Tabla 189). Se observa un aumento del 19.8% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 17.7% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 361.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
34.3	27.7	32.2	39.9	38.7	26.0	15.2	10.8	12.3	27.0	47.8	49.8

Tabla 189. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Pata 8

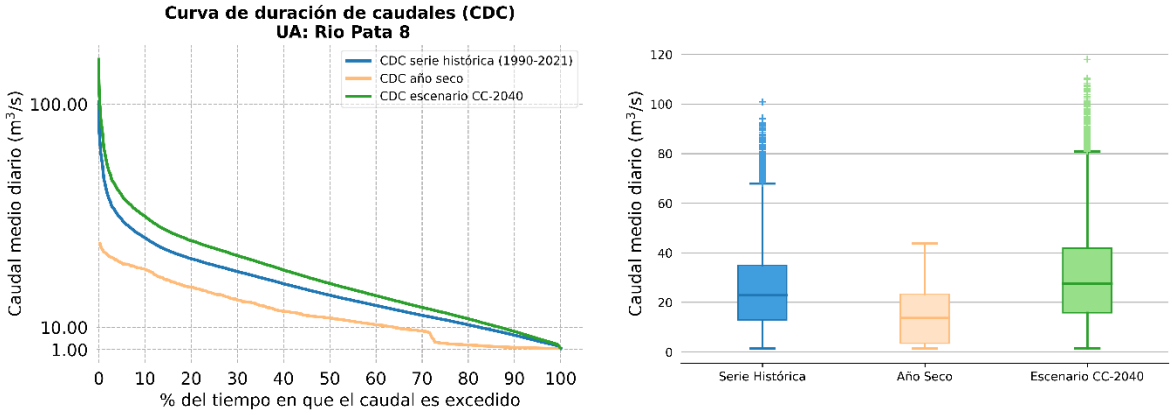


Figura 361. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Pata 8. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.3.2. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Canoas

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en diciembre con un valor de 6.2 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 1.2 m^3/s (Tabla 190). Se observa un aumento del 20.0% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 18.2% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 362.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
4.4	3.4	3.8	4.7	4.6	3.1	1.9	1.2	1.3	2.9	5.7	6.2

Tabla 190. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Canoas

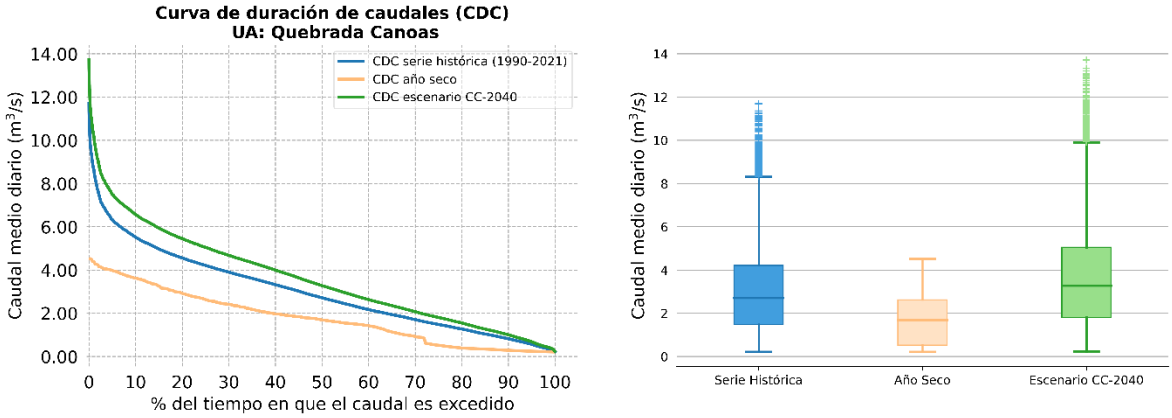


Figura 362. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Canoas. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.3.3. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Pata 7

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en diciembre con un valor de 39.1 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 8.4 m^3/s (Tabla 191). Se observa un aumento del 19.8% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 17.6% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 363.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
26.9	21.7	25.3	31.6	30.8	20.8	11.9	8.4	9.6	21.5	37.5	39.1

Tabla 191. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Pata 7

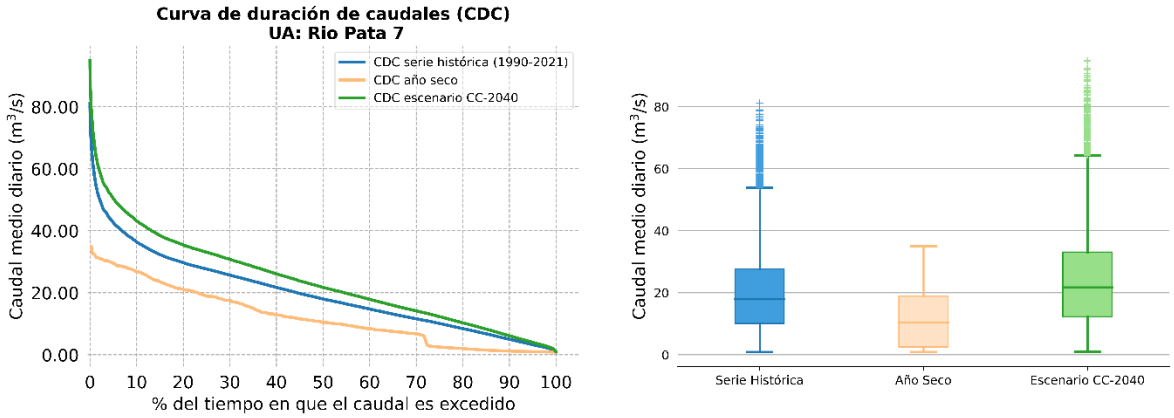


Figura 363. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Pata 7. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.3.4. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Salitre

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en diciembre con un valor de 2.4 m³/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 0.4 m³/s (Tabla 192). Se observa un aumento del 20.2% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 18.1% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 364.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1.6	1.3	1.5	1.8	1.8	1.2	0.6	0.4	0.5	1.2	2.3	2.4

Tabla 192. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m³/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Salitre

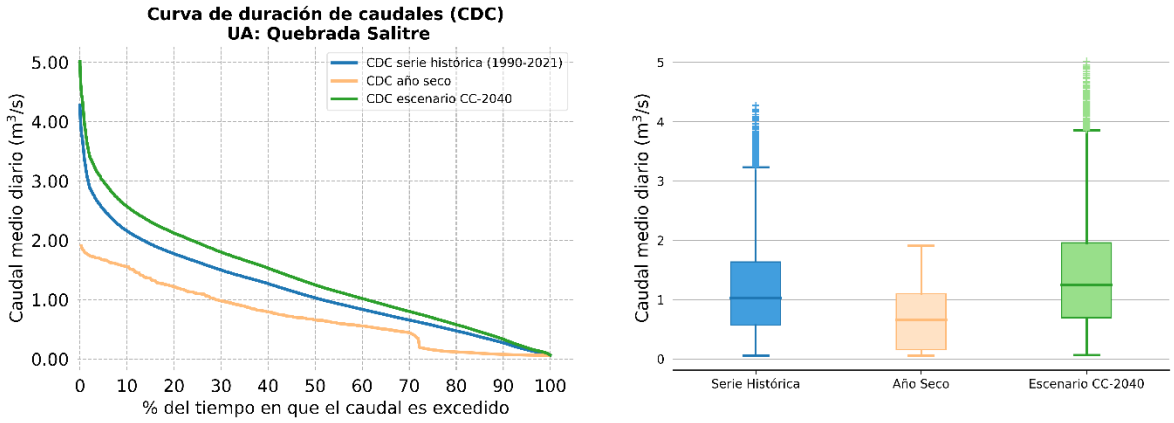


Figura 364. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Salitre. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.3.5. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Pata 6

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en diciembre con un valor de 33.9 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 7.5 m^3/s (Tabla 193). Se observa un aumento del 19.8% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 17.5% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 365.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
23.5	19.0	22.0	27.4	27.0	18.3	10.6	7.5	8.3	18.5	32.3	33.9

Tabla 193. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Pata 6

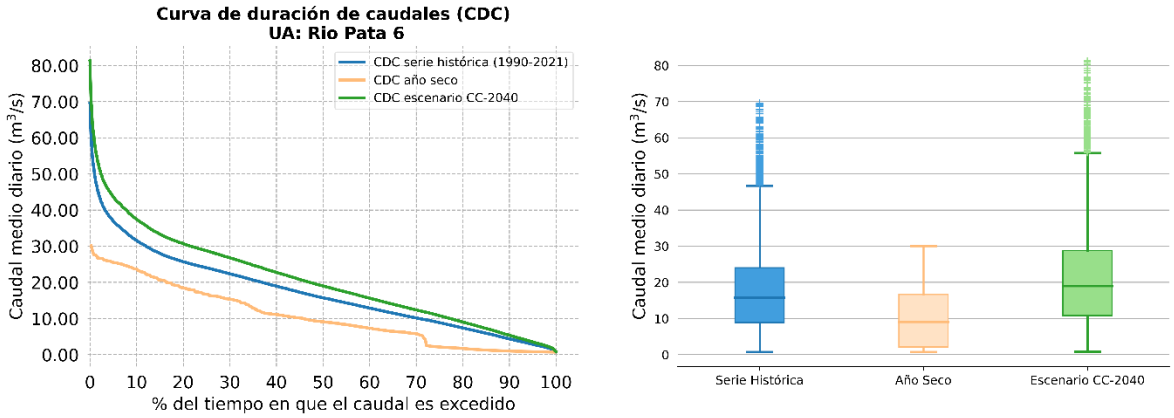


Figura 365. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Pata 6. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.3.6. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Vieja

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en diciembre con un valor de 8.3 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 1.8 m^3/s (Tabla 194). Se observa un aumento del 19.3% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 17.3% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 366.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
5.8	4.9	5.6	6.8	6.5	4.4	2.5	1.8	2.1	4.8	8.0	8.3

Tabla 194. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Vieja

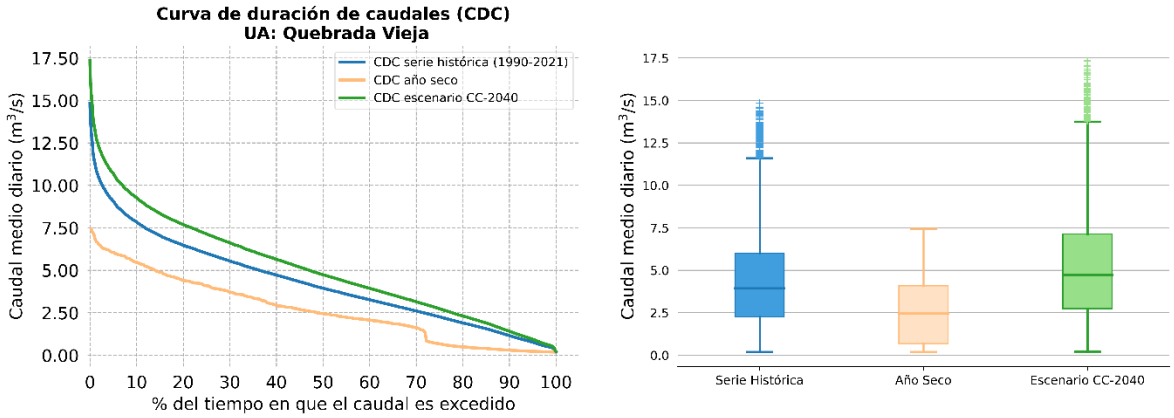


Figura 366. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Vieja. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.3.7. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Pata 5

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en diciembre con un valor de 24.1 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 5.4 m^3/s (Tabla 195). Se observa un aumento del 19.9% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 17.5% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 367.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
16.8	13.4	15.6	19.5	19.5	13.4	7.7	5.4	6.0	13.0	22.9	24.1

Tabla 195. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Pata 5

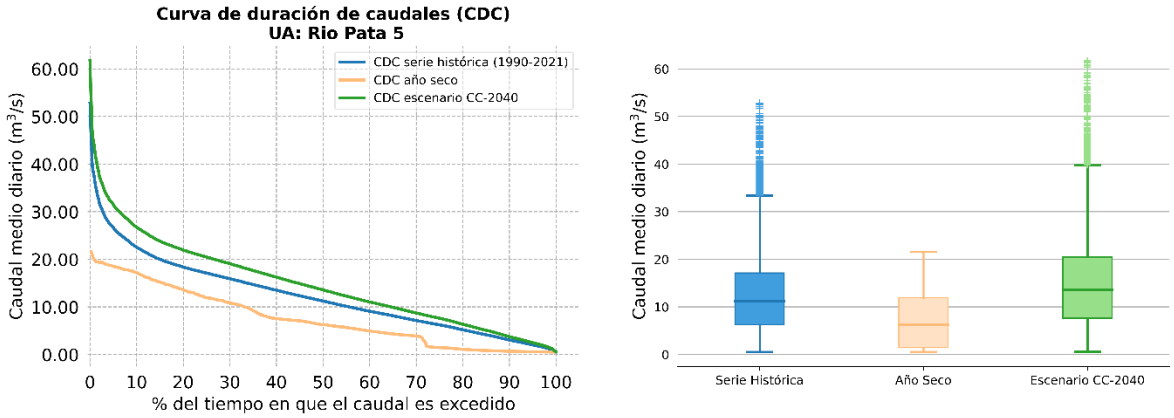


Figura 367. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Pata 5. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.3.8. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Tambilla

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en diciembre con un valor de 1.5 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 0.3 m^3/s (Tabla 196). Se observa un aumento del 20.3% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 17.6% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 368.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1.0	0.8	0.9	1.2	1.2	0.7	0.4	0.3	0.3	0.8	1.5	1.5

Tabla 196. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Tambilla

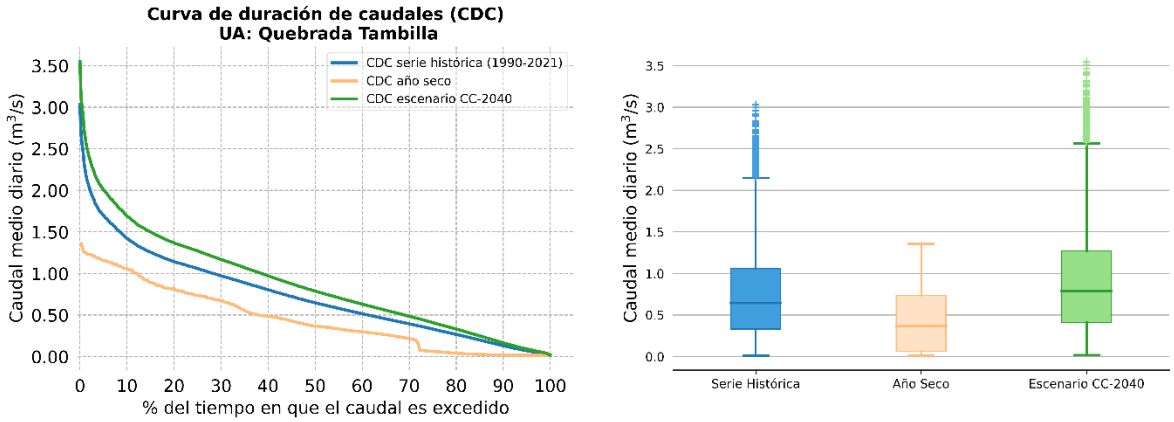


Figura 368. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Tambilla. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.3.9. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Pata 4

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en diciembre con un valor de 19.4 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 4.6 m^3/s (Tabla 197). Se observa un aumento del 19.8% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 17.5% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 369.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
13.7	11.0	12.7	15.8	15.9	11.1	6.5	4.6	4.9	10.4	18.4	19.4

Tabla 197. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Pata 4

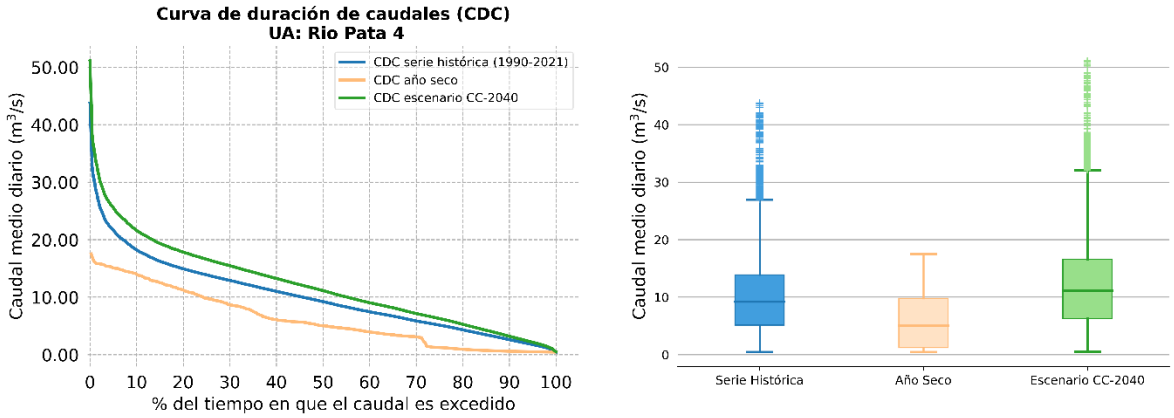


Figura 369. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Pata 4. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.3.10. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Chilirco

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en diciembre con un valor de 2.0 m³/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 0.4 m³/s (Tabla 198). Se observa un aumento del 19.8% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 17.6% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 370.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1.4	1.1	1.2	1.6	1.5	1.0	0.5	0.4	0.4	1.1	1.9	2.0

Tabla 198. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m³/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Chilirco

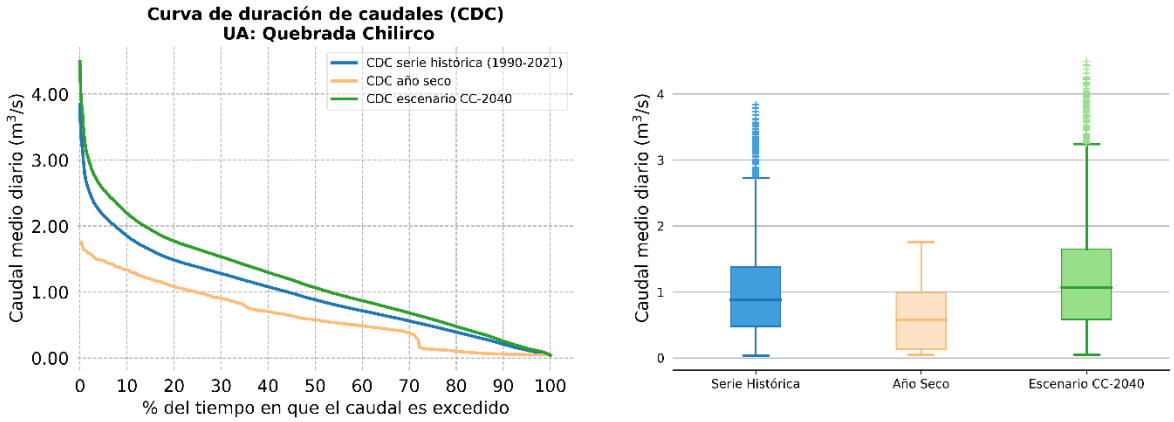


Figura 370. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Chilirco. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.3.11. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Pata 3

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en diciembre con un valor de 10.1 m³/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 2.9 m³/s (Tabla 199). Se observa un aumento del 19.5% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 17.2% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 371.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
7.5	6.1	6.7	8.3	8.6	6.4	4.1	2.9	2.9	5.3	9.3	10.1

Tabla 199. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m³/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Pata 3

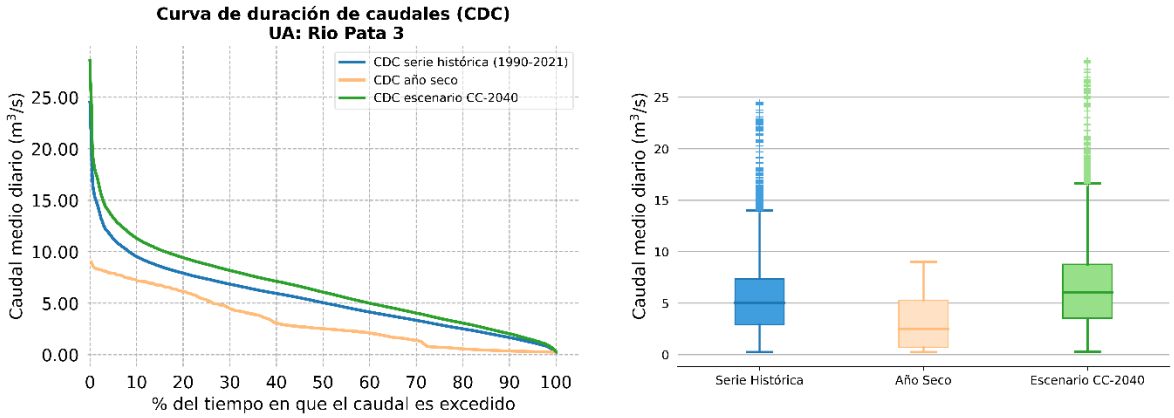


Figura 371. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Pata 3. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.3.12. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Buenos Aires

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en diciembre con un valor de 1.7 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 0.4 m^3/s (Tabla 200). Se observa un aumento del 20.3% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 17.6% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 372.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1.2	1.0	1.2	1.4	1.5	1.0	0.6	0.4	0.4	0.9	1.7	1.7

Tabla 200. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Buenos Aires

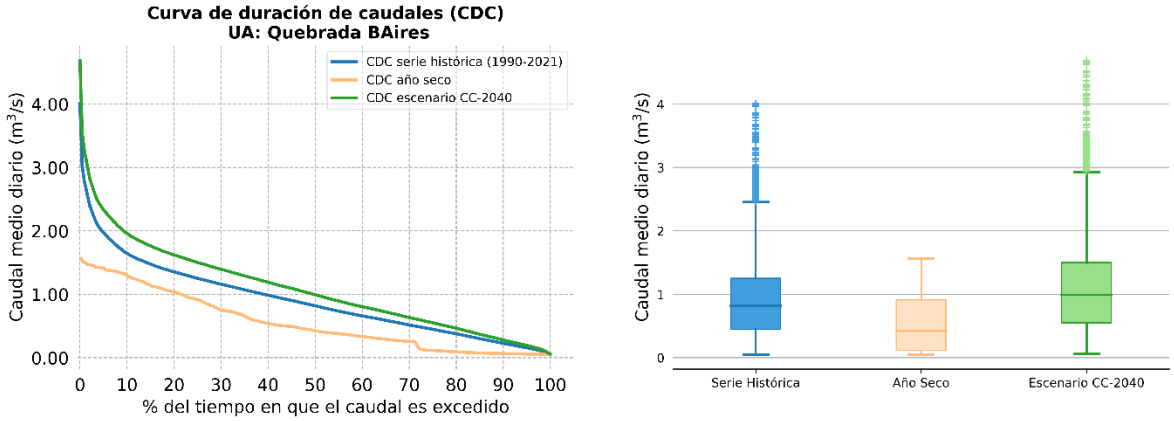


Figura 372. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Buenos Aires. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.3.13. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Pata 2

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en diciembre con un valor de 7.4 m³/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 2.2 m³/s (Tabla 201). Se observa un aumento del 19.4% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 17.0% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 373.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
5.7	4.6	5.0	6.1	6.4	4.9	3.2	2.3	2.2	3.9	6.7	7.4

Tabla 201. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m³/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Pata 2

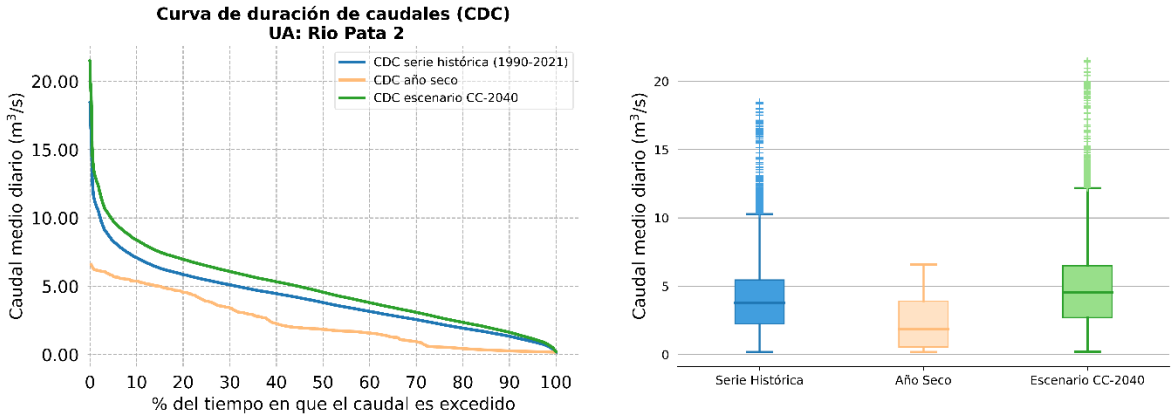


Figura 373. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Pata 2. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.3.14. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada San Pablo

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en diciembre con un valor de 2.5 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 0.7 m^3/s (Tabla 202). Se observa un aumento del 19.0% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 16.9% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 374.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1.9	1.5	1.6	2.0	2.1	1.6	1.0	0.7	0.7	1.3	2.3	2.5

Tabla 202. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada San Pablo

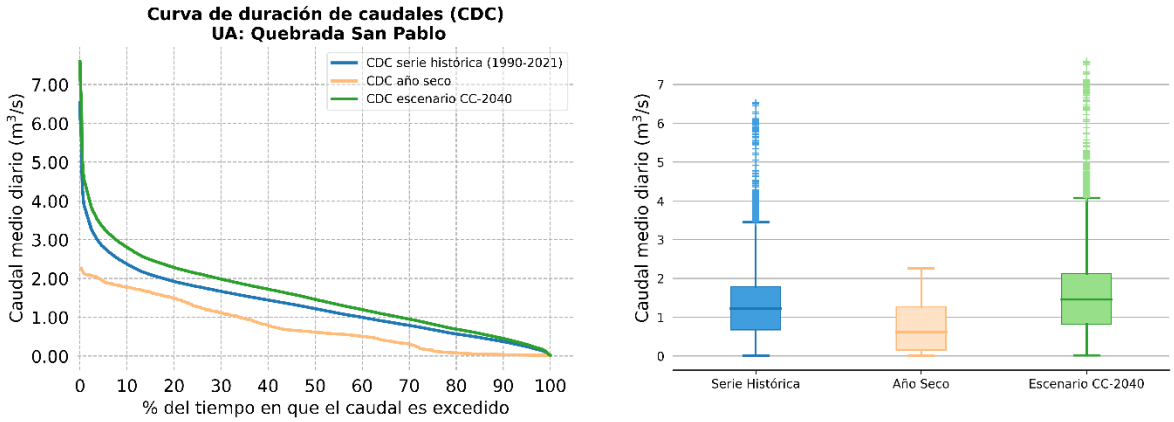


Figura 374. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada San Pablo. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios

17.3.15. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Pata 1

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en diciembre con un valor de 2.7 m³/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 0.9 m³/s (Tabla 203). Se observa un aumento del 19.6% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 17.1% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 375.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2.2	1.8	1.9	2.3	2.4	1.9	1.3	0.9	0.9	1.4	2.4	2.7

Tabla 203. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m³/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Pata 1

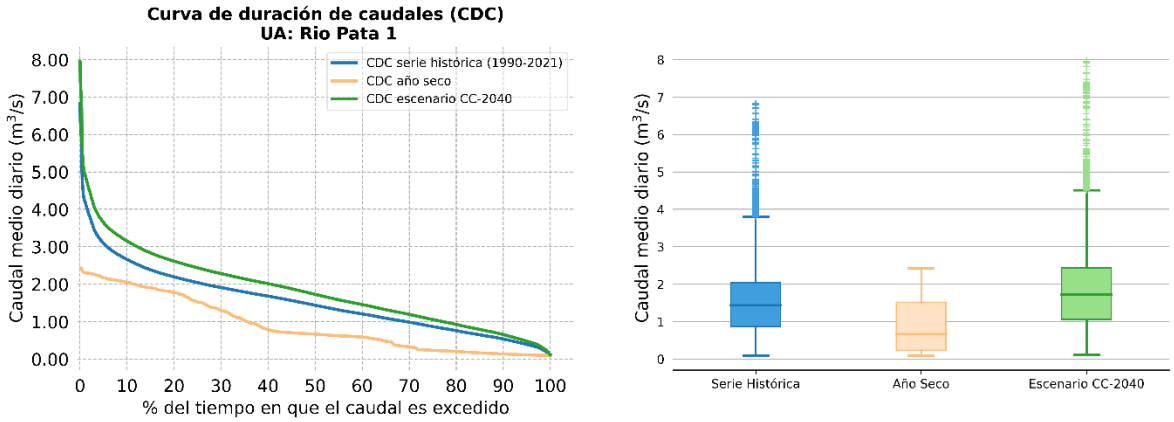


Figura 375. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Pata 1. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.4. Oferta Hídrica en Escenario de Cambio Climático para la Subzona Hidrográfica Anchique, Chenche y Directos al Magdalena

17.4.1. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Chenche 6

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 16.5 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 7.5 m^3/s (Tabla 204). Se observa un aumento del 20.7% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 21.1% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 376.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
10.7	10.1	11.8	15.4	16.5	12.8	9.6	7.5	7.7	10.5	14.4	13.6

Tabla 204. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Chenche 6

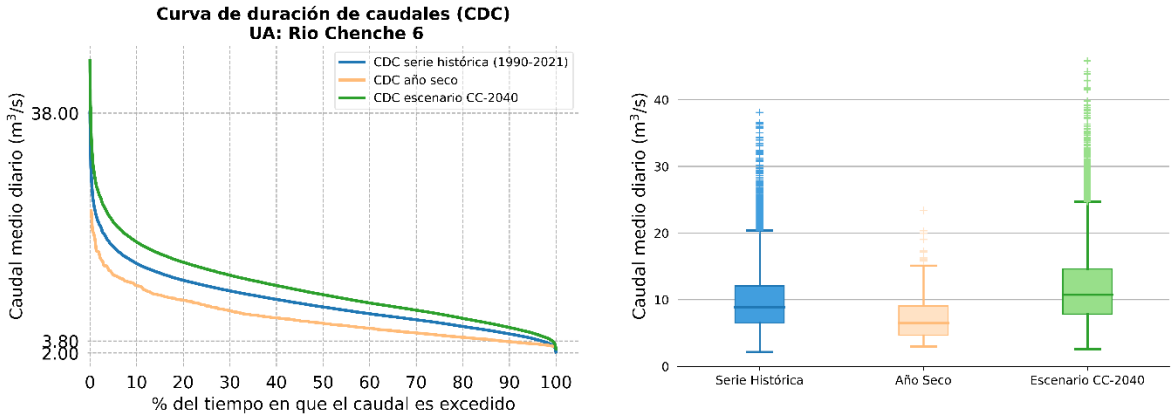


Figura 376. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Chenche 6. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.4.2. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Cabuyal

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 1.5 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 0.7 m^3/s (Tabla 205). Se observa un aumento del 20.3% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 19.7% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 377.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1.0	1.0	1.1	1.3	1.5	1.2	1.0	0.7	0.7	0.8	1.2	1.2

Tabla 205. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Cabuyal

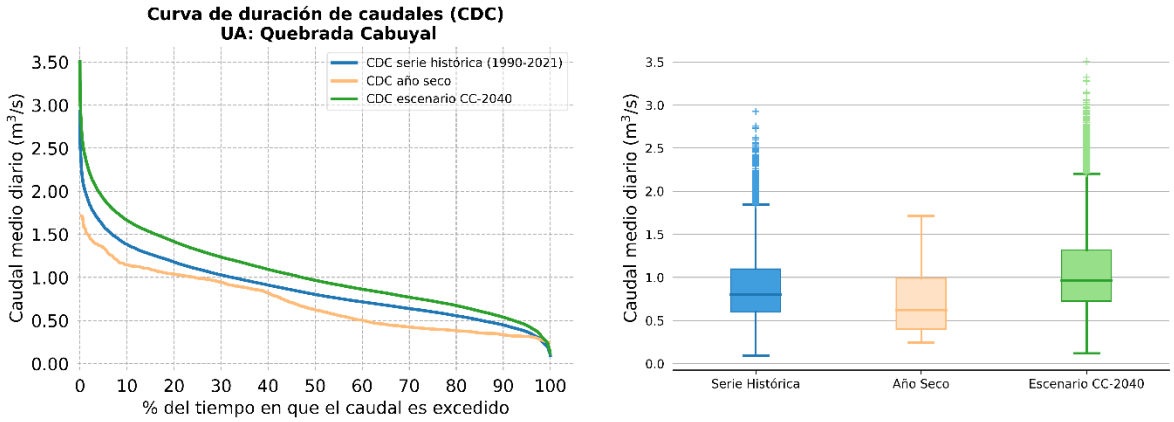


Figura 377. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Cabuyal. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.4.3. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Chenche 5

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 10.0 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 4.7 m^3/s (Tabla 206). Se observa un aumento del 20.9% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 21.6% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 378.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
6.5	6.1	7.2	9.5	10.0	7.8	6.0	4.7	4.8	6.4	8.6	8.2

Tabla 206. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Chenche 5

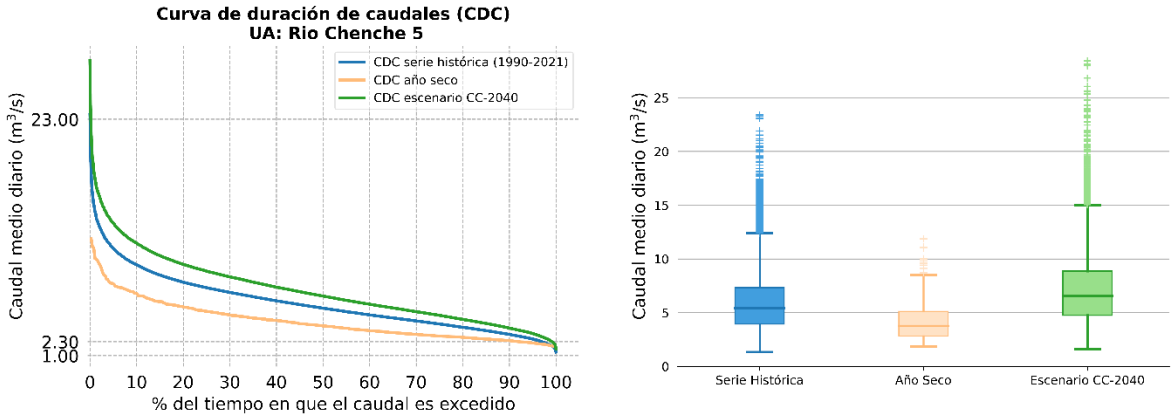


Figura 378. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Chenche 5. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.4.4. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Carmen

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 0.2 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 0.0 m^3/s (Tabla 207). Se observa un aumento del 47.3% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 33.9% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 379.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1

Tabla 207. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Carmen

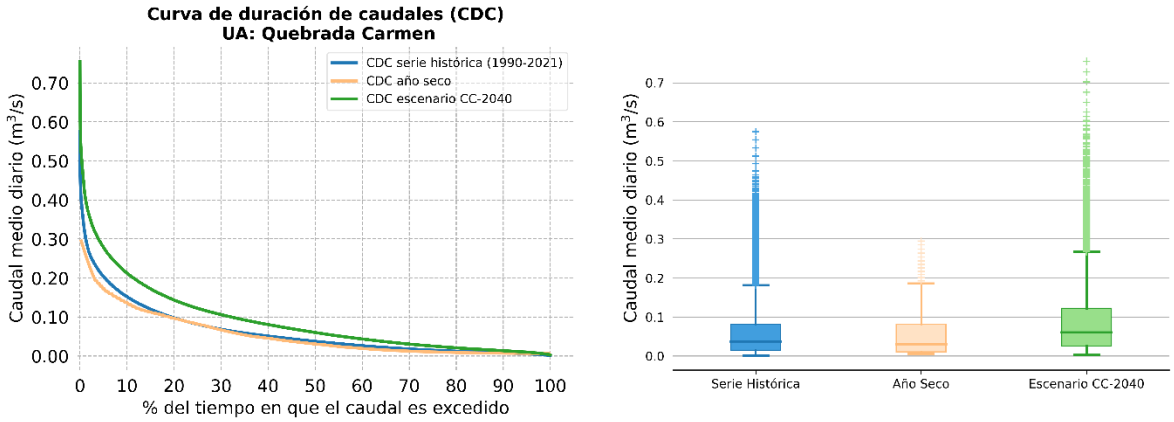


Figura 379. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Carmen. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.4.5. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Chenche 4

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 8.7 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 4.3 m^3/s (Tabla 208). Se observa un aumento del 21.0% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 21.8% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 380.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
5.7	5.4	6.2	8.3	8.7	6.9	5.4	4.3	4.3	5.6	7.5	7.2

Tabla 208. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Chenche 4

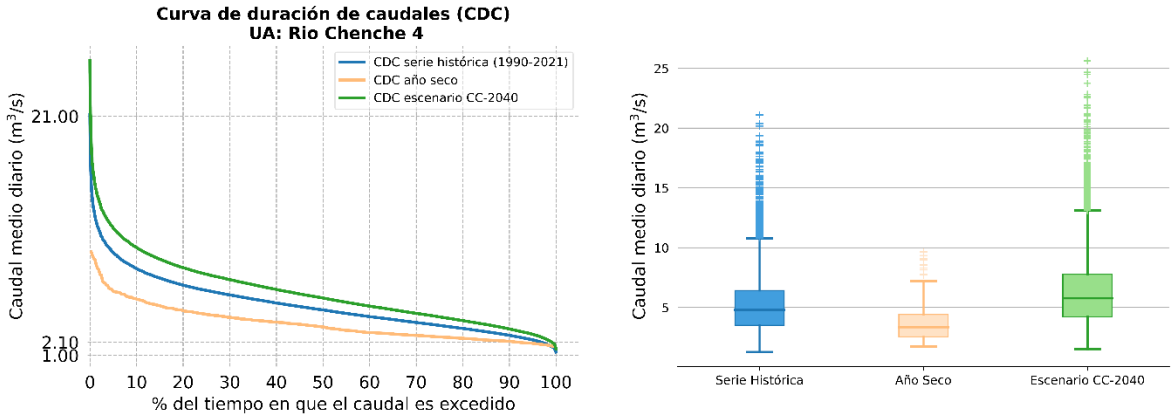


Figura 380. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Chenche 4. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.4.6. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Socorro

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 0.7 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de enero el cual corresponde a 0.5 m^3/s (Tabla 209). Se observa un aumento del 20.8% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 21.8% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 381.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0.5	0.5	0.5	0.6	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	0.5

Tabla 209. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Socorro

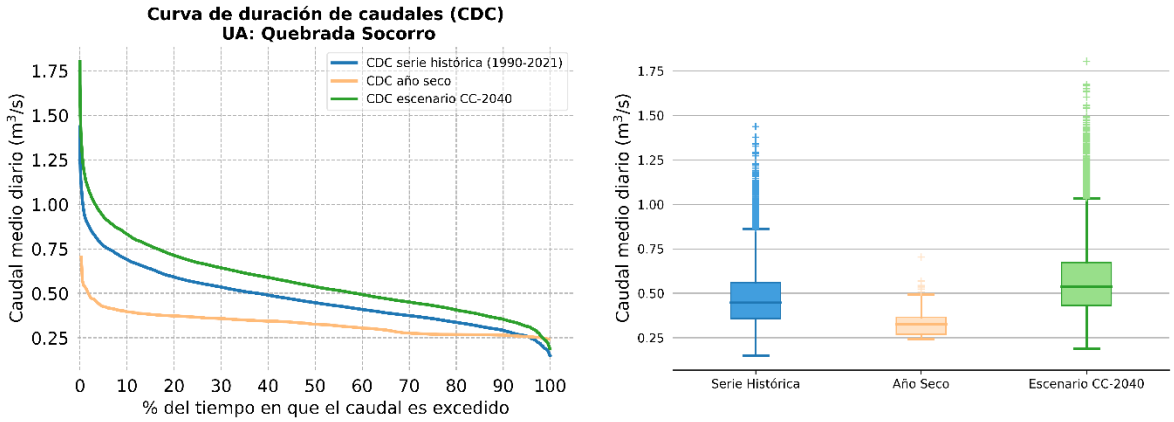


Figura 381. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Socorro. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.4.7. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Chenche 3

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 4.4 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 1.9 m^3/s (Tabla 210). Se observa un aumento del 20.7% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 21.0% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 382.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2.9	2.6	3.0	4.2	4.4	3.4	2.5	1.9	1.9	2.8	3.9	3.9

Tabla 210. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Chenche 3

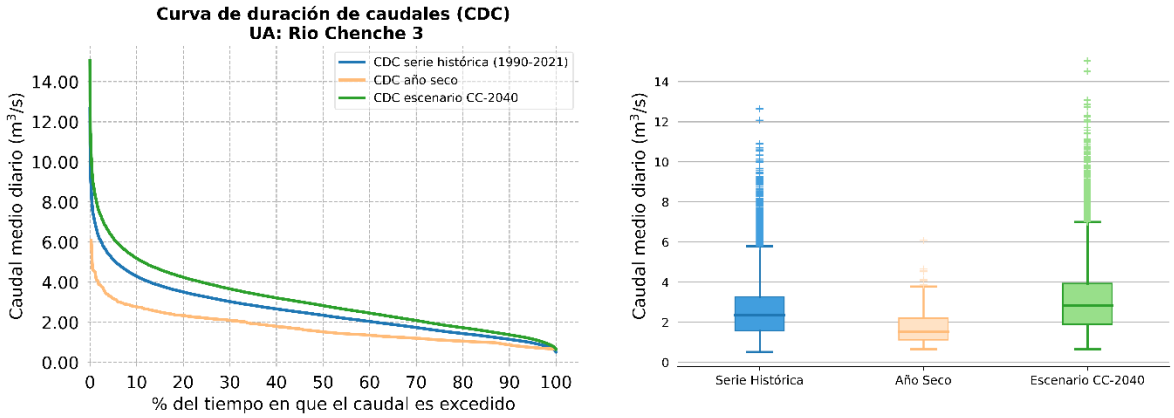


Figura 382. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Chenche 3. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.4.8. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Zaragoza

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 0.2 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 0.0 m^3/s (Tabla 211). Se observa un aumento del 46.9% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 34.5% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 383.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1

Tabla 211. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Zaragoza

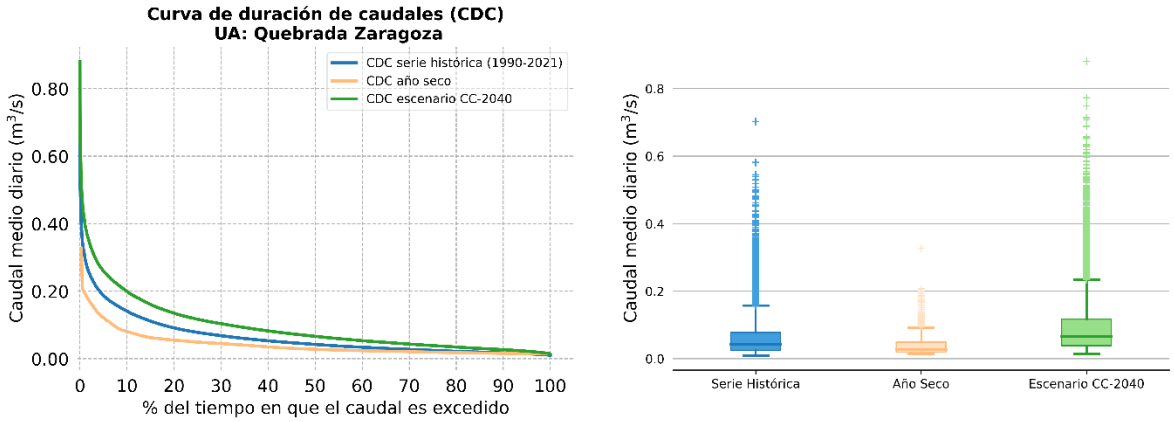


Figura 383. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Zaragoza. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.4.9. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Chenche 2

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 3.4 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 1.4 m^3/s (Tabla 212). Se observa un aumento del 20.7% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 21.1% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 384.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2.3	2.0	2.4	3.2	3.4	2.6	1.9	1.4	1.4	2.1	3.0	3.0

Tabla 212. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Chenche 2

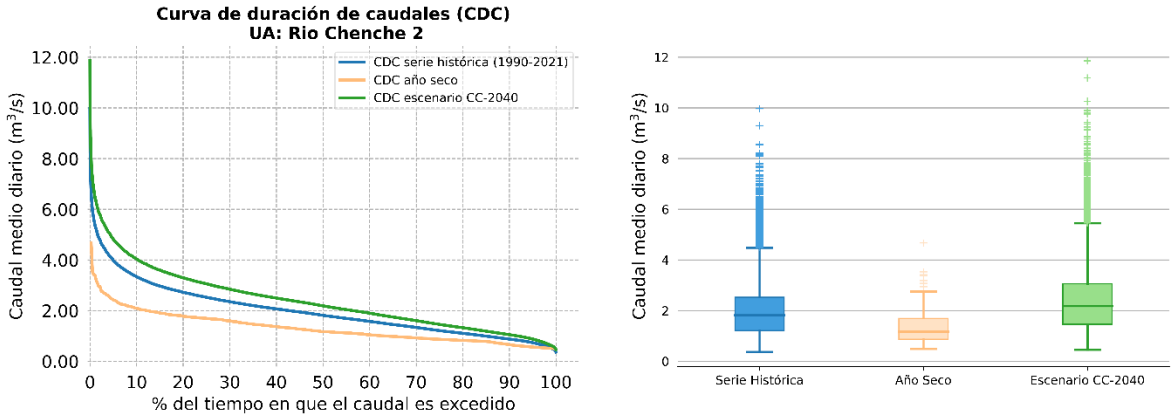


Figura 384. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Chenche 2. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.4.10. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Zanja Honda

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 0.9 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de enero el cual corresponde a 0.6 m^3/s (Tabla 213). Se observa un aumento del 20.9% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 22.6% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 385.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0.6	0.6	0.7	0.9	0.9	0.8	0.7	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7

Tabla 213. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Zanja Honda

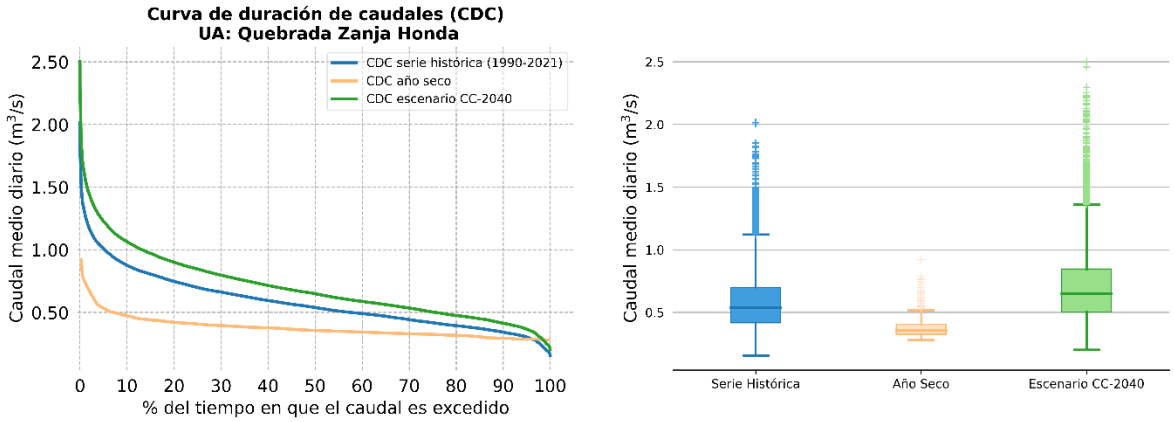


Figura 385. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Zanja Honda. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.4.11. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Chenche 1

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 1.6 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 0.5 m^3/s (Tabla 214). Se observa un aumento del 20.6% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 19.6% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 386.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1.1	0.9	1.1	1.5	1.6	1.2	0.7	0.5	0.5	0.9	1.6	1.6

Tabla 214. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Chenche 1

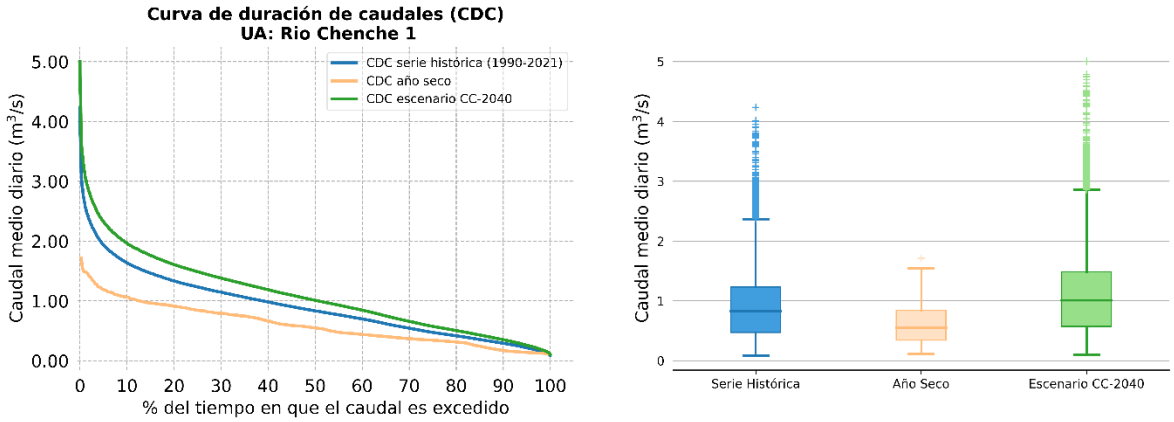


Figura 386. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Chenche 1. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.4.12. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Hilarco

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 5.8 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 2.4 m^3/s (Tabla 215). Se observa un aumento del 21.5% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 21.9% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 387.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
4.5	4.2	4.6	5.6	5.8	4.7	3.7	2.7	2.4	3.2	5.0	5.3

Tabla 215. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Hilarco

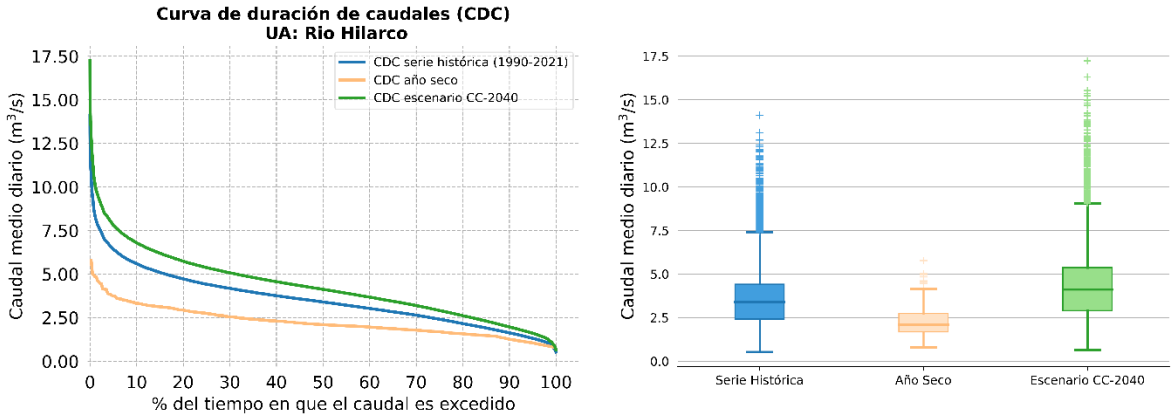


Figura 387. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Hilarco. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.4.13. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Guaguarco 3

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en diciembre con un valor de 7.1 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 2.3 m^3/s (Tabla 216). Se observa un aumento del 20.7% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 19.8% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 388.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
5.3	4.5	5.1	6.5	6.4	4.6	3.2	2.3	2.3	3.9	6.9	7.1

Tabla 216. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Guaguarco 3

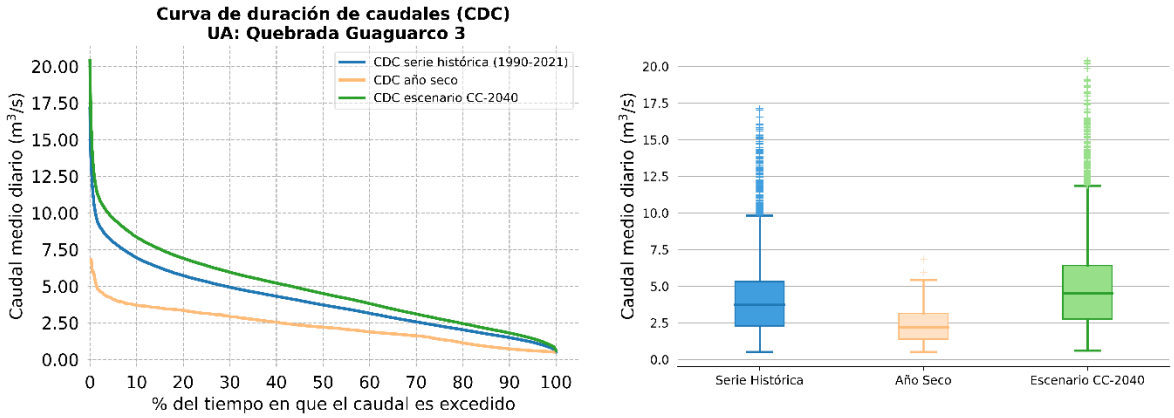


Figura 388. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Guaguarco 3. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.4.14. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Baloca Grande

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en diciembre con un valor de 1.2 m³/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 0.4 m³/s (Tabla 217). Se observa un aumento del 20.1% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 18.8% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 389.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0.9	0.8	0.9	1.1	1.1	0.8	0.6	0.5	0.4	0.7	1.1	1.2

Tabla 217. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m³/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Baloca Grande

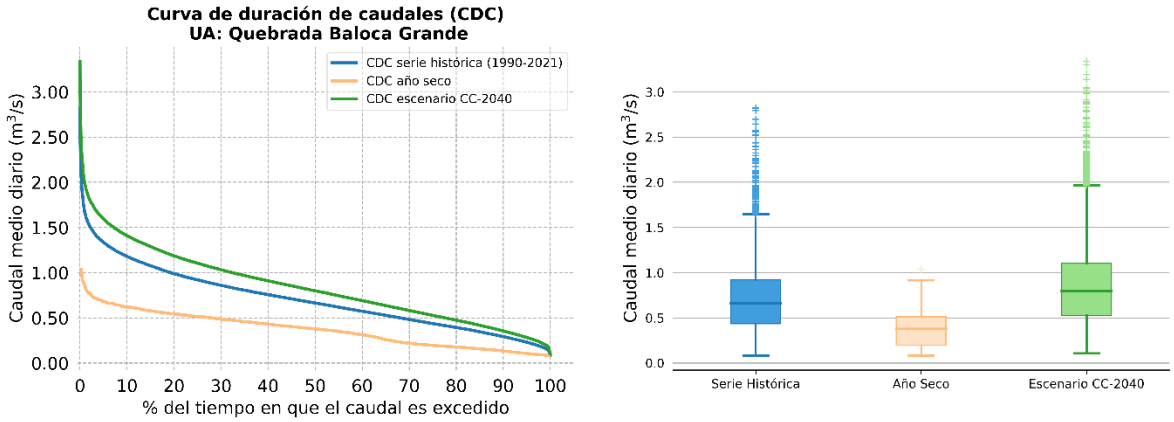


Figura 389. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Baloca Grande. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.4.15. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Guaguarco 2

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en diciembre con un valor de 5.8 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 1.8 m^3/s (Tabla 218). Se observa un aumento del 20.8% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 20.0% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 390.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
4.3	3.6	4.0	5.2	5.2	3.8	2.6	1.8	1.8	3.2	5.6	5.8

Tabla 218. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Guaguarco 2

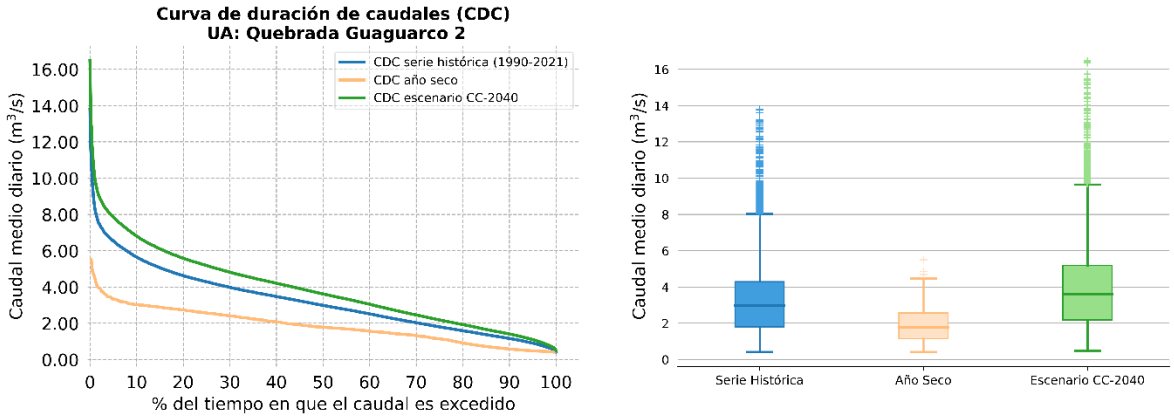


Figura 390. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Guaguarco 2. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.4.16. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Totarco

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en diciembre con un valor de 2.5 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 0.5 m^3/s (Tabla 219). Se observa un aumento del 20.5% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 19.1% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 391.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1.7	1.4	1.6	2.1	2.1	1.4	0.8	0.5	0.6	1.3	2.5	2.5

Tabla 219. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Totarco

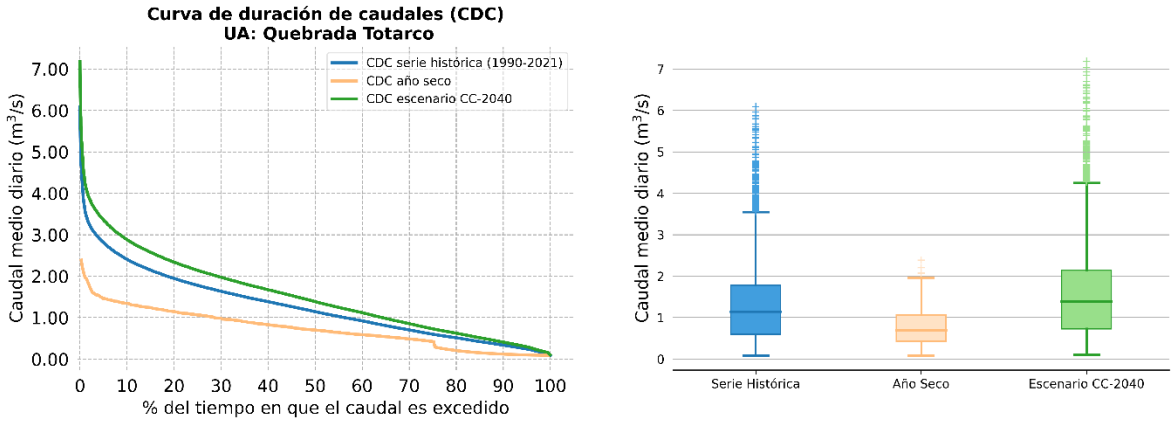


Figura 391. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Totarco. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.4.17. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Guaguarco 1

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 1.1 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 0.4 m^3/s (Tabla 220). Se observa un aumento del 21.3% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 20.8% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 392.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0.8	0.7	0.8	1.1	1.1	0.8	0.6	0.4	0.4	0.7	1.1	1.1

Tabla 220. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Guaguarco 1

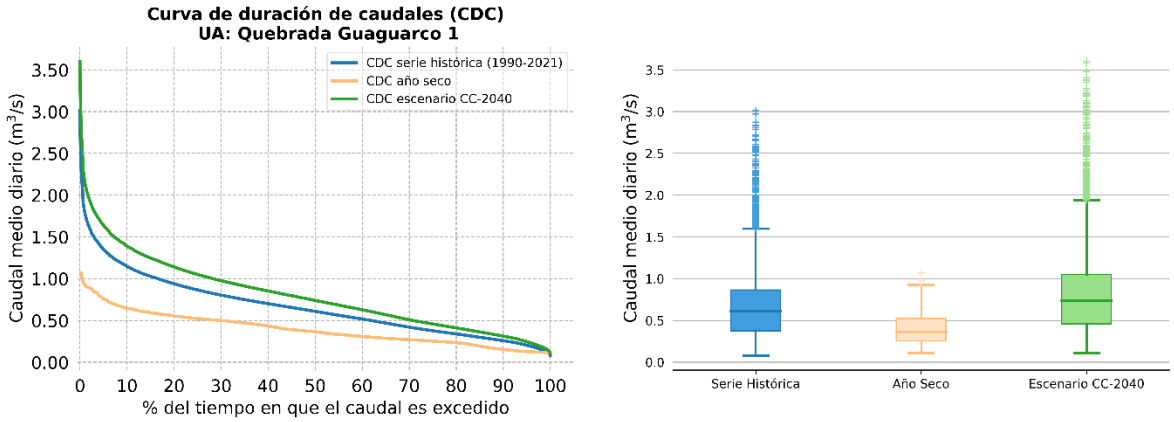


Figura 392. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Guaguarco 1. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.4.18. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Anchique 3

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en diciembre con un valor de 17.3 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 4.7 m^3/s (Tabla 221). Se observa un aumento del 19.7% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 18.6% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 393.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
13.0	10.5	11.6	14.1	13.8	10.0	6.7	4.7	4.8	8.6	16.1	17.3

Tabla 221. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Anchique 3

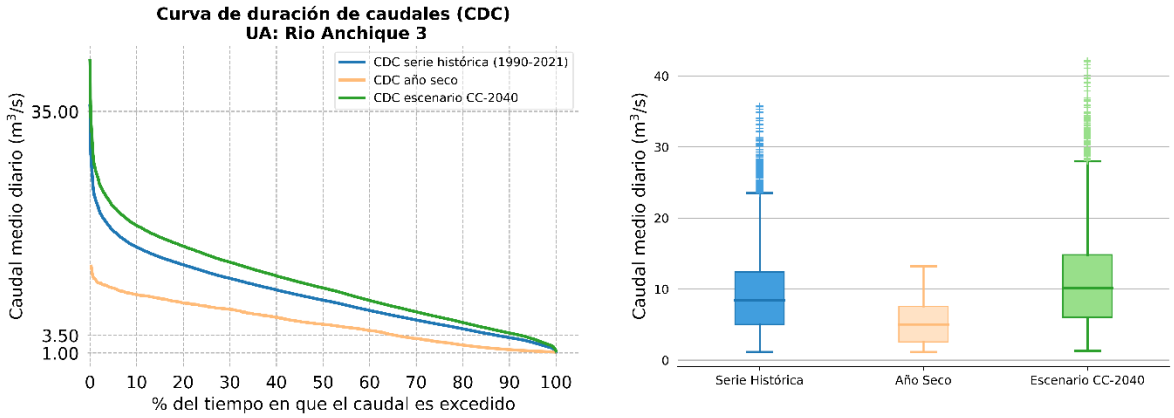


Figura 393. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Anchique 3. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.4.19. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Natarroco

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en diciembre con un valor de 1.1 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 0.2 m^3/s (Tabla 222). Se observa un aumento del 19.4% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 17.7% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 394.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0.7	0.6	0.7	0.9	0.8	0.5	0.3	0.2	0.2	0.5	1.1	1.1

Tabla 222. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Natarroco

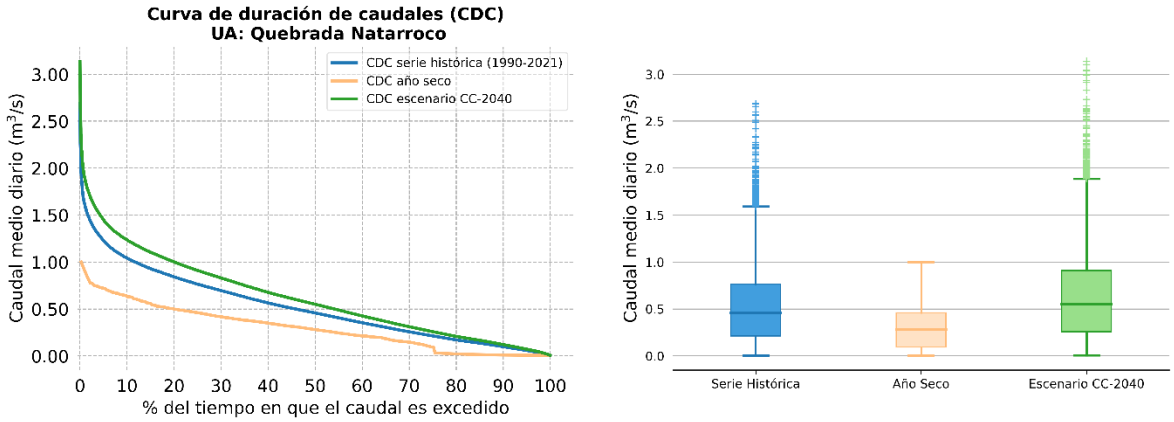


Figura 394. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Natarroco. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.4.20. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Anchique 2

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en diciembre con un valor de 14.5 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 3.4 m^3/s (Tabla 223). Se observa un aumento del 19.8% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 18.3% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 395.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
10.8	8.6	9.5	11.6	11.4	8.2	5.2	3.4	3.4	6.7	13.2	14.5

Tabla 223. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Anchique 2

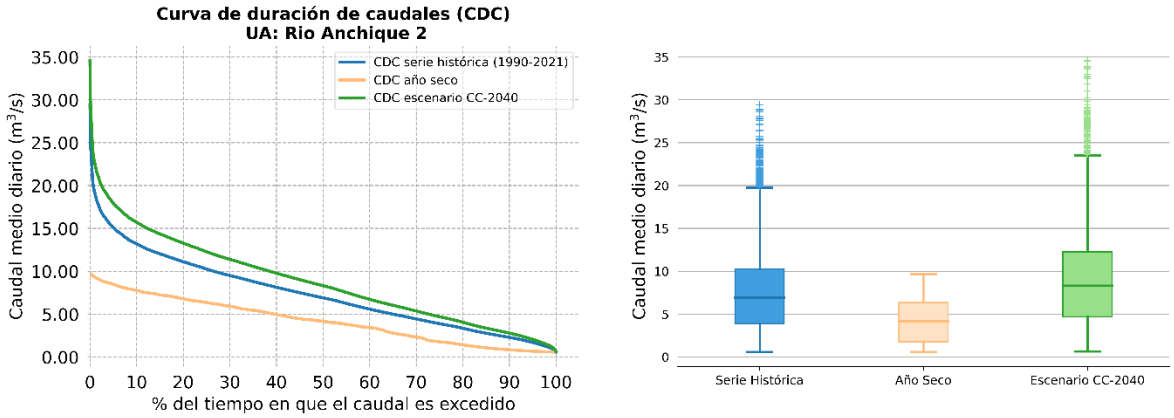


Figura 395. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Anchique 2. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.4.21. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Chocho

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en diciembre con un valor de 3.6 m³/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 1.0 m³/s (Tabla 224). Se observa un aumento del 20.7% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 18.8% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 396.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2.8	2.3	2.5	2.9	3.0	2.3	1.5	1.0	1.0	1.7	3.2	3.6

Tabla 224. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m³/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Chocho

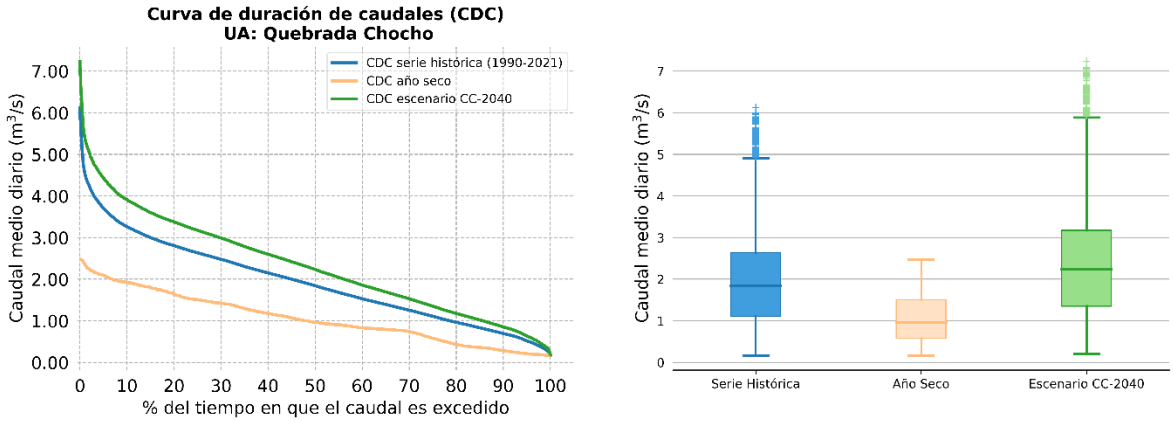


Figura 396. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Chocho. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.4.22. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Anchique 1

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en diciembre con un valor de 4.6 m³/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 1.1 m³/s (Tabla 225). Se observa un aumento del 19.6% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 18.2% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 397.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
3.5	2.9	3.0	3.6	3.6	2.6	1.7	1.2	1.1	2.0	4.0	4.6

Tabla 225. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m³/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Anchique 1

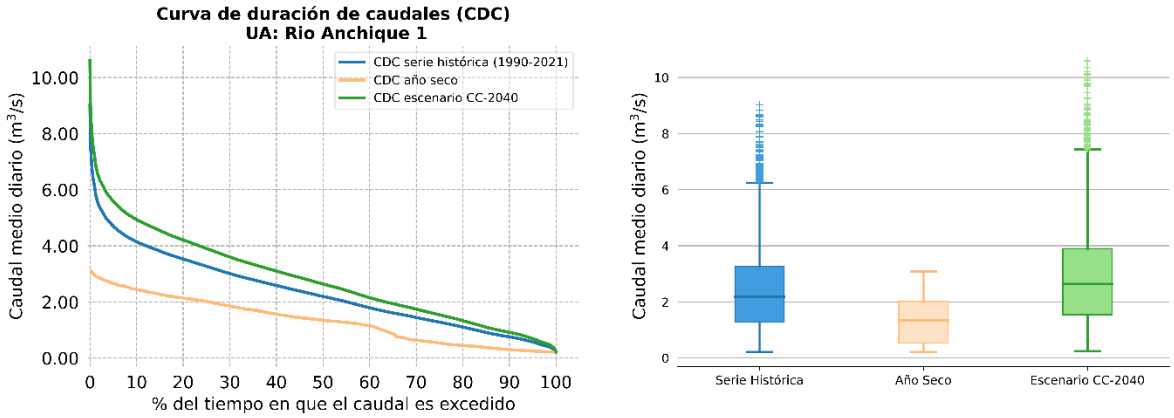


Figura 397. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Anchique 1. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.4.23. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Yaco

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en diciembre con un valor de 4.2 m³/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 0.9 m³/s (Tabla 226). Se observa un aumento del 19.0% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 18.5% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 398.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2.9	2.2	2.5	3.1	3.0	2.0	1.3	0.9	1.0	2.0	4.1	4.2

Tabla 226. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m³/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Yaco

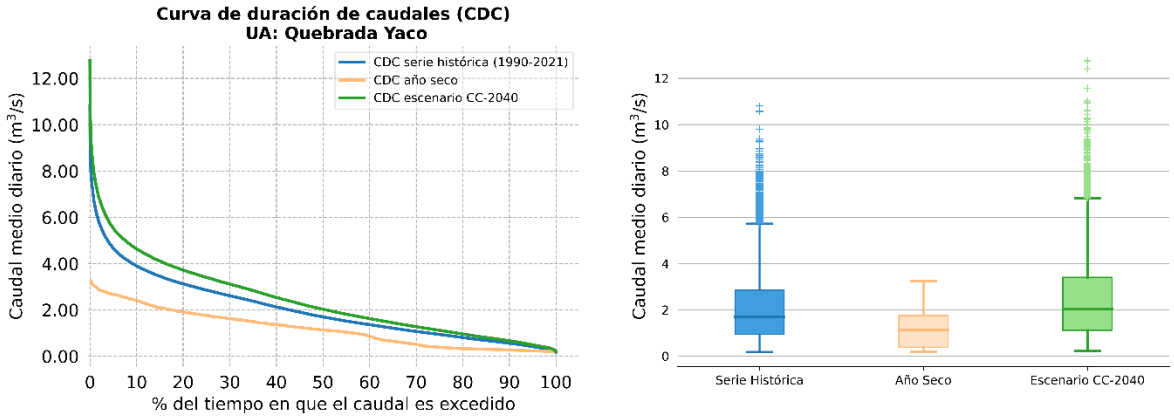


Figura 398. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Yaco. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.5. Oferta Hídrica en Escenario de Cambio Climático para la Subzona Hidrográfica Bajo Saldaña

17.5.1. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 21

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 478.4 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 267.8 m^3/s (Tabla 227). Se observa un aumento del 23.8% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 19.5% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 399.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
355.2	338.4	385.2	464.9	478.4	407.2	337.4	283.2	267.8	344.5	441.4	434.5

Tabla 227. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Saldaña 21

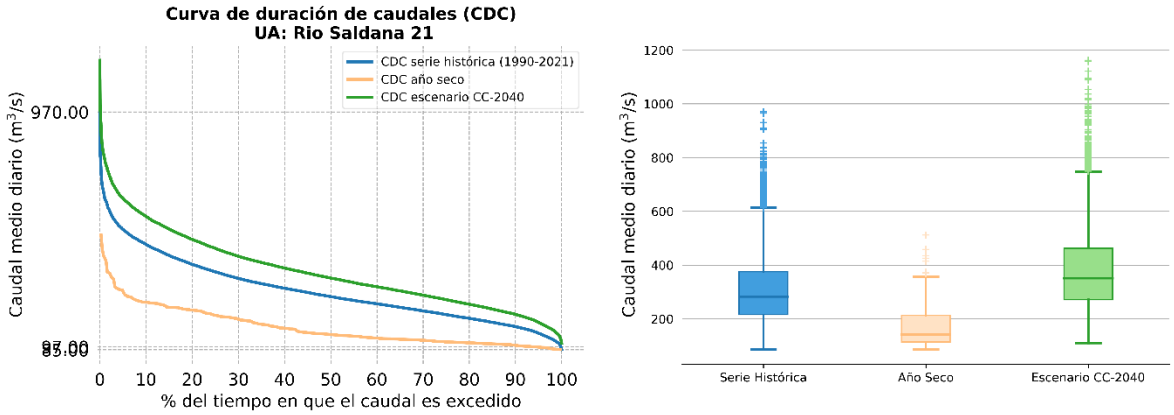


Figura 399. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Saldaña 21. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.5.2. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Lemaya

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en abril con un valor de 1.8 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de julio el cual corresponde a 0.2 m^3/s (Tabla 228). Se observa un aumento del 39.6% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 29.2% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 400.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0.3	0.4	0.7	1.8	1.5	0.5	0.2	0.3	0.3	1.1	1.3	0.6

Tabla 228. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Lemaya

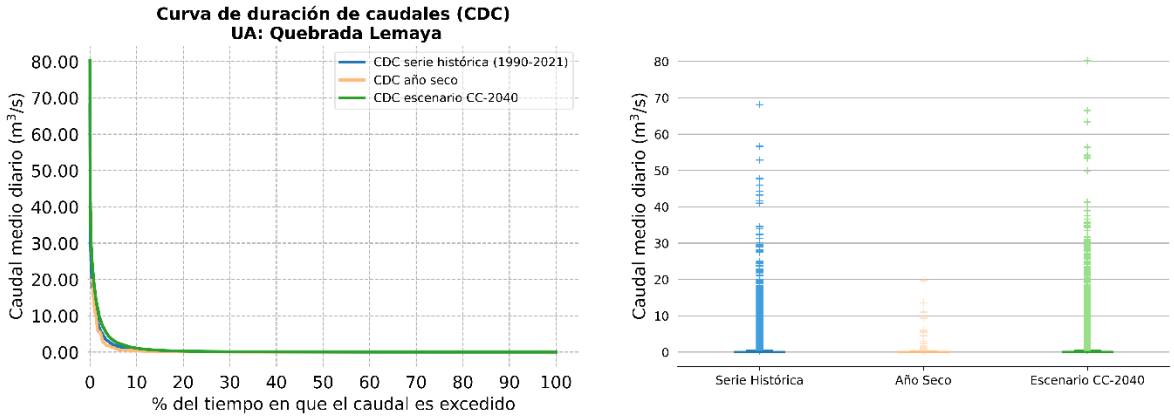


Figura 400. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Lemaya. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.5.3. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 20

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 476.6 m³/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 267.5 m³/s (Tabla 229). Se observa un aumento del 23.8% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 19.4% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 401.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
354.8	337.9	384.4	462.7	476.6	406.6	337.1	282.9	267.5	343.2	439.9	433.6

Tabla 229. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m³/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Saldaña 20

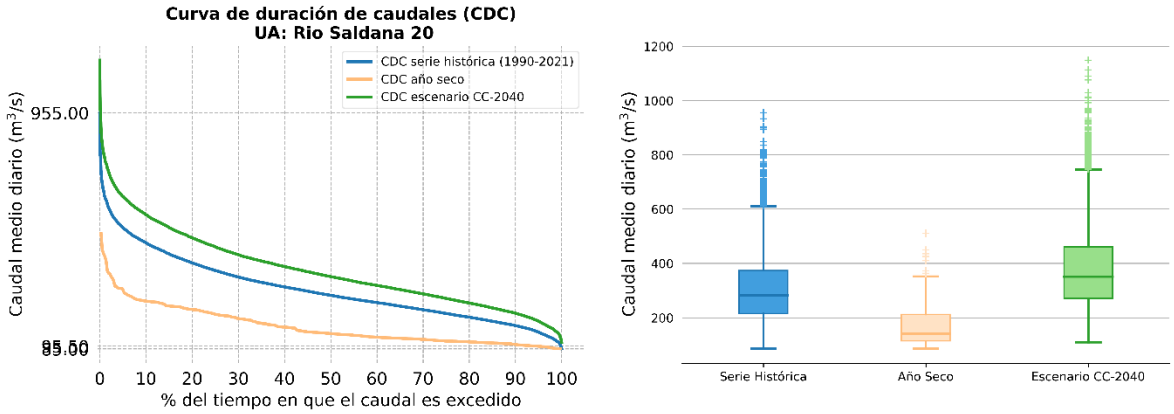


Figura 401. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Saldaña 20. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.5.4. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Chicora

El caudal medio mensual durante todo el año simulado del escenario de cambio climático corresponde a 0.0 m³/s (Tabla 230). Se observa una reducción del - 100.0% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica un drástico efecto del cambio climático en el escenario hidrológico simulado. Además, es evidenciable una reducción en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de - 100.0% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 402.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabla 230. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m³/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Chicora

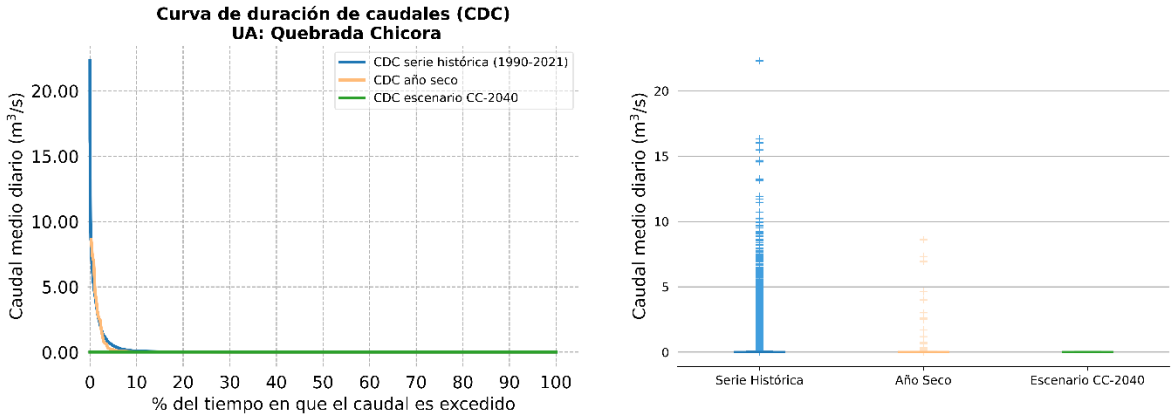


Figura 402. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Chicora. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.5.5. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 19

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 474.9 m³/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 267.2 m³/s (Tabla 231). Se observa un aumento del 23.7% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 19.3% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 403.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
354.5	337.4	383.7	460.5	474.9	405.9	336.9	282.5	267.2	342.1	438.6	432.6

Tabla 231. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m³/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Saldaña 19

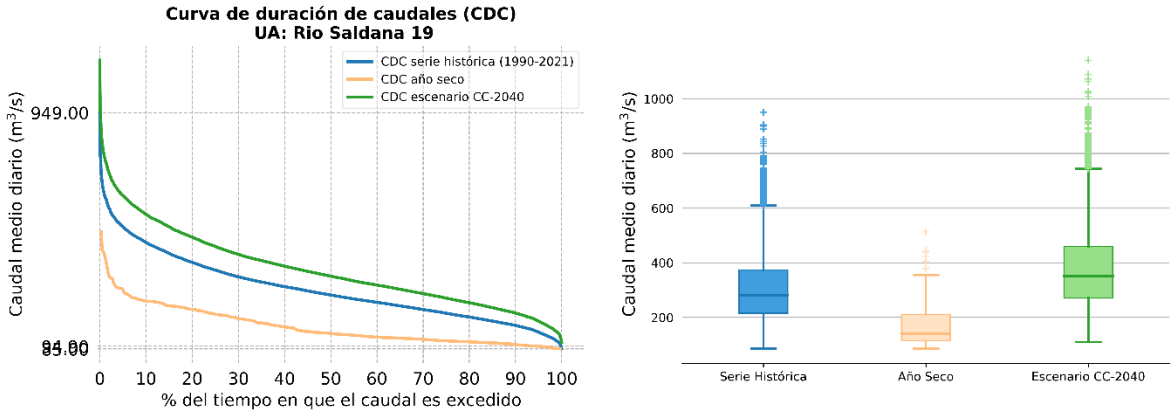


Figura 403. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Saldaña 19. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.5.6. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Pedregosa

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en abril con un valor de 1.0 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de julio el cual corresponde a 0.1 m^3/s (Tabla 232). Se observa un aumento del 43.2% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 31.1% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 404.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0.1	0.1	0.4	1.0	0.8	0.2	0.1	0.1	0.1	0.6	0.6	0.3

Tabla 232. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Pedregosa

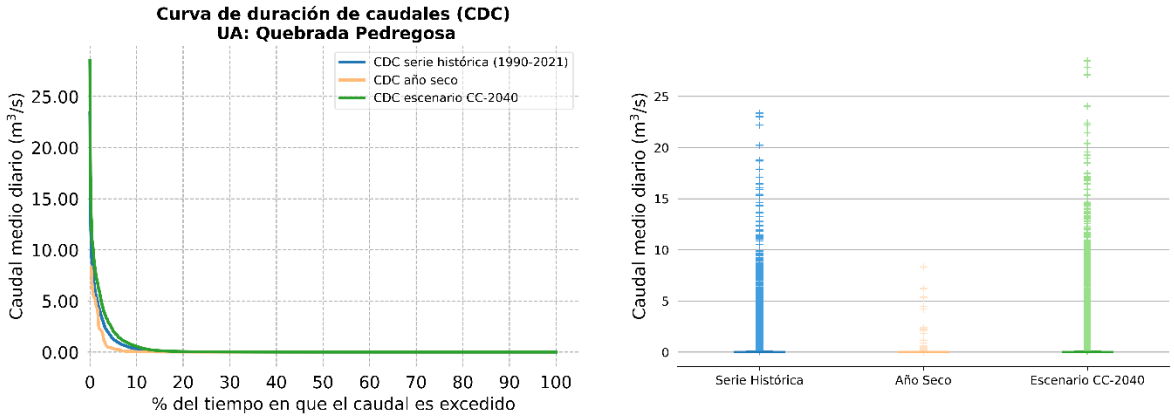


Figura 404. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Pedregosa. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.5.7. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 18

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 473.6 m³/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 267.0 m³/s (Tabla 233). Se observa un aumento del 23.7% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 19.2% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 405.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
354.2	337.2	383.1	458.8	473.6	405.4	336.7	282.2	267.0	341.2	437.5	431.9

Tabla 233. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m³/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Saldaña 18

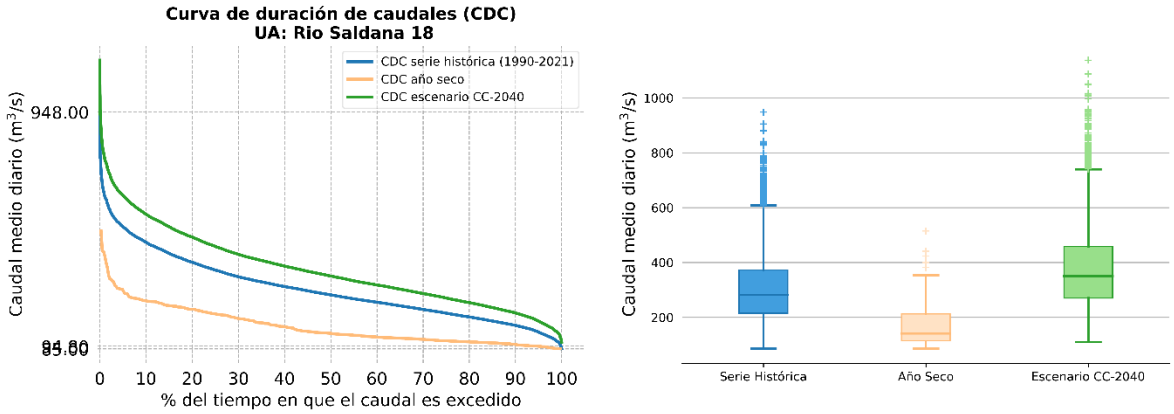


Figura 405. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Saldaña 18. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.5.8. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 17

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 411.4 m³/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 232.3 m³/s (Tabla 234). Se observa un aumento del 23.0% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 18.6% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 406.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
318.4	306.8	346.6	404.7	411.4	350.6	291.2	243.5	232.3	298.3	384.6	383.5

Tabla 234. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m³/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Saldaña 17

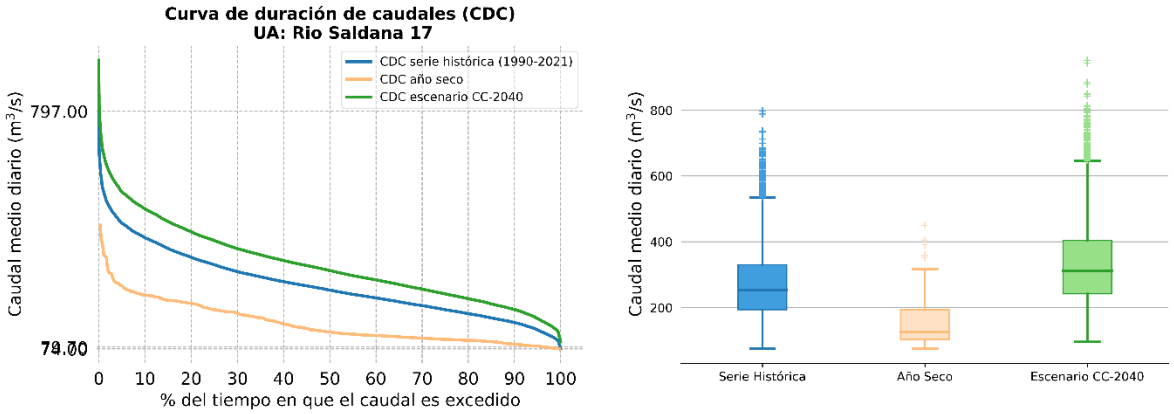


Figura 406. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Saldaña 17. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.5.9. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 16

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 410.1 m³/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 232.1 m³/s (Tabla 235). Se observa un aumento del 22.9% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 18.5% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 407.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
318.1	306.6	345.9	402.6	410.1	350.2	291.0	243.3	232.1	297.3	383.2	382.6

Tabla 235. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m³/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Saldaña 16

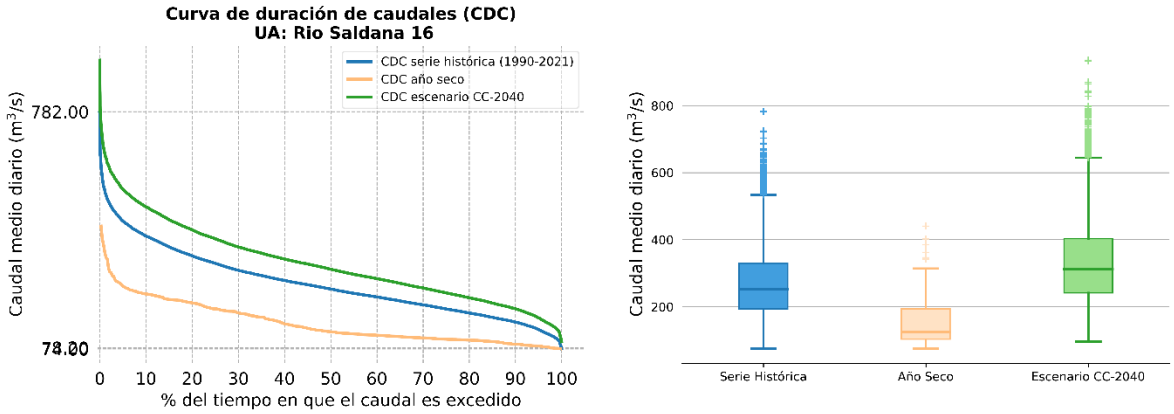


Figura 407. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Saldaña 16. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.5.10. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 15

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 398.2 m³/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 226.6 m³/s (Tabla 236). Se observa un aumento del 22.8% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 18.3% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 408.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
310.3	299.0	336.1	389.7	398.2	341.9	284.6	237.9	226.6	288.3	371.1	372.0

Tabla 236. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m³/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Saldaña 15

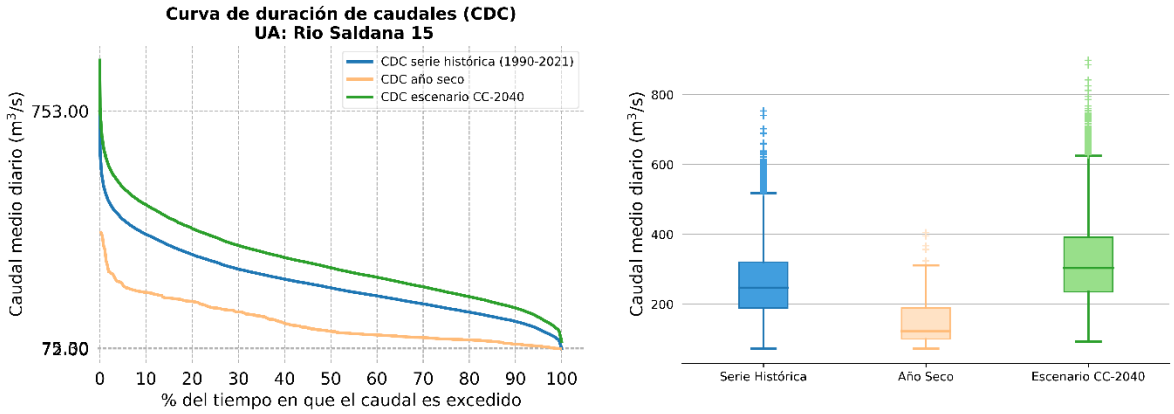


Figura 408. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Saldaña 15. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.5.11. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 14

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 364.4 m³/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 208.8 m³/s (Tabla 237). Se observa un aumento del 22.4% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 17.7% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 409.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
287.6	276.3	307.9	354.2	364.4	316.7	264.8	220.4	208.8	261.3	336.6	341.1

Tabla 237. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m³/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Saldaña 14

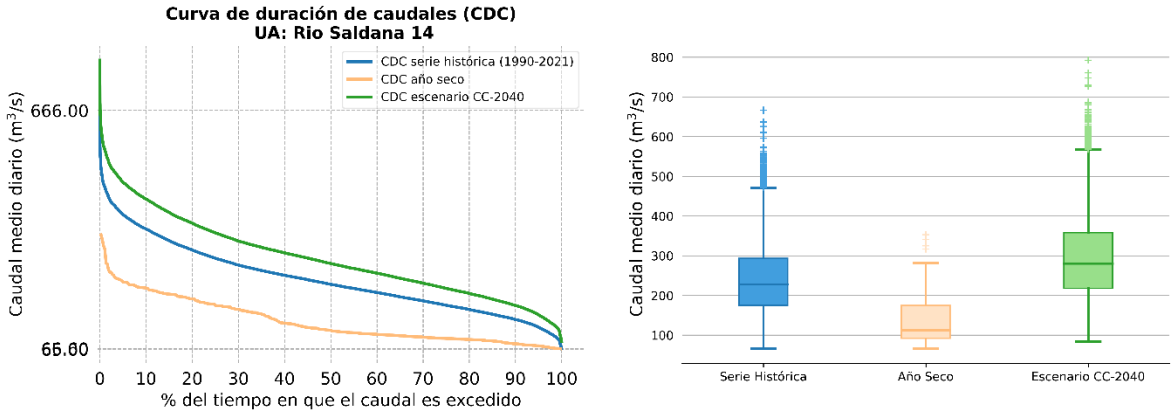


Figura 409. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Saldaña 14. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.5.12. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Aico

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en abril con un valor de 3.8 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 1.0 m^3/s (Tabla 238). Se observa un aumento del 28.9% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 25.3% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 410.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1.4	1.5	2.6	3.8	2.7	1.4	1.0	1.0	1.2	2.7	3.8	2.7

Tabla 238. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Aico

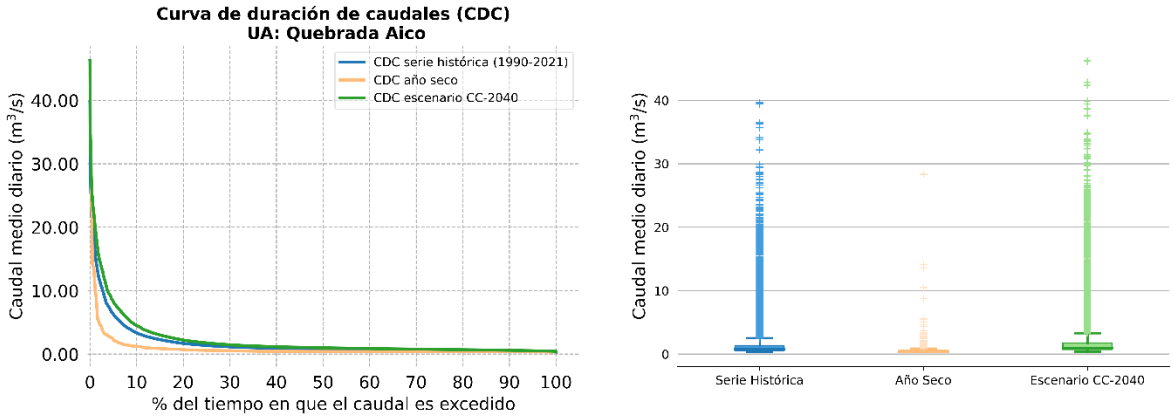


Figura 410. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Aico. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.5.13. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 13

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 361.4 m³/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 207.6 m³/s (Tabla 239). Se observa un aumento del 22.4% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 17.5% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 411.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
286.1	274.7	305.2	350.1	361.4	315.2	263.7	219.4	207.6	258.4	332.5	338.2

Tabla 239. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m³/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Saldaña 13

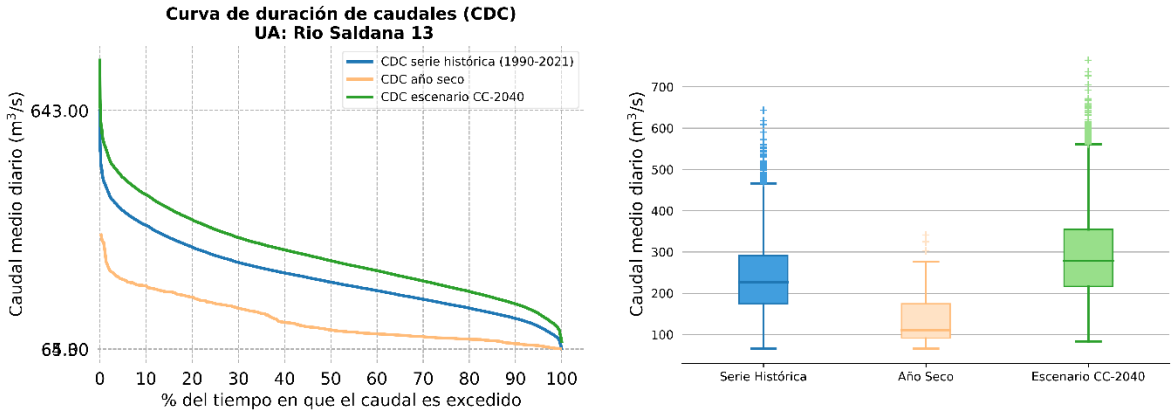


Figura 411. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Saldaña 13. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.5.14. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Meche

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en noviembre con un valor de 2.7 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 1.0 m^3/s (Tabla 240). Se observa un aumento del 27.2% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 21.7% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 412.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1.4	1.4	1.9	2.5	2.1	1.4	1.1	1.0	1.0	1.8	2.7	2.2

Tabla 240. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Meche

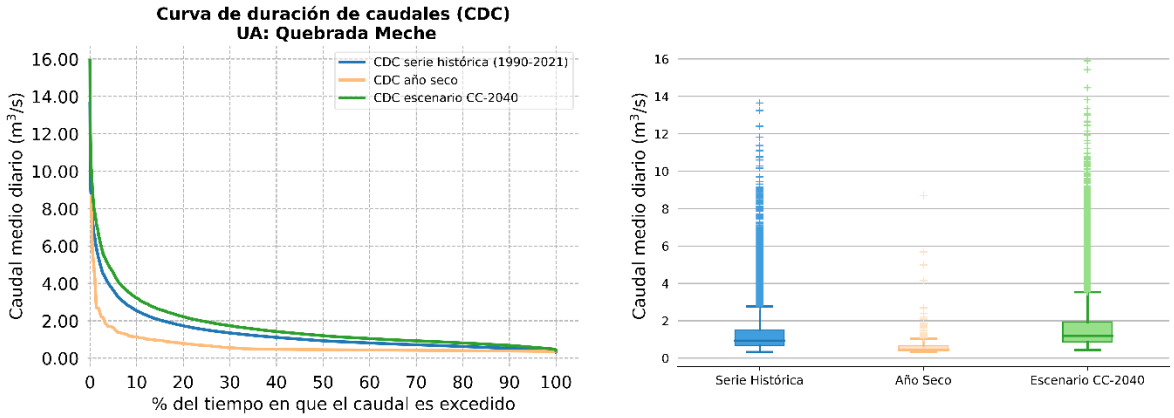


Figura 412. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Meche. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.5.15. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 12

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 358.4 m³/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 206.3 m³/s (Tabla 241). Se observa un aumento del 22.3% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 17.4% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 413.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
284.4	273.1	302.7	346.2	358.4	313.3	262.3	218.2	206.3	255.9	328.6	335.2

Tabla 241. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m³/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Saldaña 12

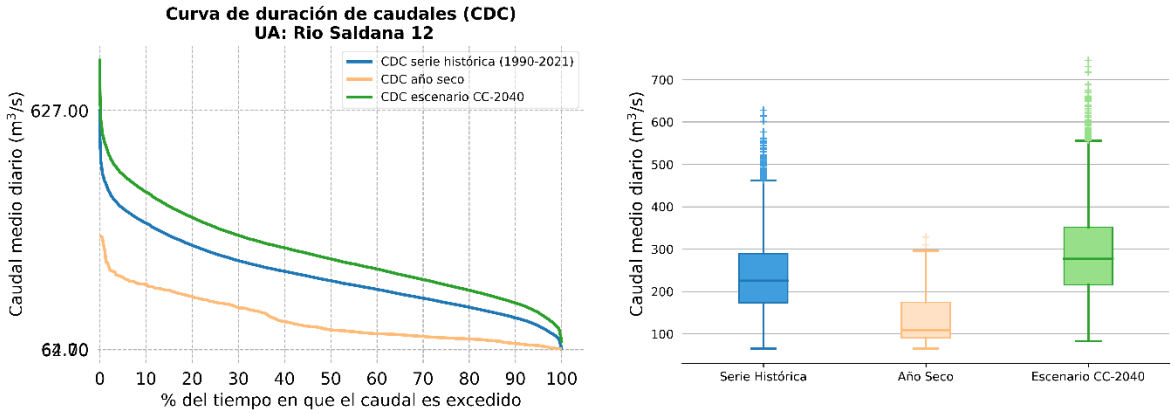


Figura 413. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Saldaña 12. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.5.16. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 11

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 357.9 m³/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 206.1 m³/s (Tabla 242). Se observa un aumento del 22.3% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 17.4% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 414.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
284.1	272.9	302.3	345.6	357.9	313.0	262.0	218.0	206.1	255.5	328.0	334.6

Tabla 242. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m³/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Saldaña 11

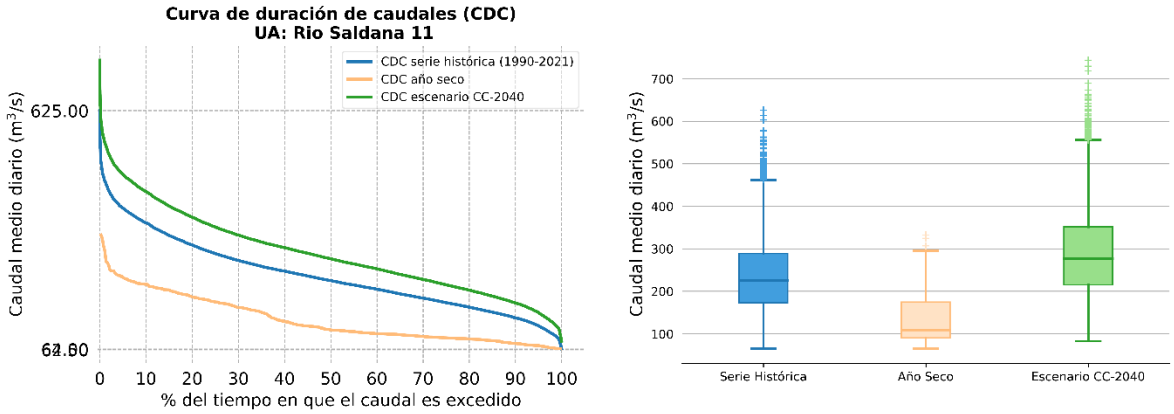


Figura 414. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Saldaña 11. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.5.17. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Olini

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 1.7 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 1.5 m^3/s (Tabla 243). Se observa un aumento del 25.6% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 19.8% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 415.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.5	1.5	1.7	1.7

Tabla 243. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Olini

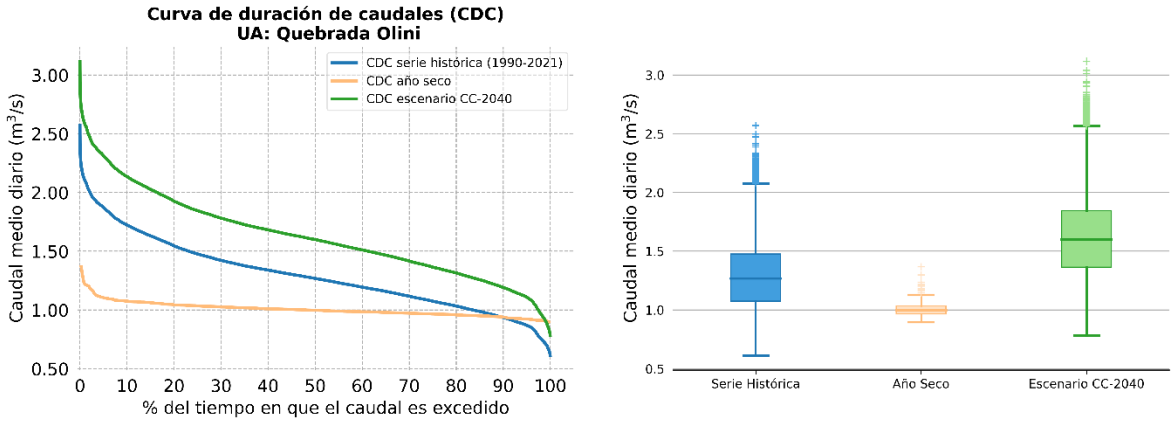


Figura 415. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Olini. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.5.18. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 10

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 355.9 m³/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 204.4 m³/s (Tabla 244). Se observa un aumento del 22.3% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 17.4% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 416.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
282.2	271.0	300.4	343.6	355.9	311.0	260.2	216.2	204.4	253.8	326.1	332.6

Tabla 244. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m³/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Saldaña 10

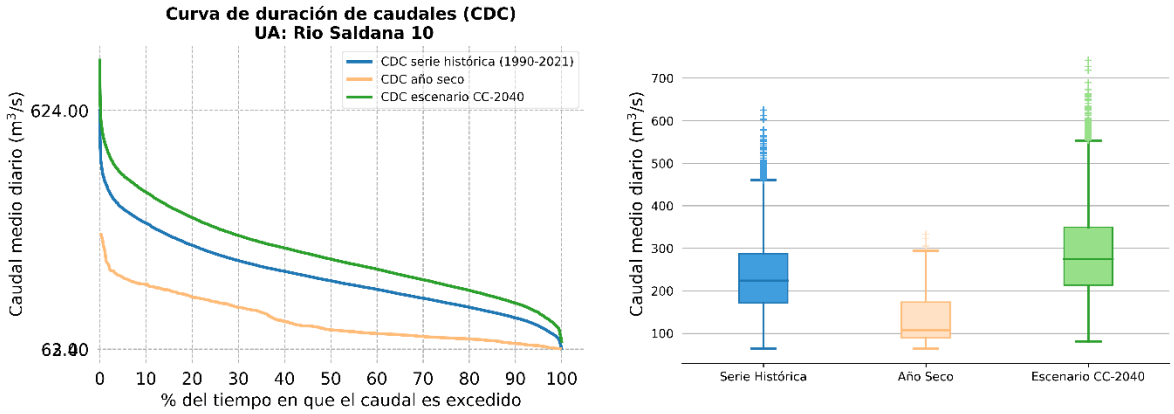


Figura 416. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Saldaña 10. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.6. Oferta Hídrica en Escenario de Cambio Climático para la Subzona Hidrográfica Medio Saldaña

17.6.1. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 9

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 268.0 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 139.5 m^3/s (Tabla 245). Se observa un aumento del 22.6% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 17.0% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 417.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
214.9	201.3	221.4	253.0	268.0	239.3	193.5	155.8	139.5	174.1	236.0	251.7

Tabla 245. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Saldaña 9

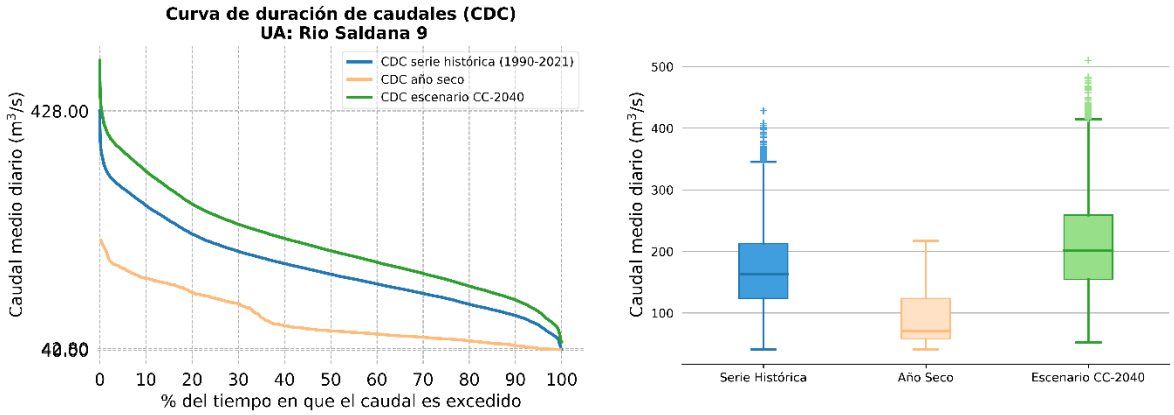


Figura 417. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Saldaña 9. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.6.2. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Paipa

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en diciembre con un valor de 2.6 m³/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 2.0 m³/s (Tabla 246). Se observa un aumento del 23.9% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 19.2% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 418.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2.4	2.4	2.4	2.6	2.6	2.3	2.2	2.0	2.0	2.2	2.5	2.6

Tabla 246. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m³/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Paipa

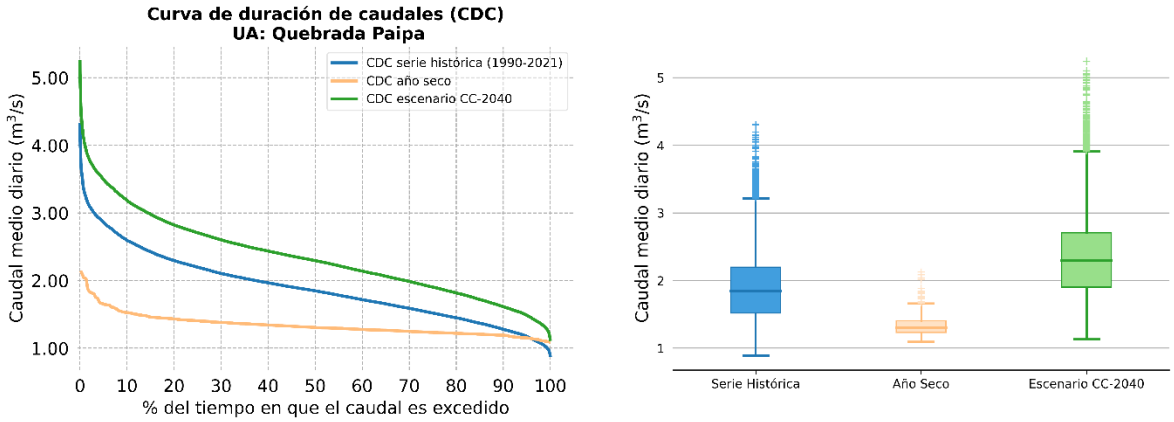


Figura 418. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Paipa. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 8

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 263.2 m³/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 136.0 m³/s (Tabla 247). Se observa un aumento del 22.5% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 16.9% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 419.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
210.8	197.2	216.9	248.1	263.2	235.2	189.8	152.3	136.0	169.9	230.9	246.7

Tabla 247. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m³/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Saldaña 8

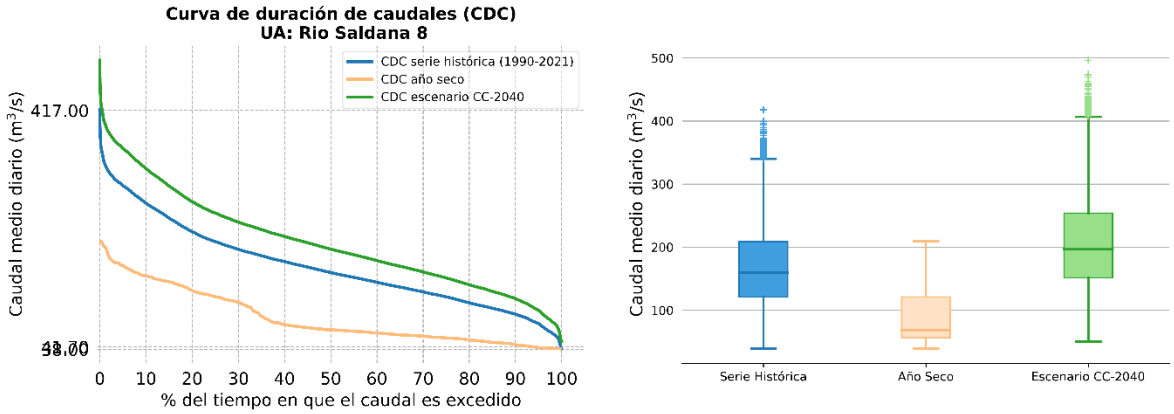


Figura 419. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Saldaña 8. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.6.3. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Guanabano

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en diciembre con un valor de 4.2 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 2.1 m^3/s (Tabla 248). Se observa un aumento del 23.8% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 18.9% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 420.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
3.3	3.3	3.6	4.0	3.8	3.0	2.5	2.2	2.1	3.0	4.1	4.2

Tabla 248. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Guanabano

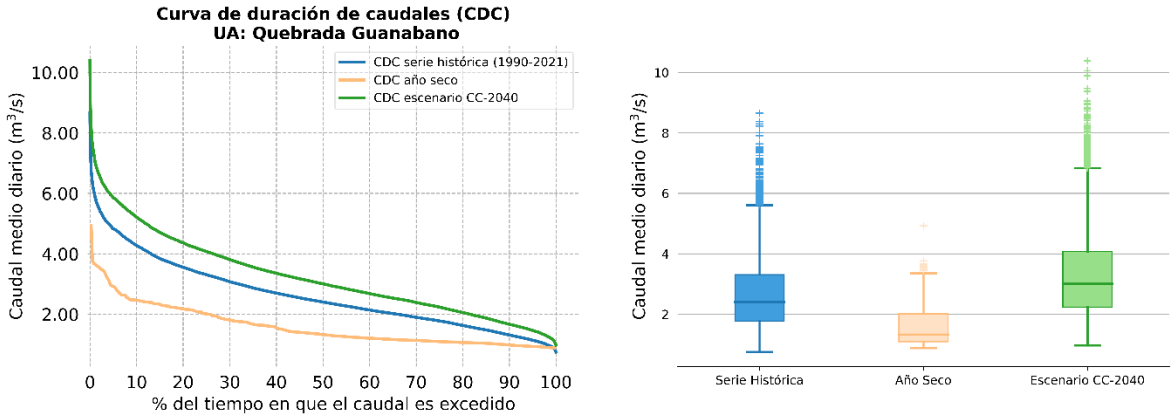


Figura 420. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Guanabano. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.6.4. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 7

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 250.4 m³/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 128.2 m³/s (Tabla 249). Se observa un aumento del 22.4% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 16.8% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 421.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
199.3	186.2	205.1	234.9	250.4	224.6	180.9	144.2	128.2	159.5	217.3	232.6

Tabla 249. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m³/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Saldaña 7

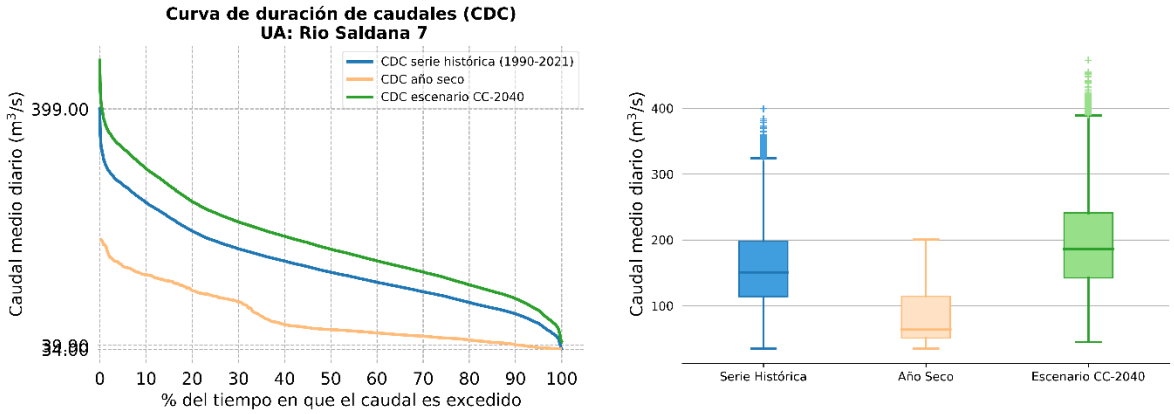


Figura 421. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Saldaña 7. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.6.5. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Pole

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 8.3 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 3.8 m^3/s (Tabla 250). Se observa un aumento del 23.8% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 18.4% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 422.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
7.6	6.9	7.0	7.9	8.3	7.4	5.7	4.4	3.8	4.7	7.0	8.3

Tabla 250. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Pole

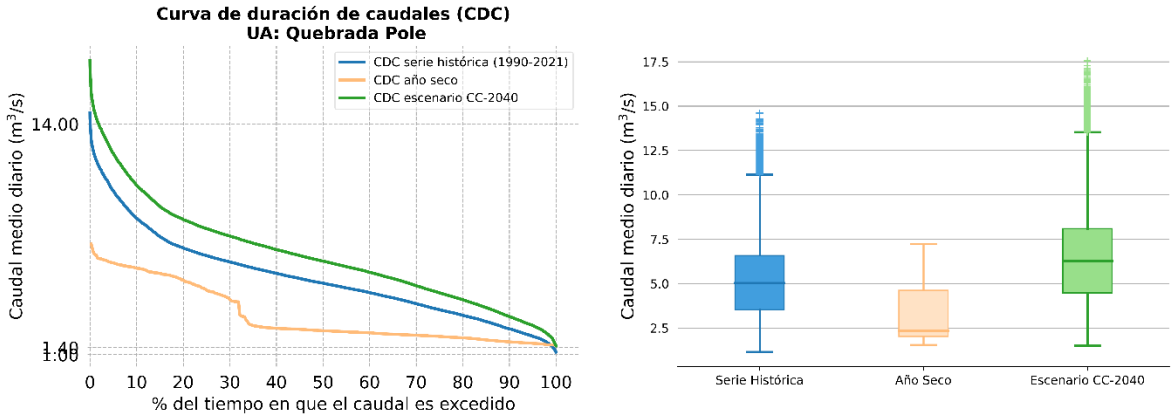


Figura 422. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Pole. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.6.6. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 6

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 242.0 m³/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 124.2 m³/s (Tabla 251). Se observa un aumento del 22.4% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 16.7% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 423.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
191.5	179.2	198.0	226.8	242.0	217.1	175.1	139.7	124.2	154.7	210.2	224.1

Tabla 251. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m³/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Saldaña 6

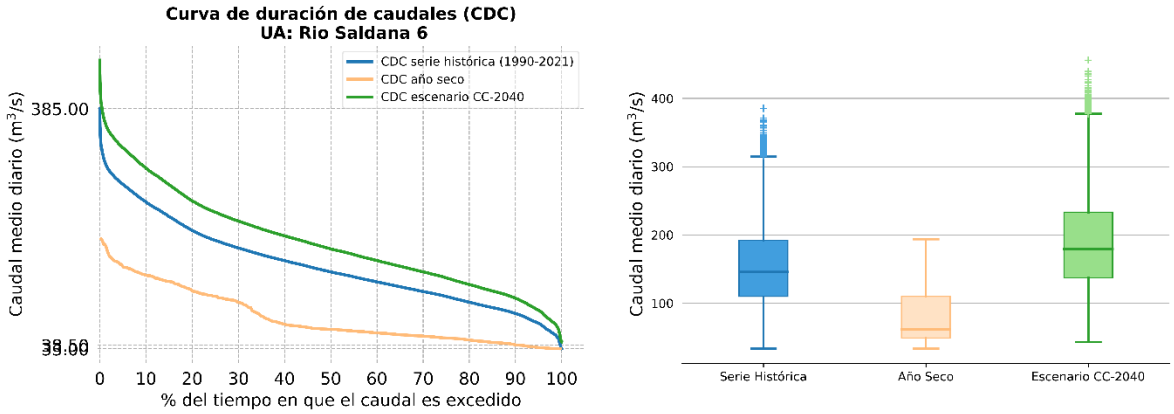


Figura 423. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Saldaña 6. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.7. Oferta Hídrica en Escenario de Cambio Climático para la Subzona Hidrográfica Alto Saldaña

17.7.1. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Mendarco

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en diciembre con un valor de 7.6 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 3.0 m^3/s (Tabla 252). Se observa un aumento del 23.8% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 19.0% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 424.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
6.1	5.9	6.4	7.4	7.2	5.4	4.0	3.2	3.0	4.9	7.2	7.6

Tabla 252. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Mendarco

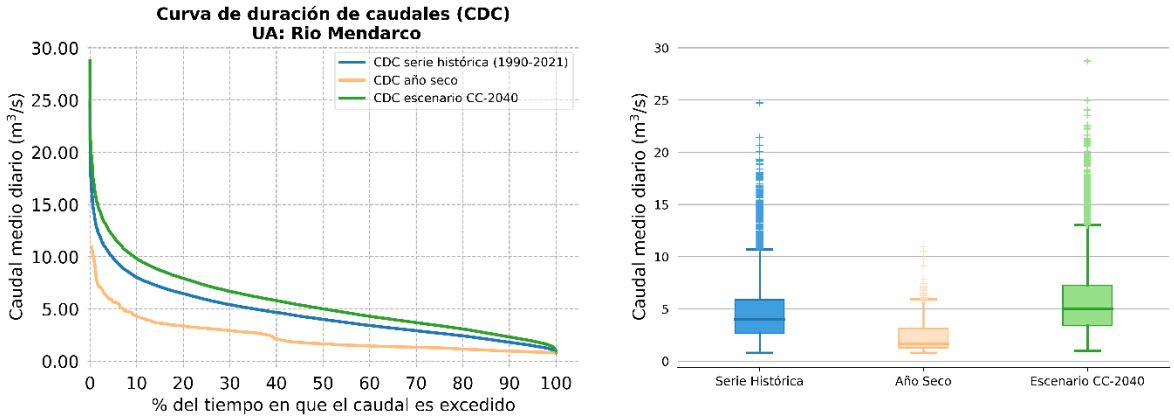


Figura 424. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Mendarco. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.7.2. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 5

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 234.2 m³/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 120.8 m³/s (Tabla 253). Se observa un aumento del 22.3% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 16.6% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 425.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
184.9	172.7	191.0	218.7	234.2	211.1	170.6	136.1	120.8	149.2	202.4	215.8

Tabla 253. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m³/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Saldaña 5

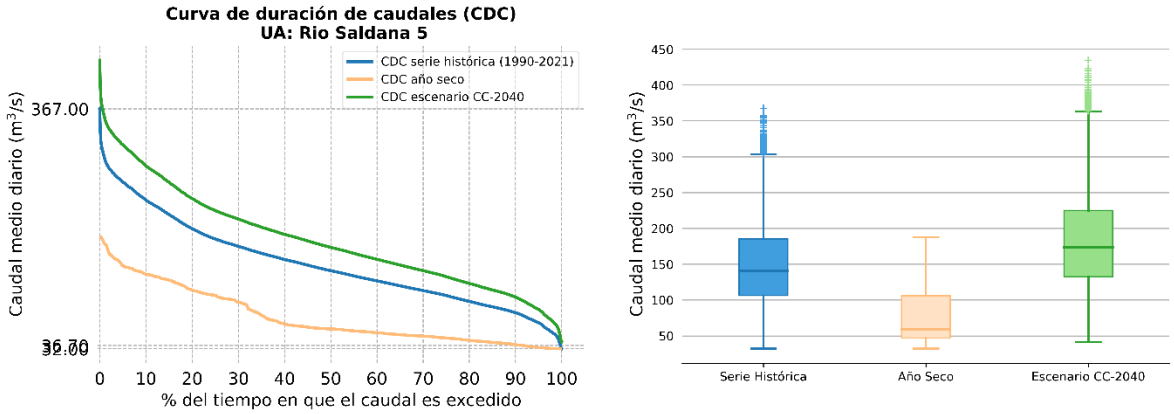


Figura 425. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Saldaña 5. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.7.3. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Lindosa

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 2.0 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 1.0 m^3/s (Tabla 254). Se observa un aumento del 25.1% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 17.6% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 426.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1.7	1.6	1.7	1.9	2.0	1.8	1.4	1.1	1.0	1.2	1.7	2.0

Tabla 254. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Lindosa

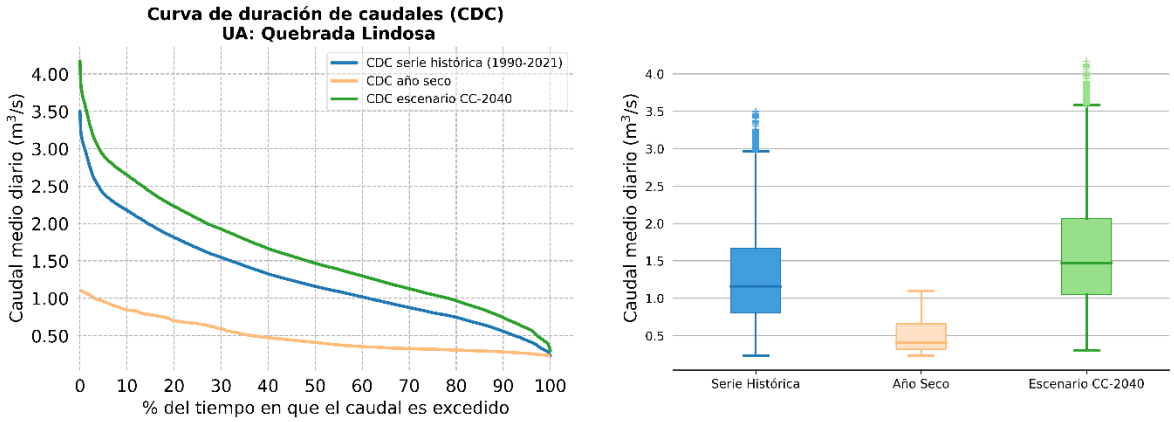


Figura 426. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Lindosa. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.7.4. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 4

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 89.8 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 46.3 m^3/s (Tabla 255). Se observa un aumento del 23.1% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 16.7% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 427.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
67.1	61.8	68.4	80.2	89.8	83.6	67.8	53.2	46.3	55.8	75.1	80.4

Tabla 255. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Saldaña 4

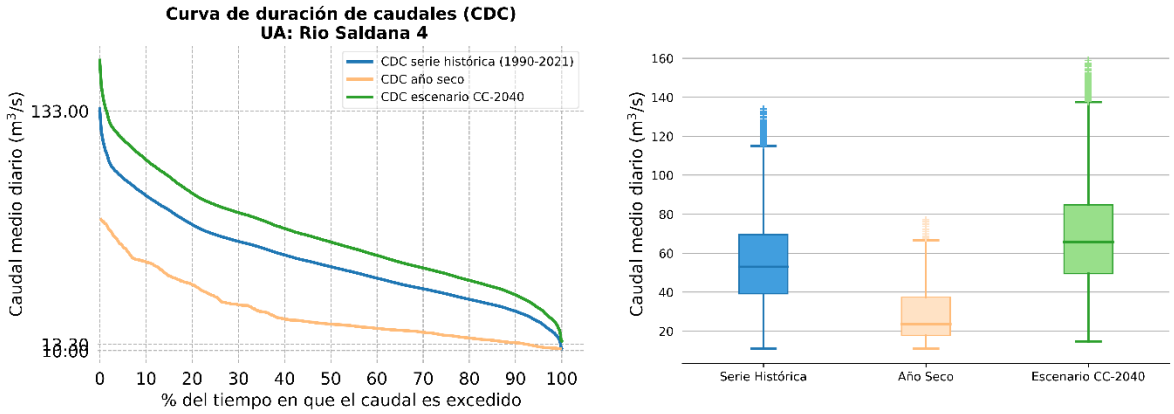


Figura 427. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Saldaña 4. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.7.5. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Siquila

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 6.7 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 4.5 m^3/s (Tabla 256). Se observa un aumento del 26.1% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 16.8% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 428.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
5.4	5.1	5.4	6.1	6.7	6.6	5.9	5.1	4.5	4.6	5.6	6.0

Tabla 256. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Siquila

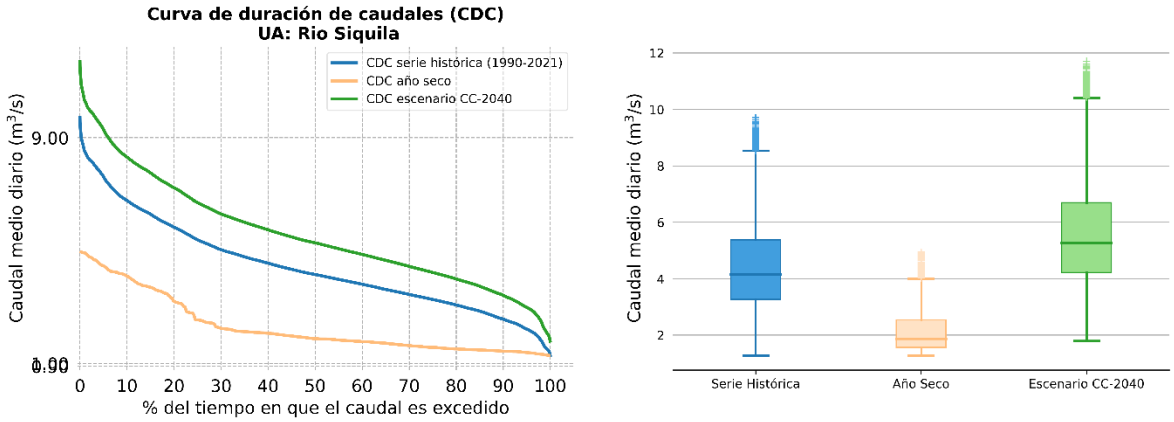


Figura 428. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Siquila. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.7.6. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 3

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 36.4 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 19.7 m^3/s (Tabla 257). Se observa un aumento del 22.6% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 16.3% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 429.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
25.8	23.7	26.9	31.9	36.4	34.6	28.8	22.8	19.7	23.1	30.3	31.3

Tabla 257. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Saldaña 3

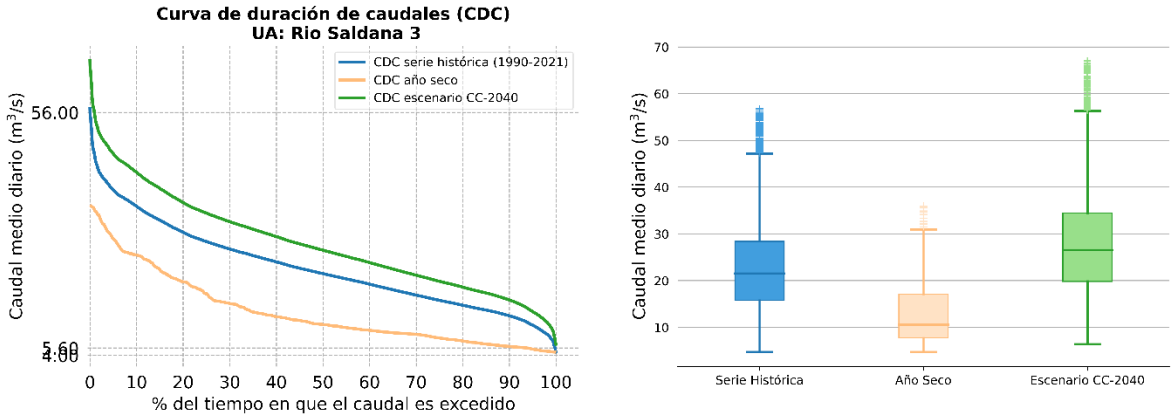


Figura 429. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Saldaña 3. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.7.7. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Hereje

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 10.7 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 5.9 m^3/s (Tabla 258). Se observa un aumento del 22.7% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 16.4% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 430.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
7.3	6.7	7.7	9.2	10.7	10.3	8.6	6.7	5.9	7.0	9.0	9.1

Tabla 258. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Hereje

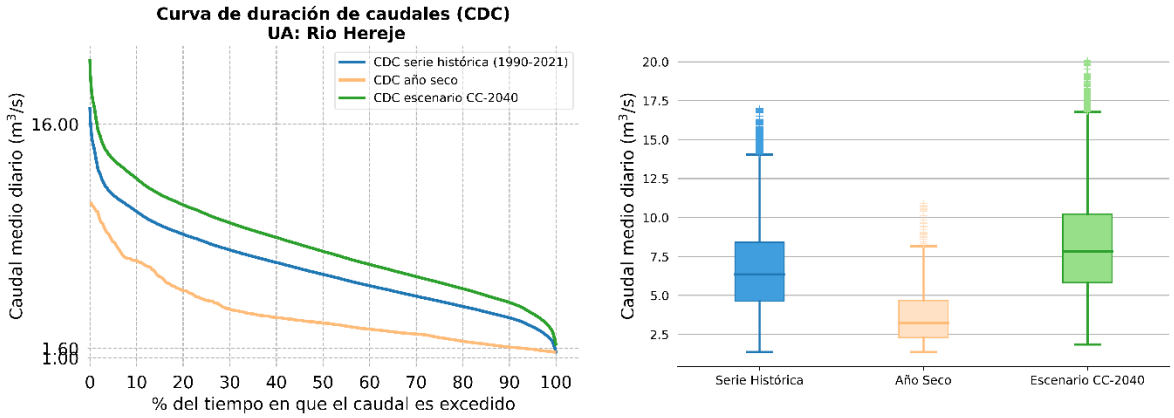


Figura 430. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Hereje. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.7.8. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 2

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 22.6 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 11.8 m^3/s (Tabla 259). Se observa un aumento del 21.6% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 15.9% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 431.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
16.4	15.1	17.2	20.2	22.6	21.2	17.4	13.7	11.8	14.0	18.9	19.6

Tabla 259. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Saldaña 2

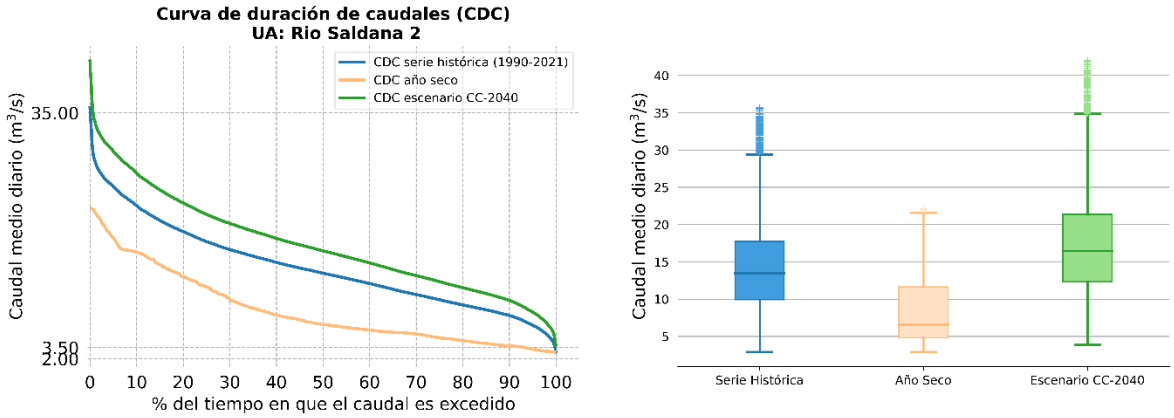


Figura 431. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Saldaña 2. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.7.9. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Candelario

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 3.4 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 2.1 m^3/s (Tabla 260). Se observa un aumento del 22.9% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 15.9% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 432.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2.6	2.5	2.7	3.1	3.4	3.3	2.9	2.4	2.1	2.3	2.8	3.0

Tabla 260. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Candelario

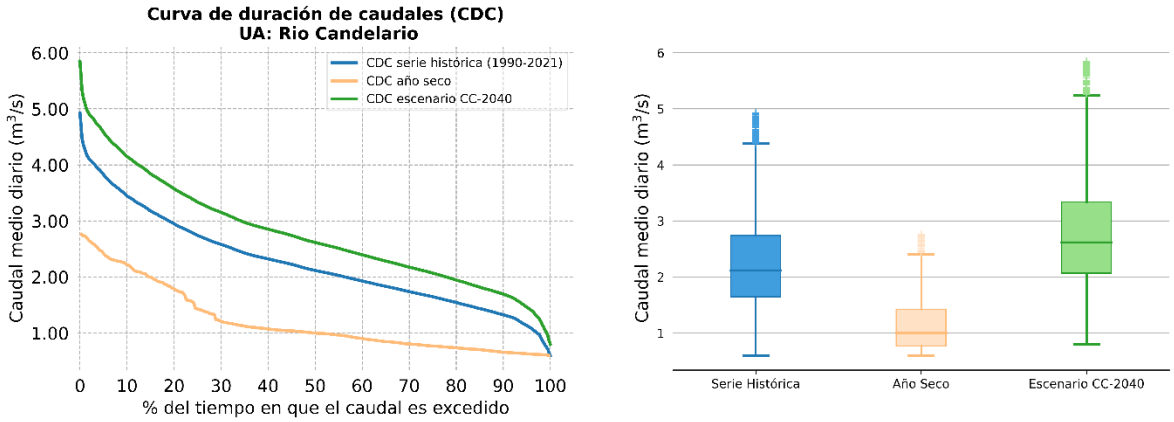


Figura 432. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Candelario. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.7.10. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Saldaña 1

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 17.7 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 8.6 m^3/s (Tabla 261). Se observa un aumento del 20.9% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 15.8% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 433.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
12.7	11.6	13.4	15.9	17.7	16.4	13.1	10.1	8.6	10.6	14.8	15.4

Tabla 261. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Saldaña 1

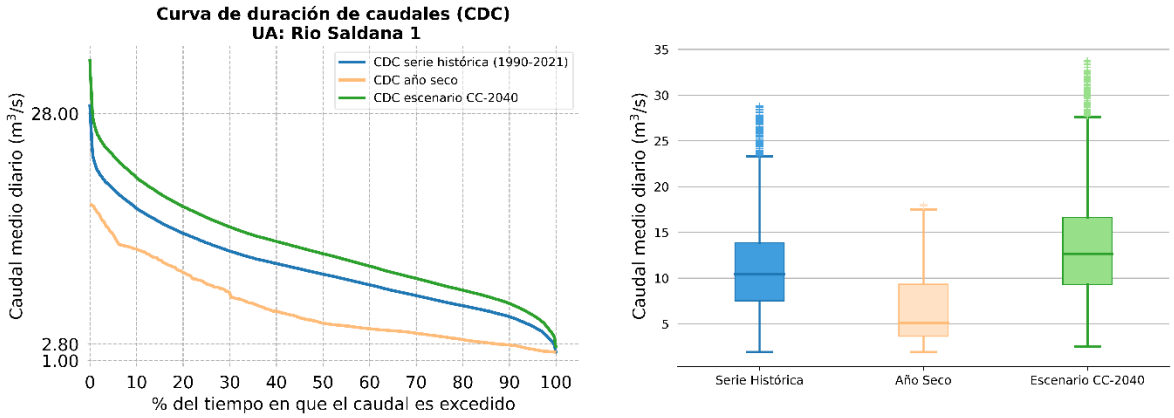


Figura 433. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Saldaña 1. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.8. Oferta Hídrica en Escenario de Cambio Climático para la Subzona Hidrográfica Amoyá

17.8.1. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Guani

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en noviembre con un valor de 1.6 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 1.0 m^3/s (Tabla 262). Se observa un aumento del 22.9% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 19.9% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 434.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1.2	1.2	1.4	1.5	1.4	1.1	1.0	1.0	1.1	1.4	1.6	1.4

Tabla 262. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Guani

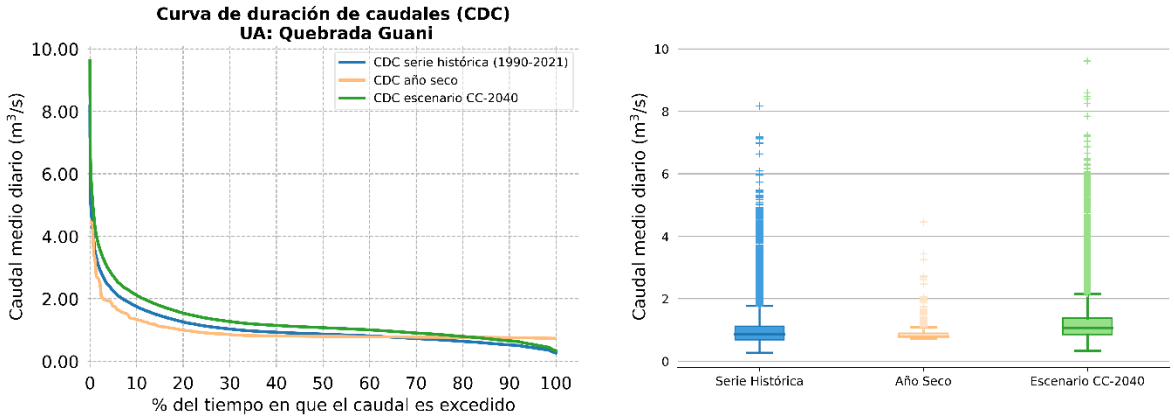


Figura 434. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Guani. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.8.2. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Amoya 13

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en abril con un valor de 85.1 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 57.7 m^3/s (Tabla 263). Se observa un aumento del 21.3% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 17.8% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 435.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
63.6	66.1	74.6	85.1	83.1	68.3	63.9	57.7	62.1	75.2	84.1	75.6

Tabla 263. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Amoya 13

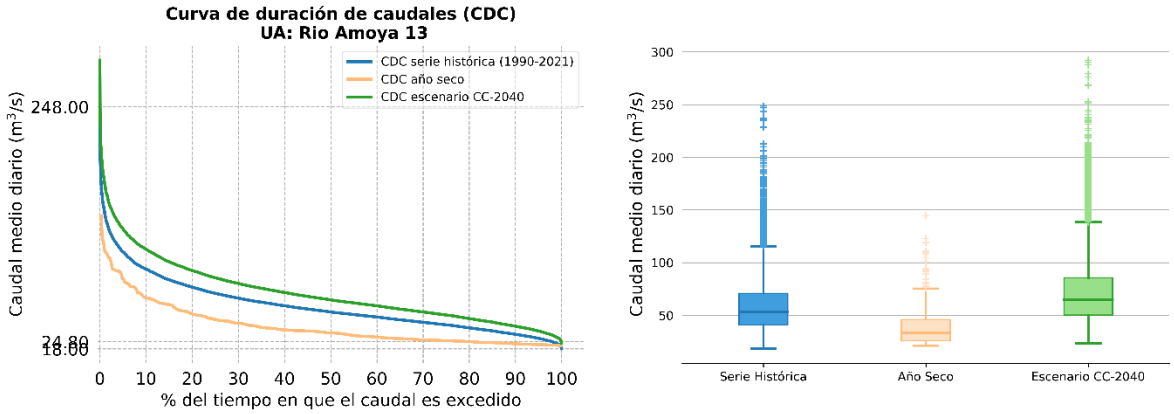


Figura 435. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Amoya 13. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.8.3. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Neme

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en noviembre con un valor de 2.8 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 1.6 m^3/s (Tabla 264). Se observa un aumento del 22.3% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 19.4% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 436.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2.0	2.1	2.4	2.6	2.4	1.8	1.7	1.6	1.8	2.4	2.8	2.5

Tabla 264. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Neme

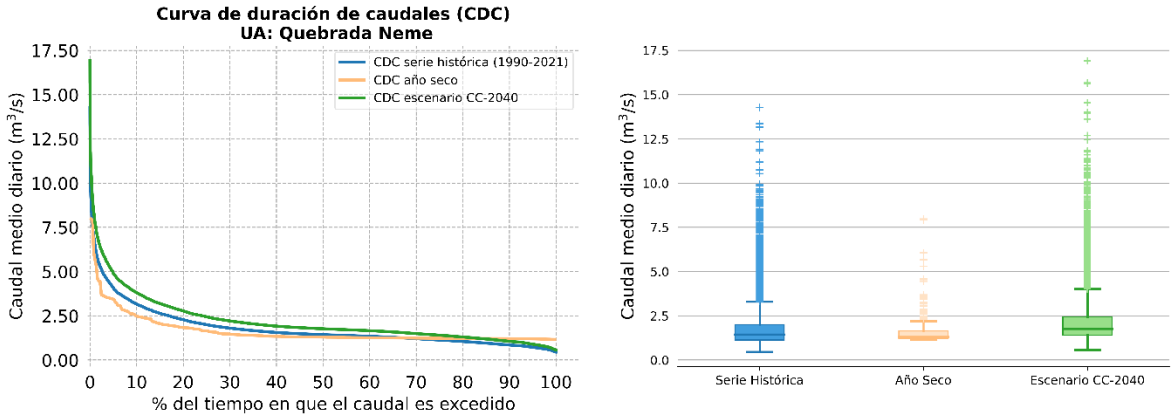


Figura 436. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Neme. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.8.4. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Amoya 12

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en abril con un valor de 82.5 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 56.1 m^3/s (Tabla 265). Se observa un aumento del 21.3% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 17.8% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 437.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
61.6	63.9	72.1	82.5	80.6	66.4	62.2	56.1	60.2	72.7	81.2	73.0

Tabla 265. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Amoya 12

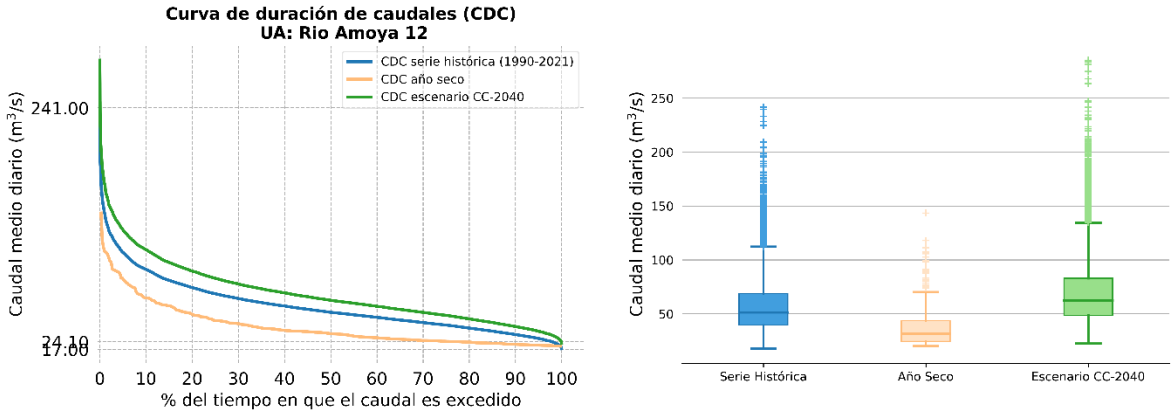


Figura 437. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Amoya 12. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.8.5. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Tulini

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en noviembre con un valor de 14.7 m³/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 8.8 m³/s (Tabla 266). Se observa un aumento del 22.1% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 18.7% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 438.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
11.6	12.0	12.9	14.3	13.5	10.5	9.4	8.8	9.3	12.2	14.7	13.8

Tabla 266. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m³/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Tulini

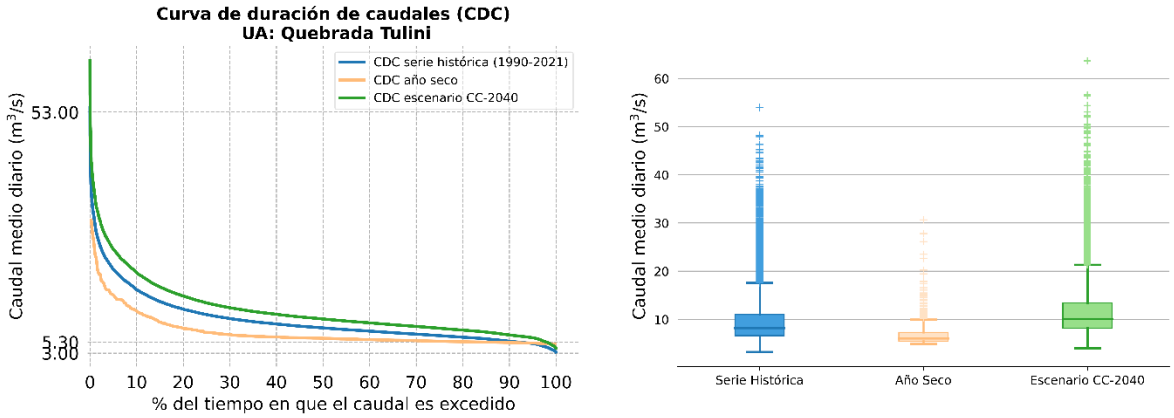


Figura 438. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Tulini. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.8.6. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Amoya 11

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en abril con un valor de 67.0 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 46.8 m^3/s (Tabla 267). Se observa un aumento del 21.1% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 17.4% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 439.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
49.3	51.1	58.3	67.0	66.2	55.4	52.4	46.8	50.4	59.5	65.2	58.2

Tabla 267. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Amoya 11

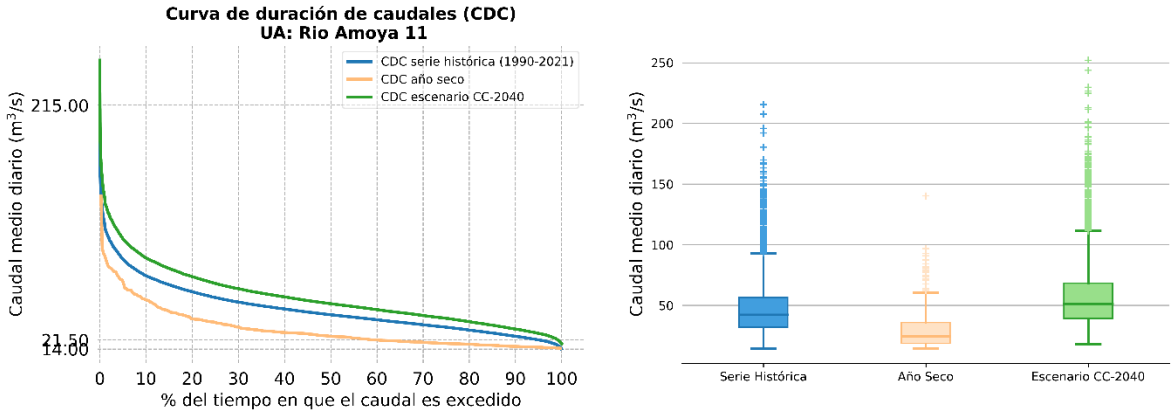


Figura 439. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Amoya 11. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.8.7. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Irco

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en noviembre con un valor de 7.6 m³/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 4.3 m³/s (Tabla 268). Se observa un aumento del 22.3% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 19.0% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 440.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
5.9	6.1	6.7	7.6	7.2	5.3	4.6	4.3	4.5	6.2	7.6	7.1

Tabla 268. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m³/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Irco

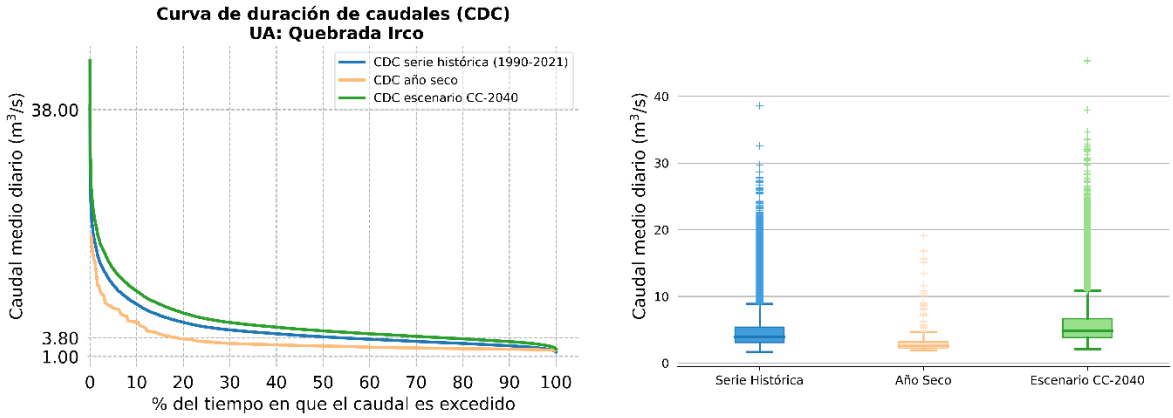


Figura 440. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Irco. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.8.8. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Amoya 10

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en abril con un valor de 57.8 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 41.7 m^3/s (Tabla 269). Se observa un aumento del 21.0% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 16.9% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 441.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
42.3	43.8	50.2	57.8	57.5	49.0	46.9	41.7	44.8	51.8	55.8	49.5

Tabla 269. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Amoya 10

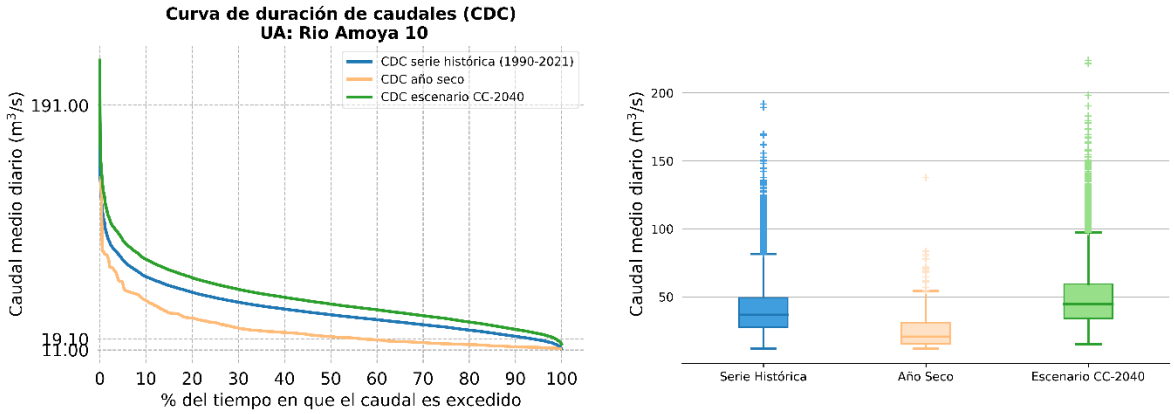


Figura 441. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Amoya 10. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.8.9. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Ambeima

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en abril con un valor de 22.2 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 15.5 m^3/s (Tabla 270). Se observa un aumento del 20.5% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 16.5% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 442.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
17.7	18.4	20.1	22.2	21.6	18.2	16.9	15.5	16.7	19.6	21.6	19.9

Tabla 270. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Ambeima

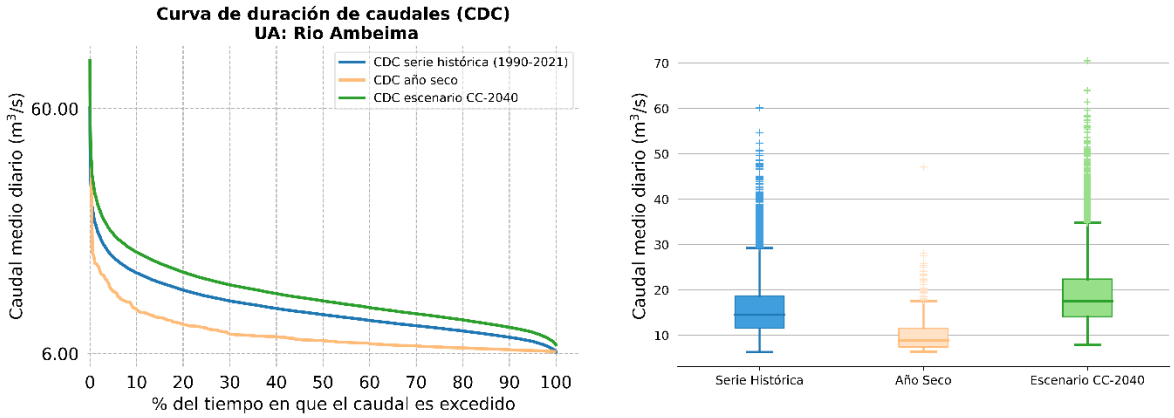


Figura 442. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Ambeima. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.8.10. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Amoya 9

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 35.0 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de enero el cual corresponde a 24.0 m^3/s (Tabla 271). Se observa un aumento del 21.2% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 16.7% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 443.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
24.0	24.7	29.0	34.4	35.0	30.3	29.7	26.0	27.7	31.1	32.8	28.5

Tabla 271. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Amoya 9

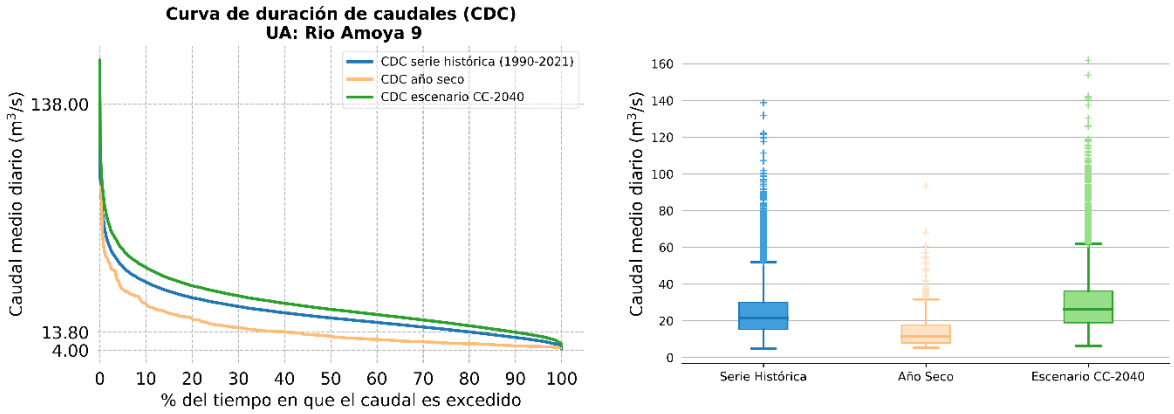


Figura 443. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Amoya 9. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.8.11. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Grande

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en abril con un valor de 1.1 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 0.8 m^3/s (Tabla 272). Se observa un aumento del 22.6% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 17.4% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 444.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0.9	0.9	1.0	1.1	1.1	1.0	0.9	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0

Tabla 272. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Grande

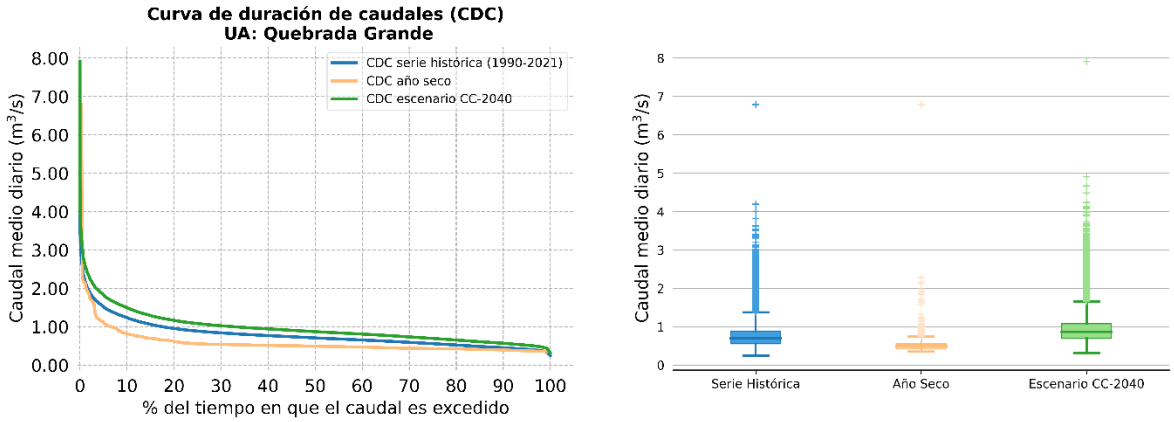


Figura 444. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Grande. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.8.12. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Amoya 8

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 33.5 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de enero el cual corresponde a 22.8 m^3/s (Tabla 273). Se observa un aumento del 21.1% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 16.5% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 445.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
22.8	23.5	27.6	32.7	33.5	29.2	28.7	25.1	26.7	29.7	31.3	27.1

Tabla 273. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Amoya 8

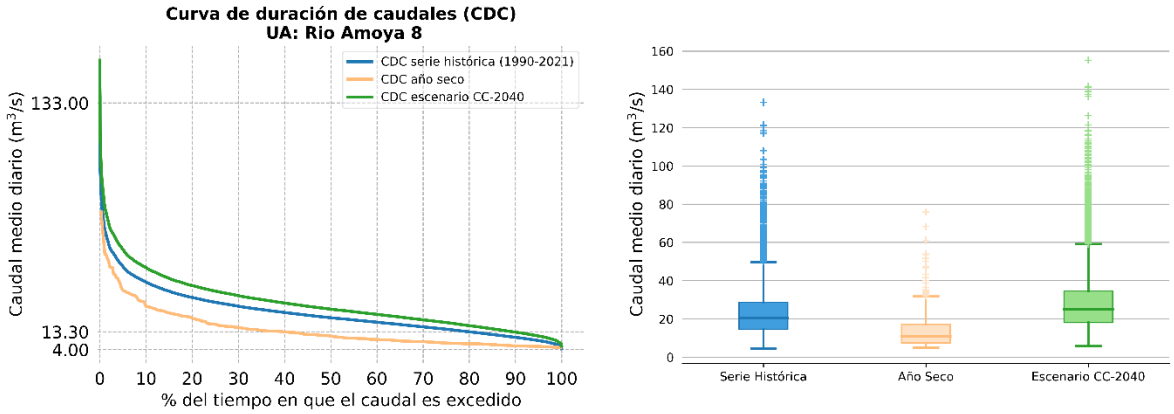


Figura 445. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Amoya 8. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.8.13. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada San Jorge

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 1.2 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 0.9 m^3/s (Tabla 274). Se observa un aumento del 26.9% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 18.8% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 446.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1.0	0.9	1.0	1.1	1.2	1.1	1.0	0.9	0.9	1.0	1.1	1.1

Tabla 274. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada San Jorge

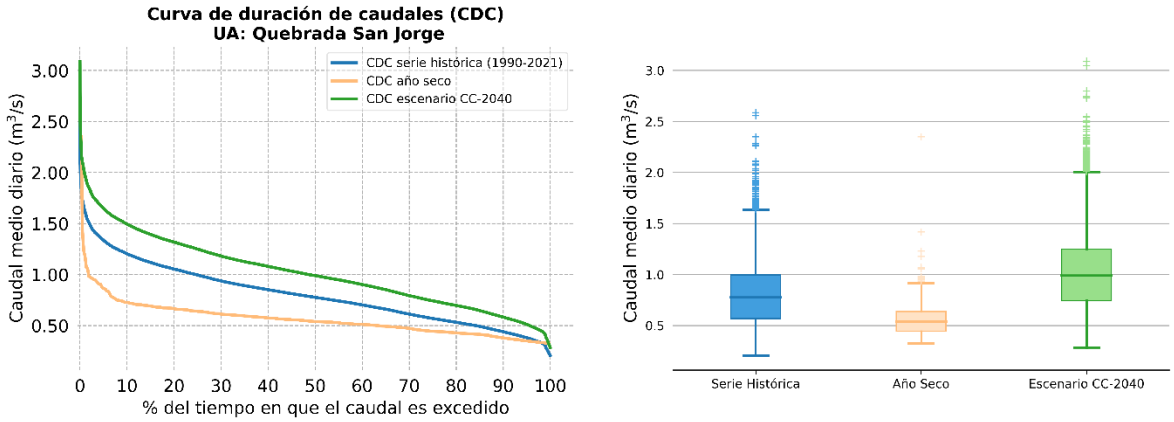


Figura 446. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada San Jorge. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.8.14. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Amoya 7

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 30.6 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de enero el cual corresponde a 20.6 m^3/s (Tabla 275). Se observa un aumento del 20.8% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 16.4% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 447.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
20.6	21.3	25.2	30.0	30.6	26.8	26.7	23.3	24.7	27.4	28.7	24.6

Tabla 275. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Amoya 7

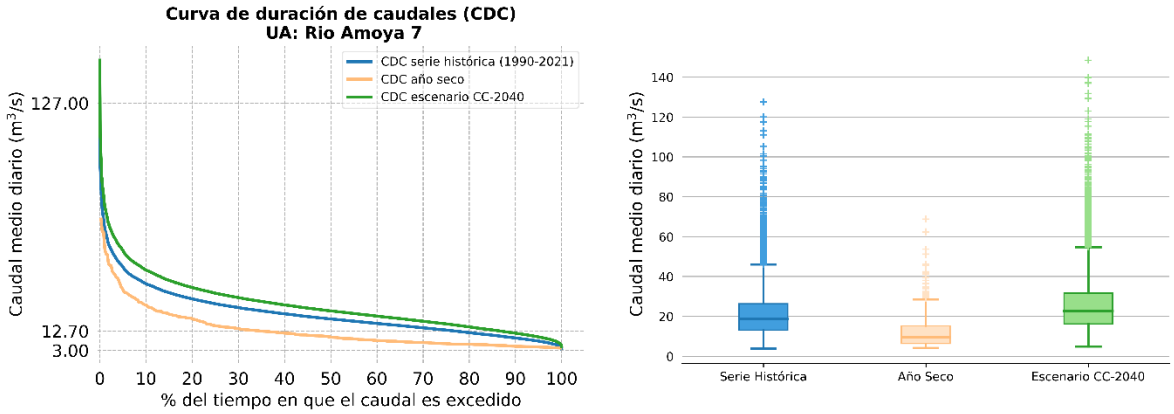


Figura 447. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Amoya 7. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.8.15. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Negro Amoya

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 1.4 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de febrero el cual corresponde a 0.9 m^3/s (Tabla 276). Se observa un aumento del 27.0% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 17.6% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 448.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0.9	0.9	1.0	1.2	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1.2	1.1

Tabla 276. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Negro Amoya

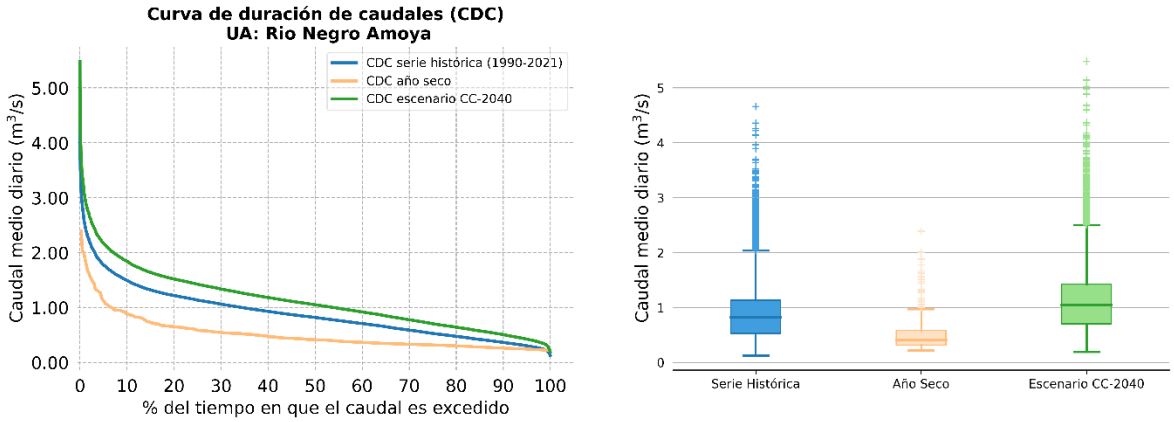


Figura 448. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Negro Amoya. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.8.16. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Amoya 6

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 27.9 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de enero el cual corresponde a 18.7 m^3/s (Tabla 277). Se observa un aumento del 20.4% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 16.2% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 449.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
18.7	19.4	23.2	27.5	27.9	24.3	24.4	21.3	22.8	25.3	26.4	22.4

Tabla 277. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Amoya 6

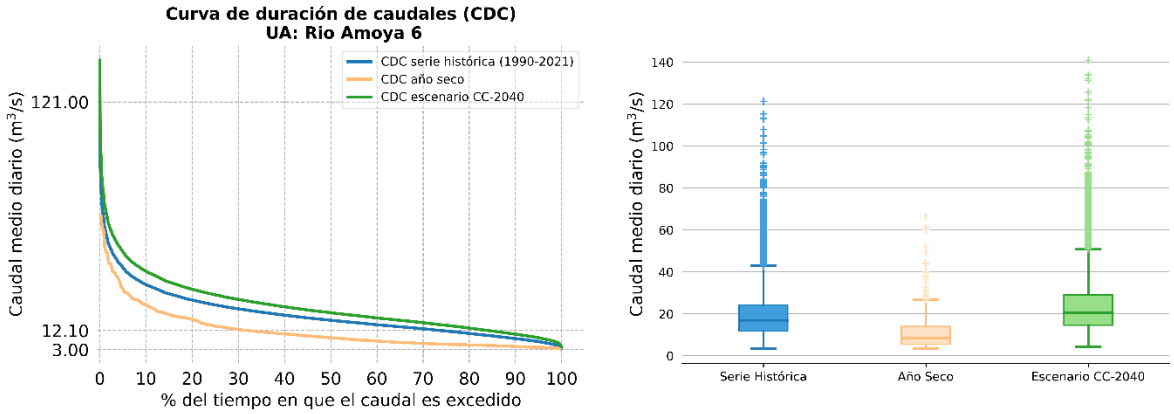


Figura 449. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Amoya 6. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.8.17. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Davis

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 6.2 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de enero el cual corresponde a 4.6 m^3/s (Tabla 278). Se observa un aumento del 21.8% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 16.3% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 450.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
4.6	4.6	5.2	6.0	6.2	5.6	5.5	4.9	5.1	5.5	5.9	5.3

Tabla 278. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Davis

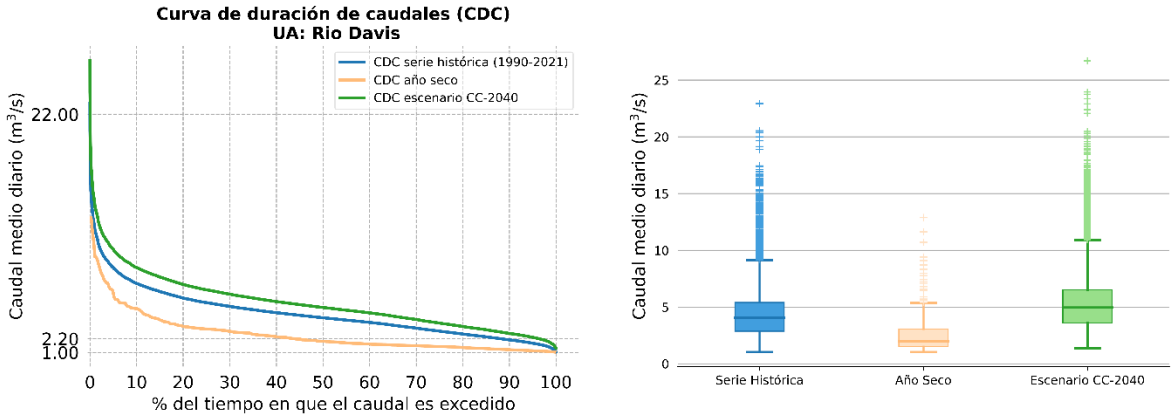


Figura 450. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Davis. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.8.18. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Amoya 5

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 21.3 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de enero el cual corresponde a 13.7 m^3/s (Tabla 279). Se observa un aumento del 19.8% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 16.1% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 451.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
13.7	14.4	17.6	21.1	21.3	18.2	18.5	16.0	17.4	19.3	20.1	16.6

Tabla 279. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Amoya 5

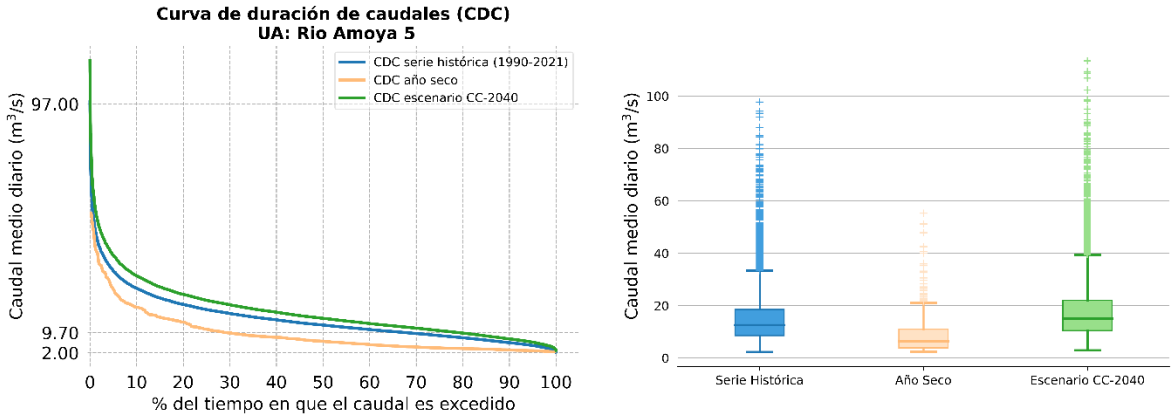


Figura 451. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Amoya 5. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.8.19. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada San Jose

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en julio con un valor de 0.9 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de febrero el cual corresponde a 0.6 m^3/s (Tabla 280). Se observa un aumento del 24.0% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 16.9% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 452.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7

Tabla 280. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada San Jose

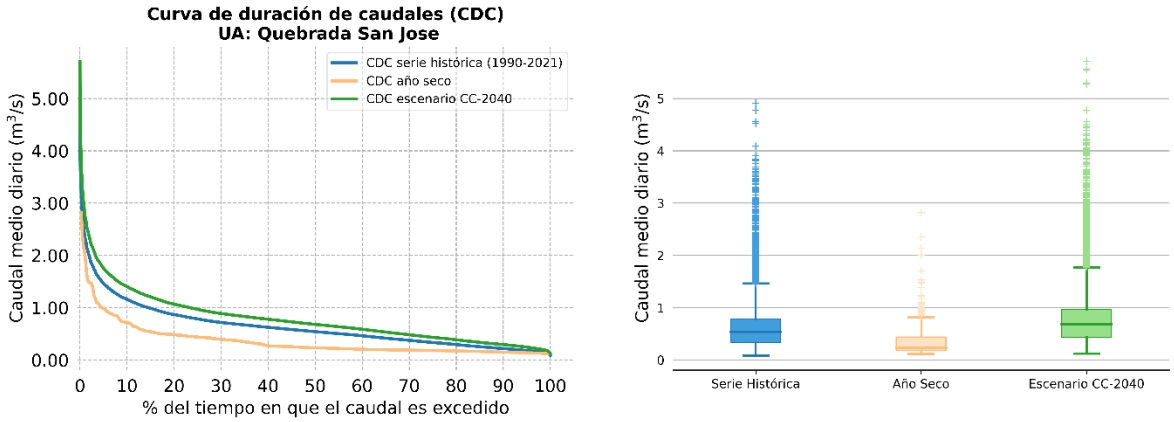


Figura 452. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada San Jose. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.8.20. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Amoya 4

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en abril con un valor de 18.9 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de enero el cual corresponde a 11.8 m^3/s (Tabla 281). Se observa un aumento del 18.9% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 15.9% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 453.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
11.8	12.7	15.7	18.9	18.8	15.8	15.9	13.6	15.0	17.0	17.8	14.5

Tabla 281. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Amoya 4

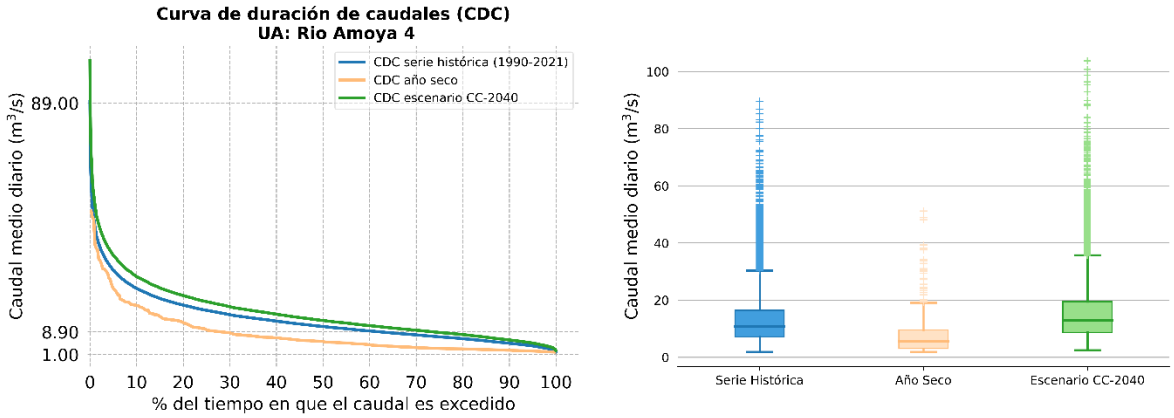


Figura 453. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Amoya 4. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.8.21. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Rivera

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 3.4 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de enero el cual corresponde a 2.0 m^3/s (Tabla 282). Se observa un aumento del 20.5% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 15.9% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 454.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2.0	2.1	2.6	3.2	3.4	3.1	3.2	2.7	2.8	2.9	2.9	2.4

Tabla 282. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Rivera

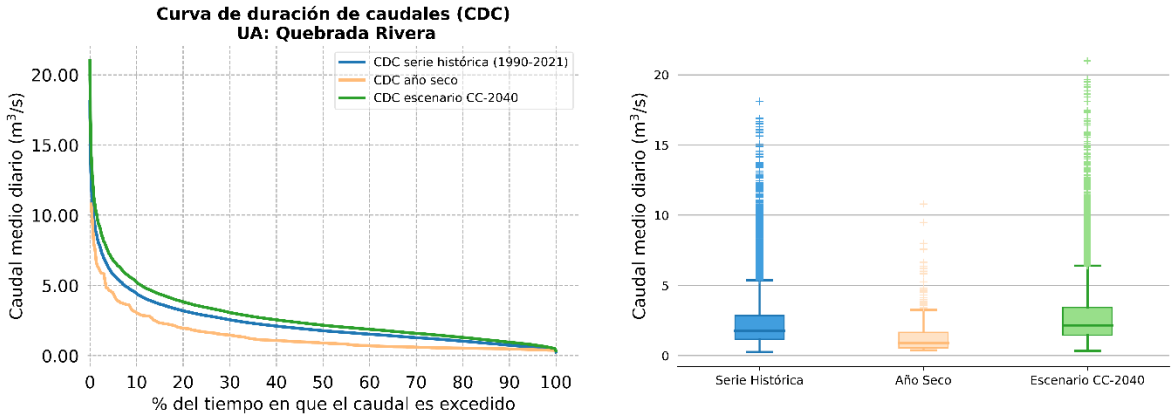


Figura 454. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Rivera. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.8.22. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Amoya 3

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en abril con un valor de 14.3 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de enero el cual corresponde a 8.7 m^3/s (Tabla 283). Se observa un aumento del 17.9% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 15.7% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 455.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
8.7	9.5	11.9	14.3	13.9	11.1	11.0	9.3	10.6	12.5	13.3	10.8

Tabla 283. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Amoya 3

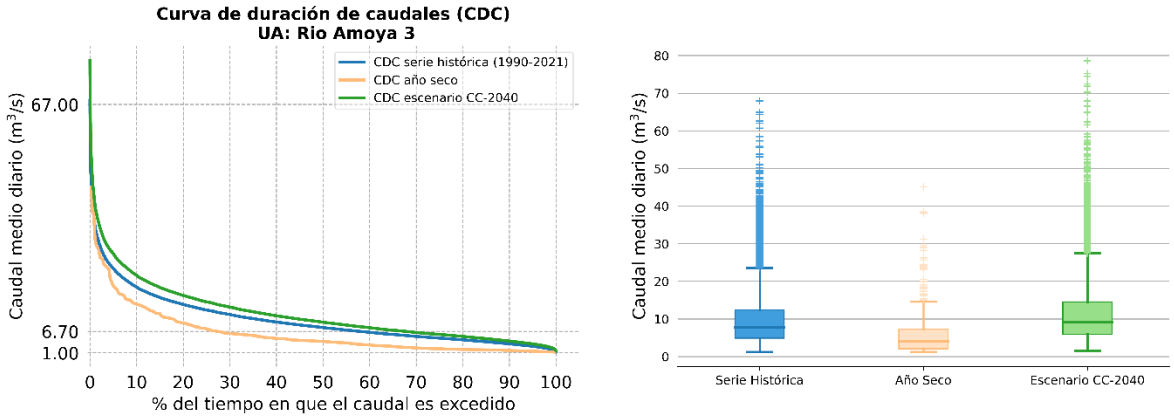


Figura 455. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Amoya 3. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.8.23. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Nieves

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en abril con un valor de 2.0 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de enero el cual corresponde a 1.2 m^3/s (Tabla 284). Se observa un aumento del 17.7% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 15.5% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 456.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1.2	1.3	1.7	2.0	1.9	1.5	1.5	1.3	1.5	1.7	1.8	1.5

Tabla 284. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Nieves

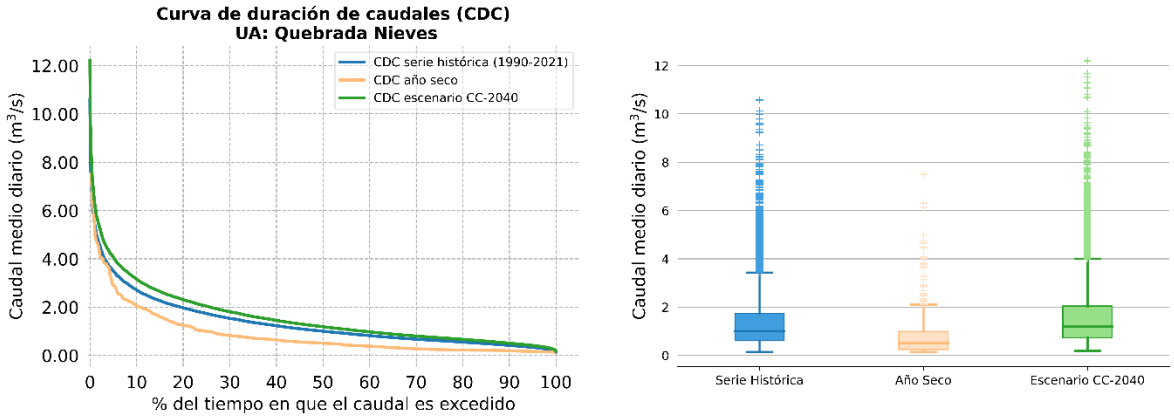


Figura 456. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Nieves. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.8.24. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Amoya 2

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en abril con un valor de 9.1 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 5.1 m^3/s (Tabla 285). Se observa un aumento del 16.8% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 15.4% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 457.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
5.3	6.0	7.6	9.1	8.6	6.5	6.2	5.1	6.3	7.8	8.5	6.6

Tabla 285. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Amoya 2

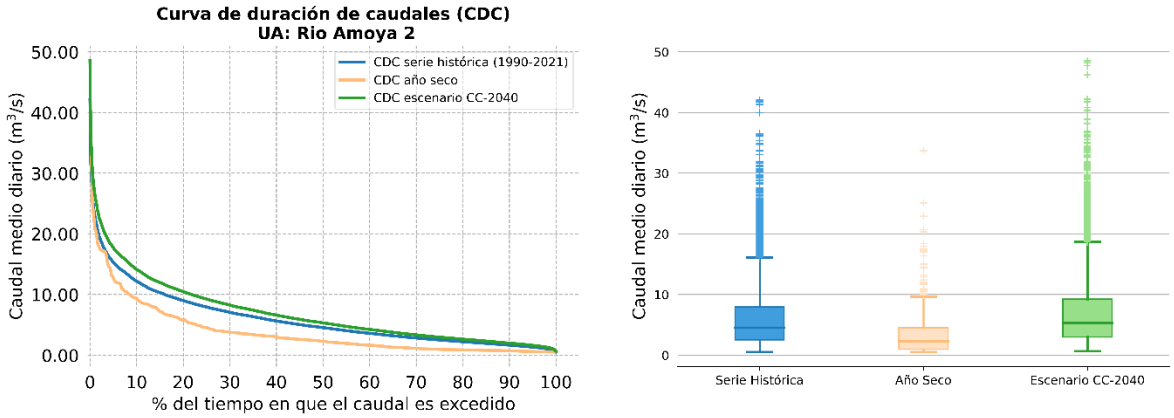


Figura 457. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Amoya 2. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.8.25. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Morales

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en abril con un valor de 1.4 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 0.7 m^3/s (Tabla 286). Se observa un aumento del 16.1% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 15.0% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 458.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0.8	0.9	1.2	1.4	1.3	1.0	0.9	0.7	0.9	1.2	1.3	1.0

Tabla 286. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Morales

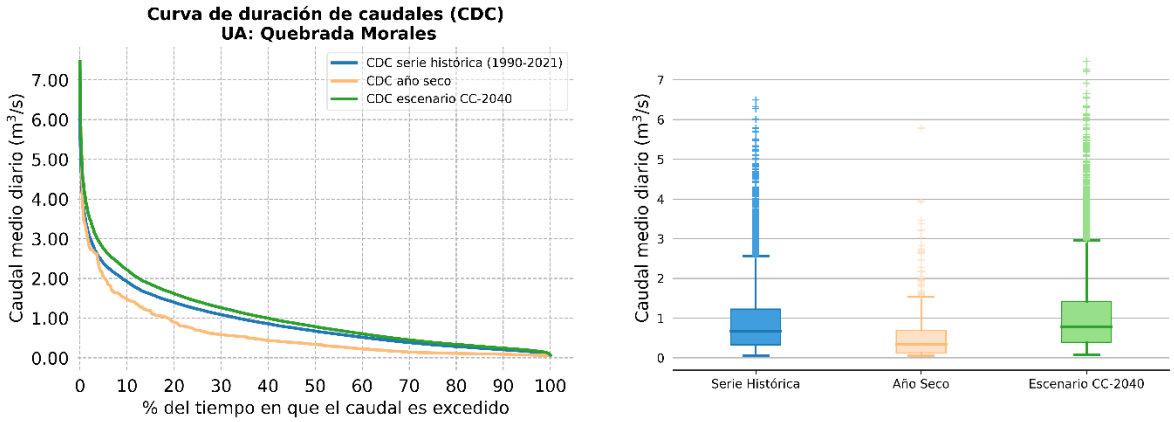


Figura 458. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Morales. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.8.26. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Amoya 1

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en abril con un valor de 4.9 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 2.5 m^3/s (Tabla 287). Se observa un aumento del 16.3% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 15.2% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 459.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2.9	3.3	4.1	4.9	4.5	3.3	3.0	2.5	3.2	4.2	4.7	3.7

Tabla 287. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Amoya 1

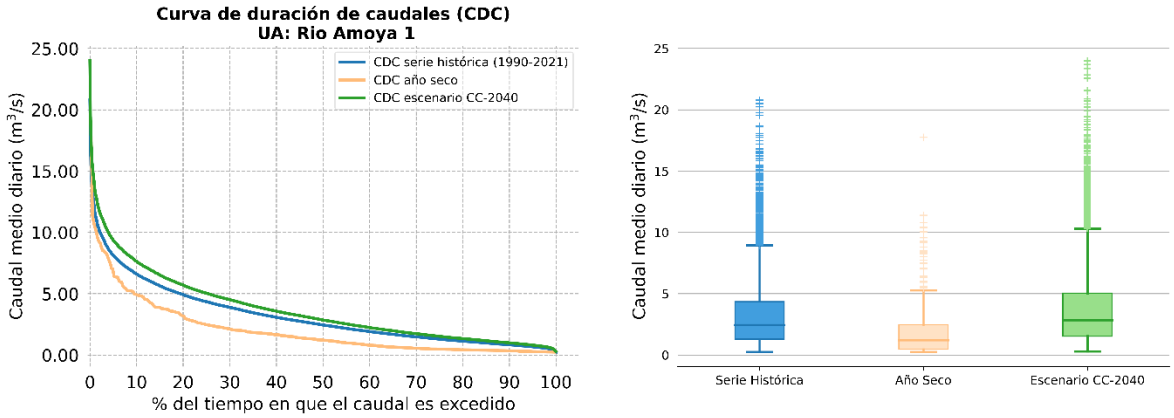


Figura 459. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Amoya 1. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.9. Oferta Hídrica en Escenario de Cambio Climático para la Subzona Hidrográfica Anamichú

17.9.1. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Anamichu 11

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 53.8 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 29.6 m^3/s (Tabla 288). Se observa un aumento del 21.1% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 16.1% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 460.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
45.2	41.9	44.7	50.5	53.8	48.3	38.8	31.5	29.6	37.3	48.1	53.2

Tabla 288. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Anamichu 11

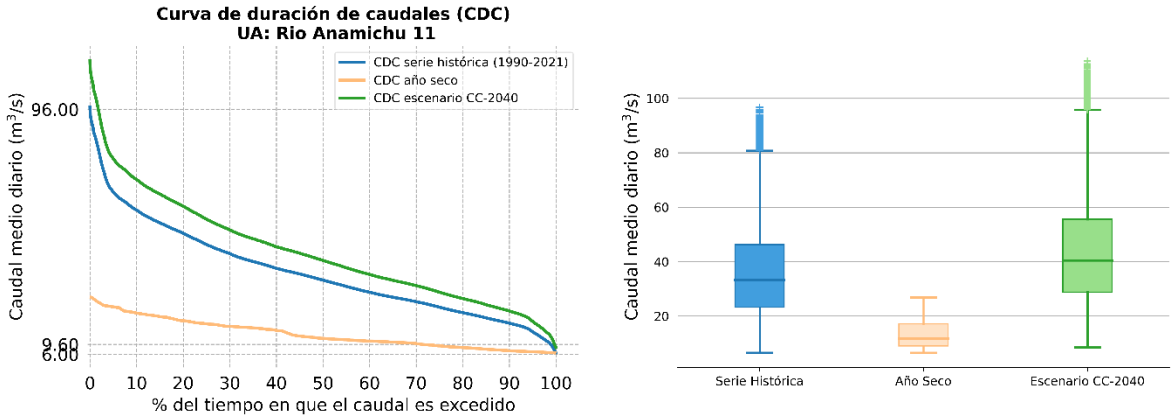


Figura 460. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Anamichu 11. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.9.2. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Blanco

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en diciembre con un valor de 6.6 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 3.3 m^3/s (Tabla 289). Se observa un aumento del 24.5% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 17.9% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 461.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
5.6	5.4	5.7	6.4	6.5	5.5	4.4	3.5	3.3	4.3	5.9	6.6

Tabla 289. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Blanco

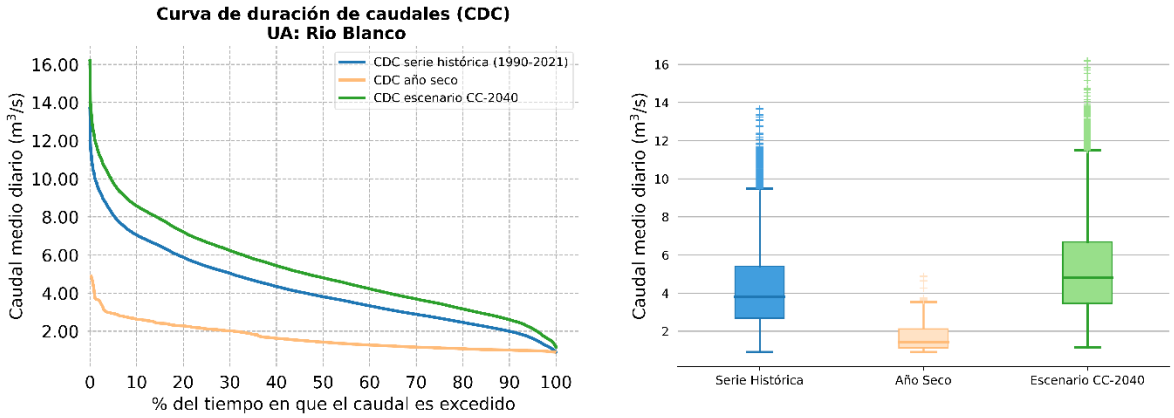


Figura 461. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Blanco. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.9.3. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Anamichu 10

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 47.2 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 26.4 m^3/s (Tabla 290). Se observa un aumento del 20.6% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 15.9% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 462.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
39.5	36.5	39.0	44.1	47.2	42.7	34.4	27.9	26.4	33.0	42.2	46.7

Tabla 290. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Anamichu 10

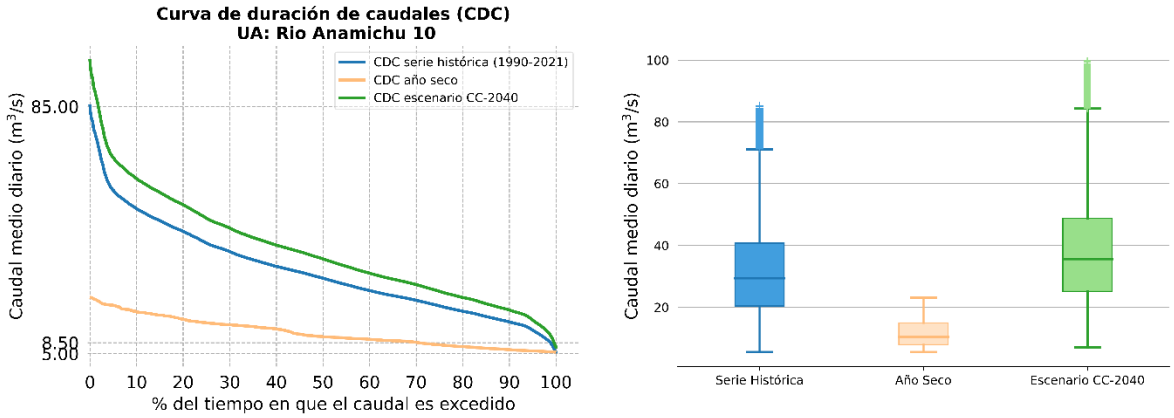


Figura 462. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Anamichu 10. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.9.4. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Tolima

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en diciembre con un valor de 1.0 m³/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 0.4 m³/s (Tabla 291). Se observa un aumento del 24.6% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 17.0% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 463.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0.8	0.8	0.8	0.9	1.0	0.8	0.7	0.5	0.4	0.6	0.8	1.0

Tabla 291. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m³/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Tolima

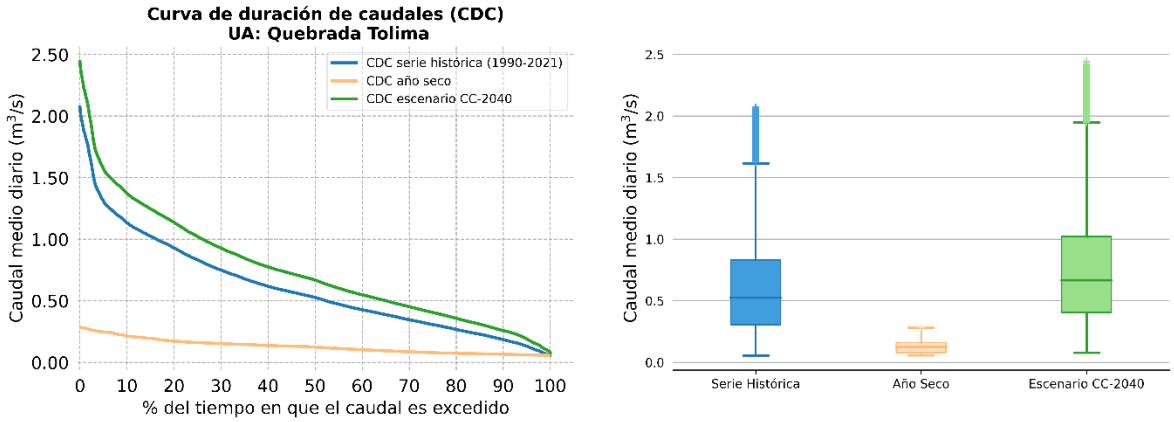


Figura 463. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Tolima. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.9.5. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Quebrada

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 1.7 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 0.9 m^3/s (Tabla 292). Se observa un aumento del 24.2% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 16.6% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 464.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1.5	1.4	1.5	1.6	1.7	1.6	1.3	1.0	0.9	1.1	1.5	1.7

Tabla 292. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Quebrada

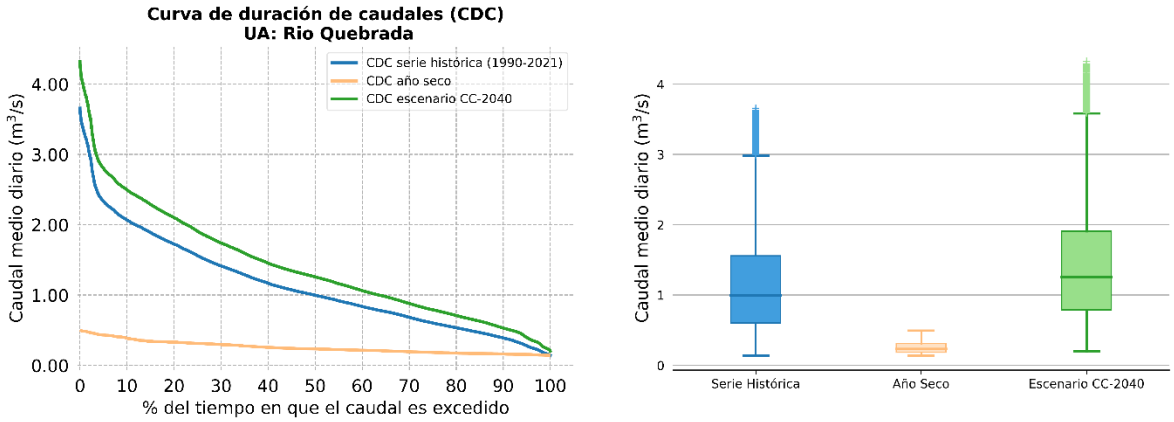


Figura 464. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Quebrada. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.9.6. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Anamichu 9

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 42.5 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 24.2 m^3/s (Tabla 293). Se observa un aumento del 20.2% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 15.8% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 465.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
35.5	32.8	35.1	39.7	42.5	38.5	31.1	25.5	24.2	30.2	38.2	41.9

Tabla 293. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Anamichu 9

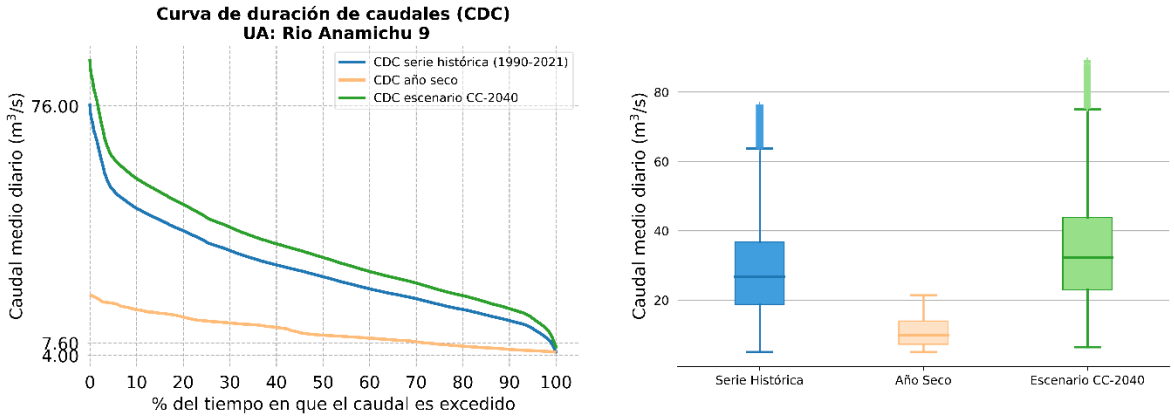


Figura 465. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Anamichu 9. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.9.7. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada San Mateo

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 0.9 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 0.5 m^3/s (Tabla 294). Se observa un aumento del 23.5% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 16.4% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 466.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0.8	0.7	0.7	0.8	0.9	0.8	0.7	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8

Tabla 294. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada San Mateo

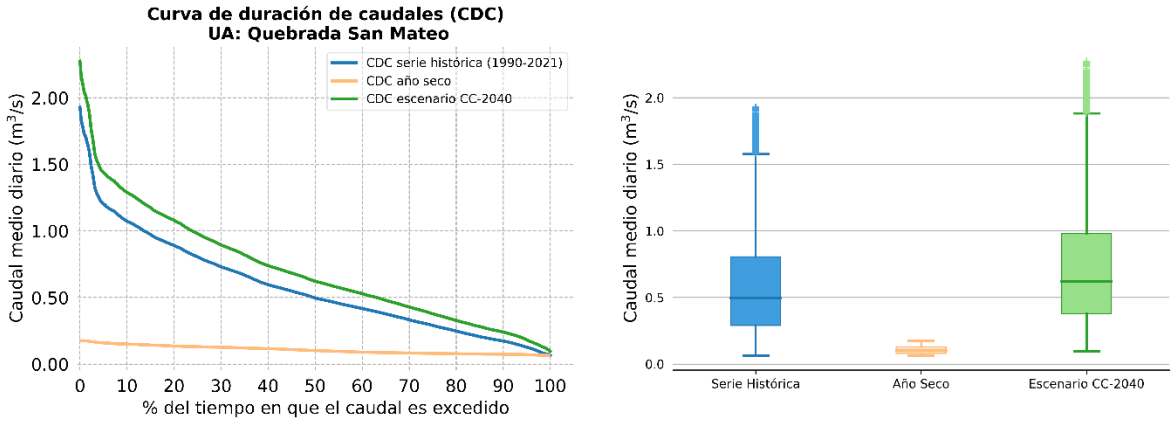


Figura 466. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada San Mateo. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.9.8. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Anamichu 8

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 41.1 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 23.5 m^3/s (Tabla 295). Se observa un aumento del 20.1% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 15.7% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 467.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
34.3	31.6	33.9	38.4	41.1	37.3	30.1	24.6	23.5	29.3	37.0	40.5

Tabla 295. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Anamichu 8

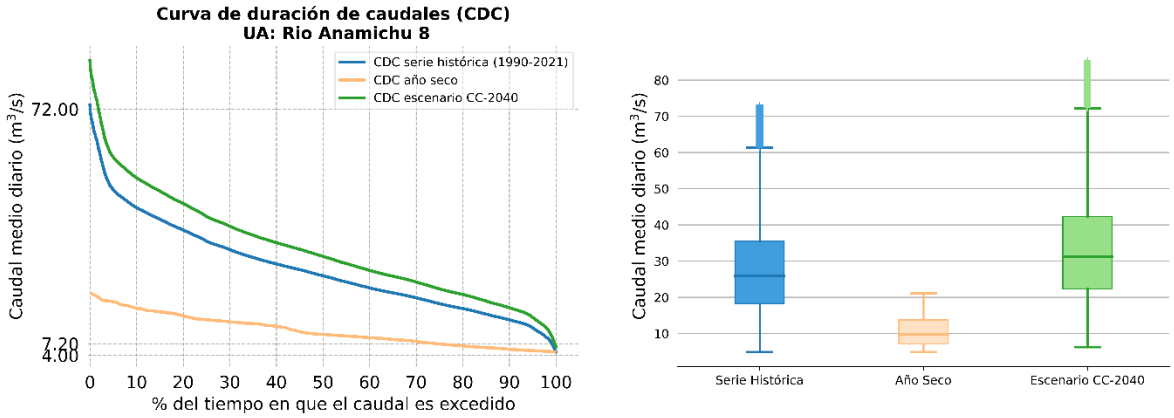


Figura 467. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Anamichu 8. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.9.9. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Ilusion

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 0.4 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 0.3 m^3/s (Tabla 296). Se observa un aumento del 22.9% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 16.3% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 468.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4

Tabla 296. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Ilusion

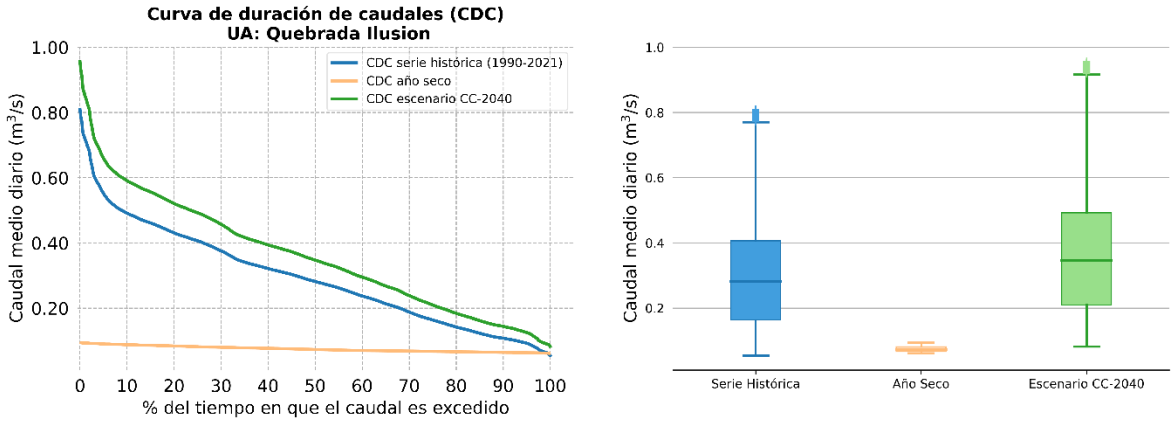


Figura 468. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Ilusion. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.9.10. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Anamichu 7

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 39.8 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 22.7 m^3/s (Tabla 297). Se observa un aumento del 20.0% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 15.7% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 469.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
33.1	30.6	32.8	37.1	39.8	36.1	29.1	23.8	22.7	28.3	35.8	39.2

Tabla 297. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Anamichu 7

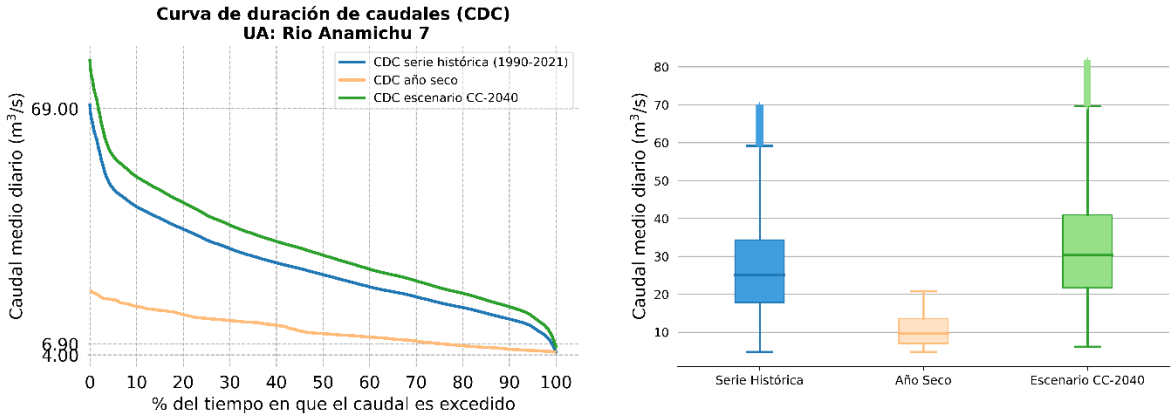


Figura 469. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Anamichu 7. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.9.11. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Verde

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 1.8 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 1.3 m^3/s (Tabla 298). Se observa un aumento del 22.9% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 16.4% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 470.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1.7	1.6	1.6	1.8	1.8	1.7	1.5	1.3	1.3	1.5	1.7	1.8

Tabla 298. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Verde

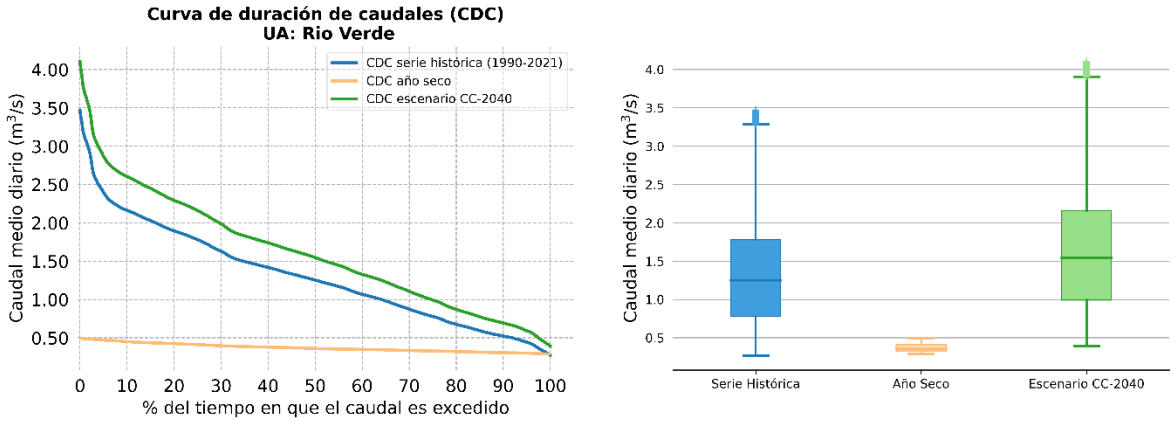


Figura 470. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Verde. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.9.12. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Anamichu 6

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 37.9 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 21.4 m^3/s (Tabla 299). Se observa un aumento del 19.8% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 15.6% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 471.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
31.3	28.9	31.0	35.2	37.9	34.2	27.5	22.4	21.4	26.8	34.0	37.2

Tabla 299. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Anamichu 6

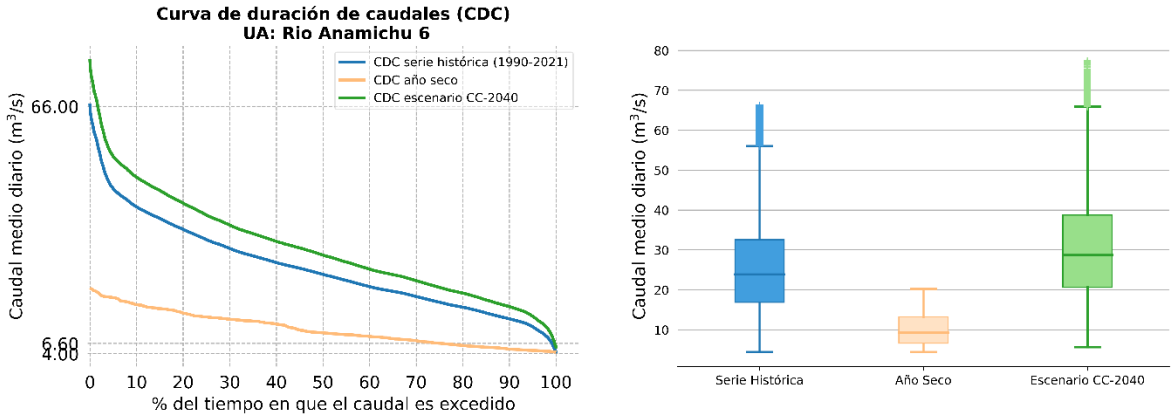


Figura 471. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Anamichu 6. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.9.13. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Negro Anamichu

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en diciembre con un valor de 2.8 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 1.6 m^3/s (Tabla 300). Se observa un aumento del 20.7% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 15.7% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 472.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2.4	2.2	2.3	2.6	2.8	2.5	2.0	1.7	1.6	2.0	2.5	2.8

Tabla 300. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Negro Anamichu

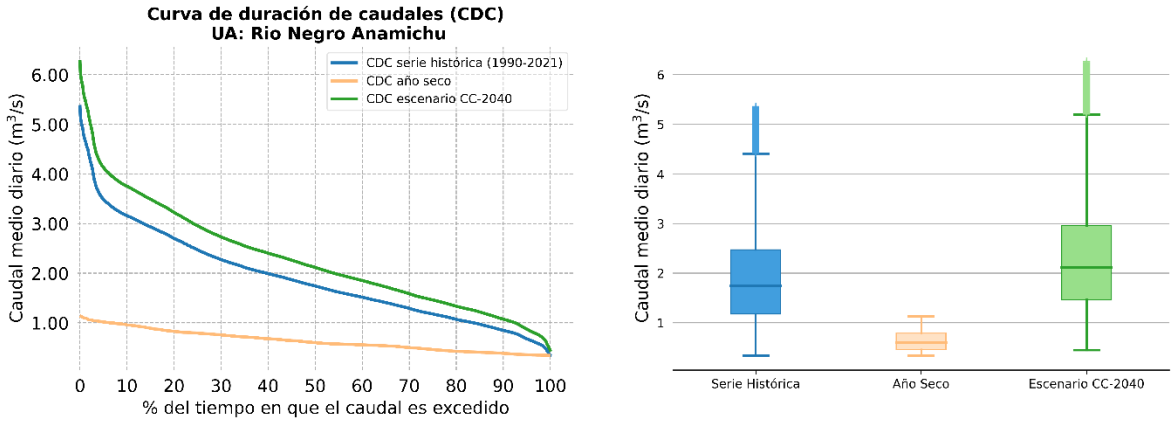


Figura 472. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Negro Anamichu. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.9.14. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Anamichu 5

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 34.3 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 19.2 m^3/s (Tabla 301). Se observa un aumento del 19.7% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 15.6% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 473.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
28.2	25.9	27.9	31.8	34.3	30.9	24.8	20.1	19.2	24.1	30.7	33.6

Tabla 301. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Anamichu 5

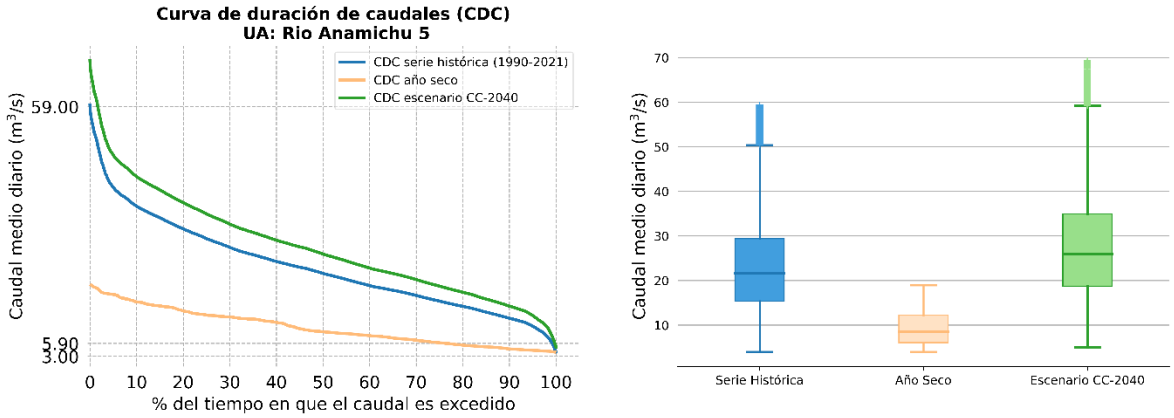


Figura 473. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Anamichu 5. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.9.15. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Yarumal

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en diciembre con un valor de 2.3 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 1.4 m^3/s (Tabla 302). Se observa un aumento del 21.4% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 15.9% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 474.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2.0	1.9	2.0	2.2	2.3	2.1	1.8	1.5	1.4	1.7	2.1	2.3

Tabla 302. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Yarumal

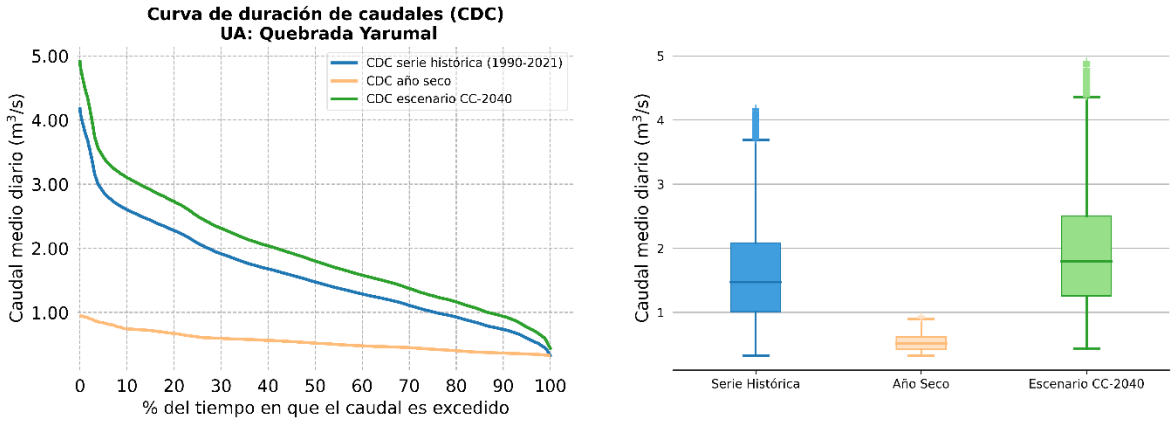


Figura 474. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Yarumal. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.9.16. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Anamichu 4

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 31.1 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 17.0 m^3/s (Tabla 303). Se observa un aumento del 19.5% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 15.5% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 475.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
25.4	23.2	25.1	28.8	31.1	27.9	22.2	17.9	17.0	21.7	27.8	30.4

Tabla 303. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Anamichu 4

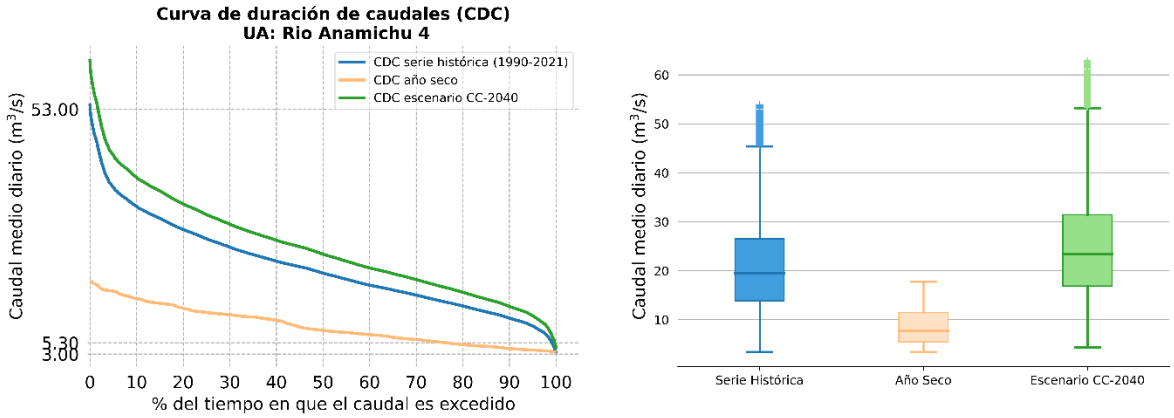


Figura 475. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Anamichu 4. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.9.17. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Catalina

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 3.1 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 1.8 m^3/s (Tabla 304). Se observa un aumento del 19.7% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 15.4% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 476.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2.6	2.4	2.6	2.9	3.1	2.8	2.3	1.9	1.8	2.3	2.8	3.1

Tabla 304. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Catalina

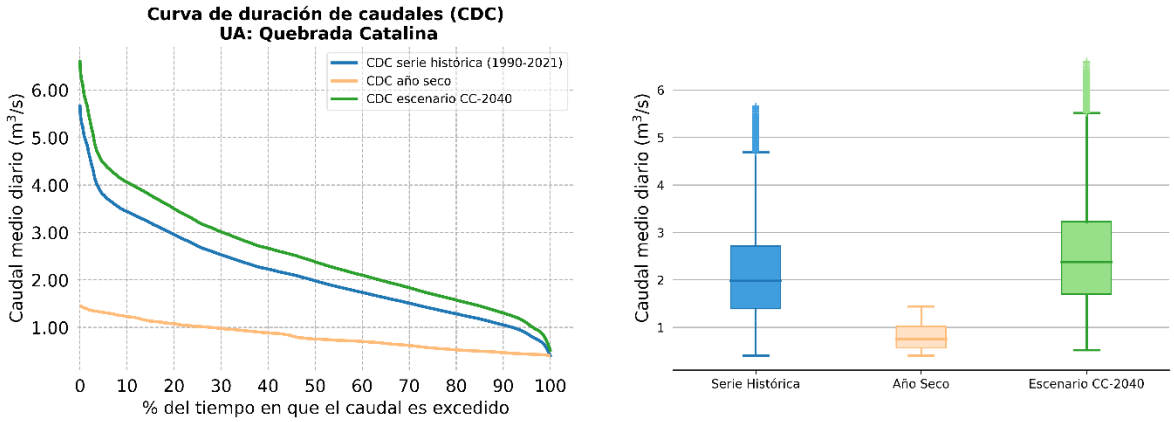


Figura 476. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Catalina. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.9.18. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Anamichu 3

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 27.6 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 14.9 m^3/s (Tabla 305). Se observa un aumento del 19.4% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 15.5% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 477.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
22.4	20.5	22.2	25.5	27.6	24.8	19.6	15.7	14.9	19.1	24.7	27.0

Tabla 305. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Anamichu 3

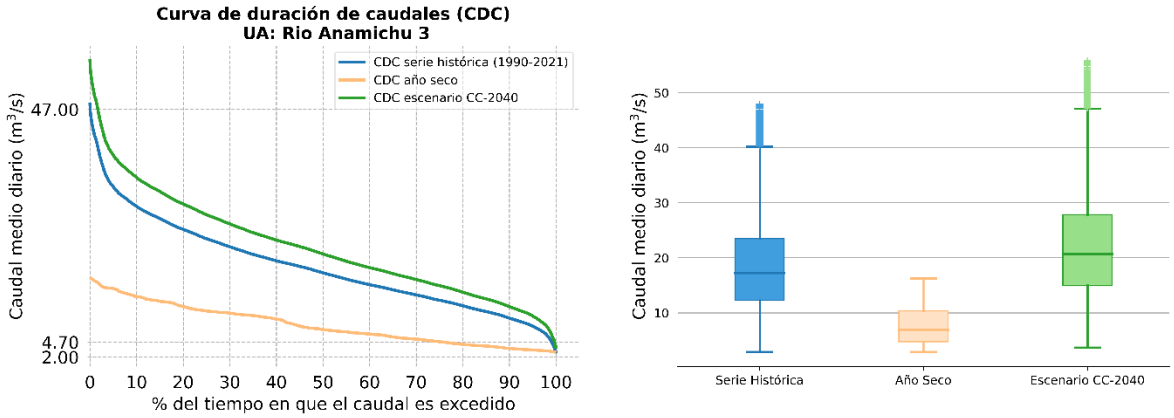


Figura 477. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Anamichu 3. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.9.19. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio San Jose

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 13.7 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 7.2 m^3/s (Tabla 306). Se observa un aumento del 19.5% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 15.6% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 478.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
11.1	10.2	11.1	12.7	13.7	12.3	9.7	7.7	7.2	9.4	12.3	13.5

Tabla 306. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio San Jose

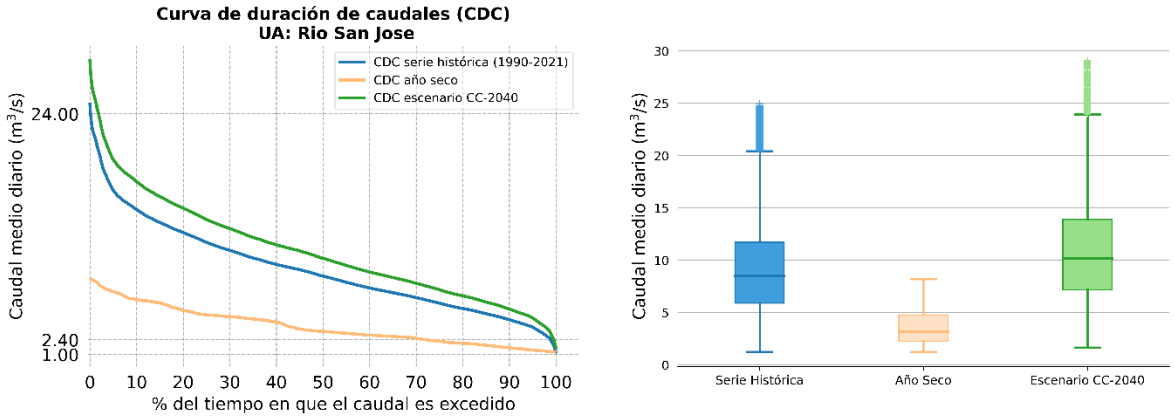


Figura 478. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio San Jose. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.9.20. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Anamichu 2

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 13.2 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 7.1 m^3/s (Tabla 307). Se observa un aumento del 19.2% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 15.4% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 479.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
10.6	9.7	10.5	12.2	13.2	11.8	9.4	7.5	7.1	9.1	11.7	12.8

Tabla 307. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Anamichu 2

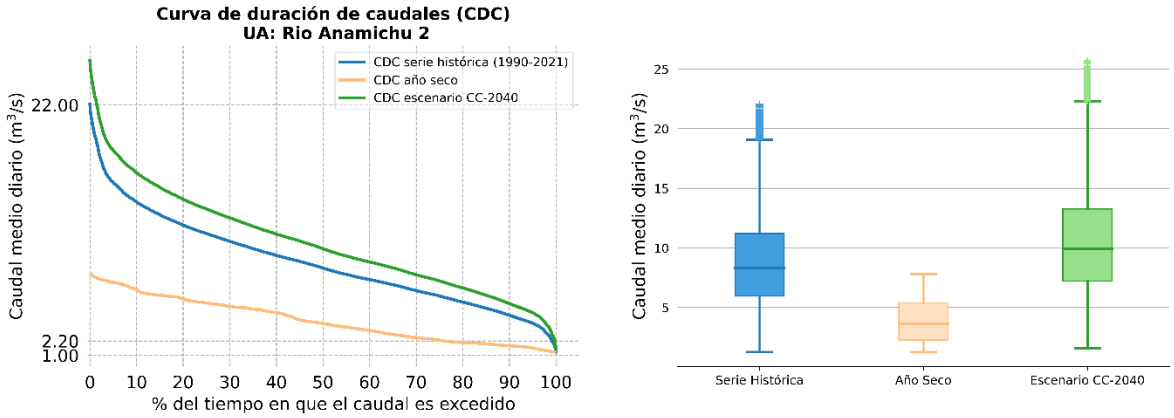


Figura 479. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Anamichu 2. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.9.21. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Ahogado

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 4.0 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 2.0 m^3/s (Tabla 308). Se observa un aumento del 19.3% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 15.4% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 480.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
3.1	2.8	3.1	3.6	4.0	3.5	2.7	2.2	2.0	2.7	3.5	3.8

Tabla 308. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Ahogado

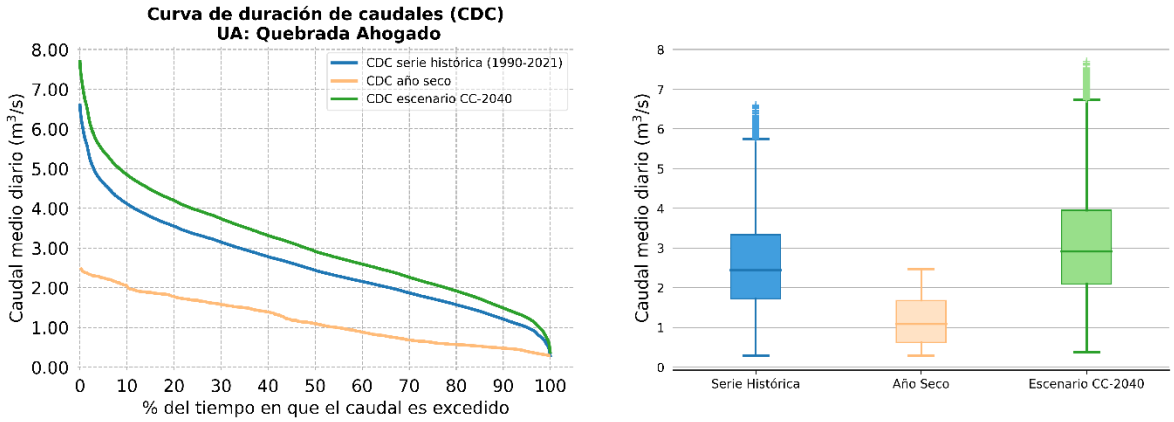


Figura 480. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Ahogado. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.9.22. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Anamichu 1

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 7.0 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 3.6 m^3/s (Tabla 309). Se observa un aumento del 19.1% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 15.4% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 481.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
5.6	5.0	5.5	6.5	7.0	6.2	4.9	3.8	3.6	4.8	6.2	6.8

Tabla 309. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Anamichu 1

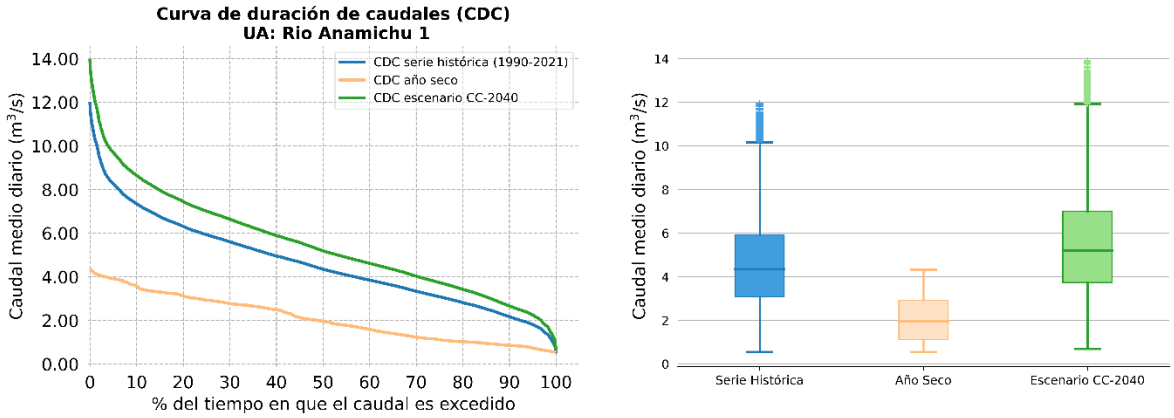


Figura 481. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Anamichu 1. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.10. Oferta Hídrica en Escenario de Cambio Climático para la Subzona Hidrográfica Cambrín

17.10.1. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Cambrin 2

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 40.2 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 19.4 m^3/s (Tabla 310). Se observa un aumento del 22.5% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 16.6% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 482.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
30.7	28.2	30.8	36.2	40.2	36.7	28.8	22.1	19.4	24.7	33.9	37.1

Tabla 310. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Cambrin 2

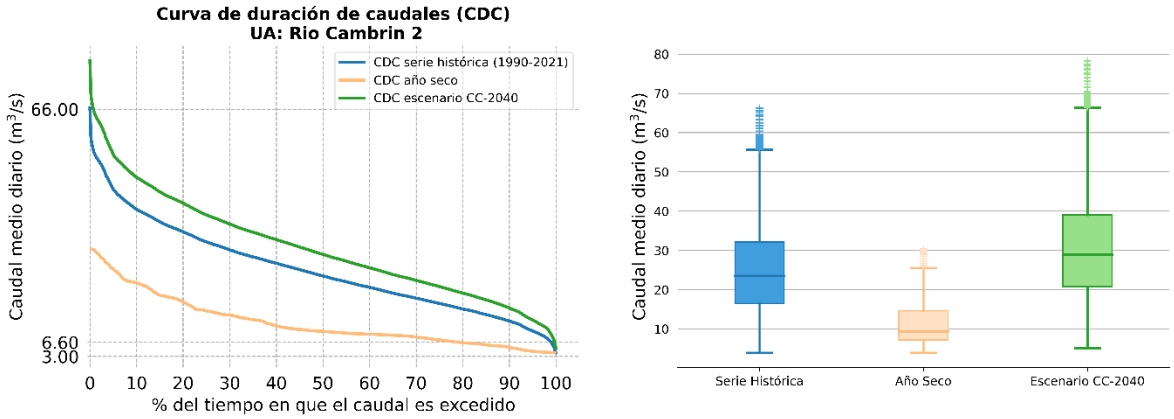


Figura 482. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Cambrin 2. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.10.2. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Negro Cambrin

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 6.9 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 3.7 m^3/s (Tabla 311). Se observa un aumento del 24.5% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 17.0% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 483.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
5.0	4.6	5.0	6.0	6.9	6.7	5.5	4.3	3.7	4.4	5.7	6.1

Tabla 311. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Negro Cambrin

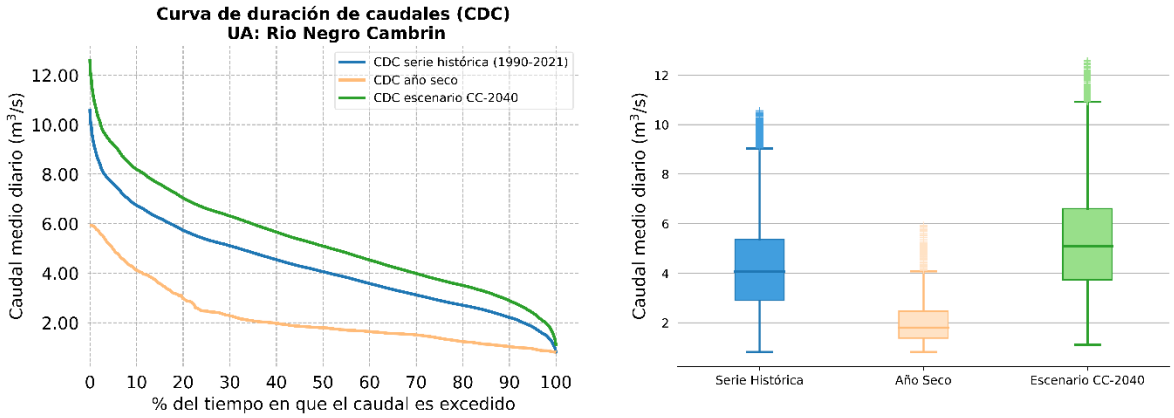


Figura 483. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Negro Cambrin. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.10.3. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Cambrin 1

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 29.7 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 14.1 m^3/s (Tabla 312). Se observa un aumento del 21.7% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 16.3% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 484.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
22.8	20.9	23.0	27.0	29.7	26.9	20.8	15.8	14.1	18.4	25.4	27.8

Tabla 312. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Cambrin 1

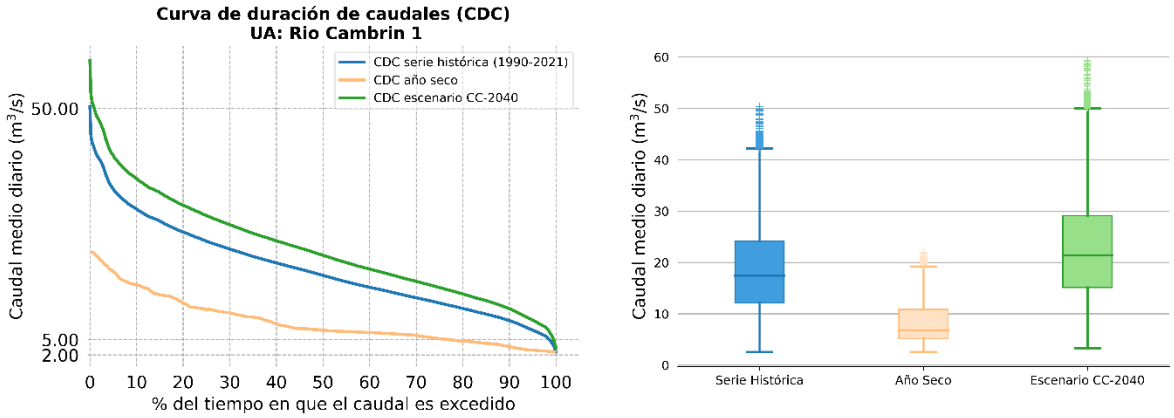


Figura 484. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Cambrin 1. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.10.4. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Virgen

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 11.1 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 5.0 m^3/s (Tabla 313). Se observa un aumento del 20.9% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 16.2% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 485.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
8.0	7.4	8.3	9.9	11.1	10.0	7.7	5.7	5.0	6.7	9.4	10.0

Tabla 313. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Virgen

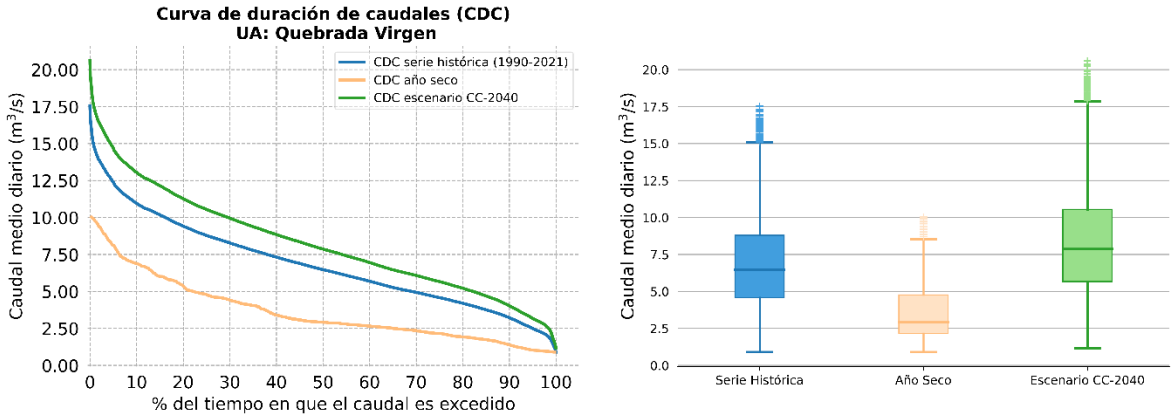


Figura 485. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Virgen. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.10.5. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Bosque

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 8.9 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 4.0 m^3/s (Tabla 314). Se observa un aumento del 20.6% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 16.1% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 486.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
6.9	6.3	6.9	8.1	8.9	7.9	5.9	4.4	4.0	5.5	7.7	8.5

Tabla 314. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Bosque

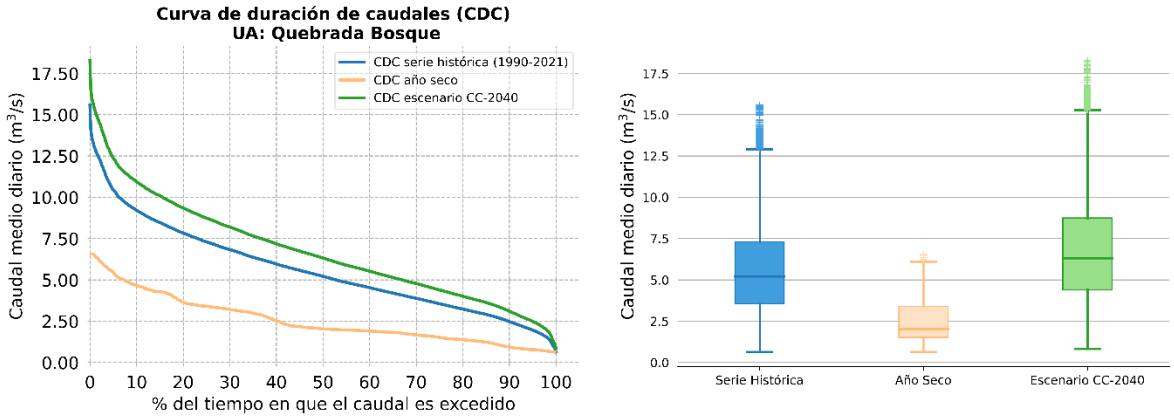


Figura 486. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Bosque. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.11. Oferta Hídrica en Escenario de Cambio Climático para la Subzona Hidrográfica Atá

17.11.1. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Ata 8

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 85.6 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 43.0 m^3/s (Tabla 315). Se observa un aumento del 22.3% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 16.6% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 487.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
68.3	65.0	73.8	83.2	85.6	75.1	60.9	49.0	43.0	53.3	74.9	77.2

Tabla 315. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Ata 8

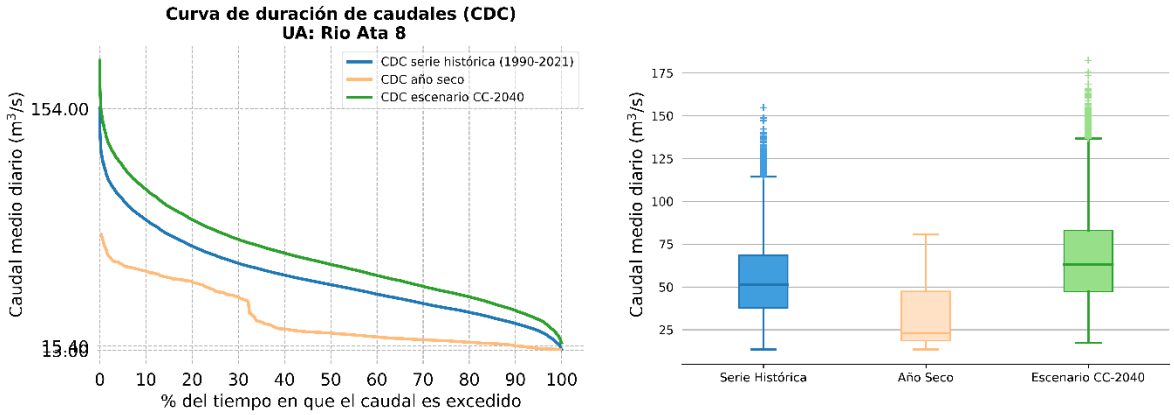


Figura 487. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Ata 8. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.11.2. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Barranca

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 1.0 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 0.4 m^3/s (Tabla 316). Se observa un aumento del 23.1% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 18.0% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 488.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0.9	0.8	0.8	1.0	1.0	0.9	0.6	0.5	0.4	0.5	0.8	1.0

Tabla 316. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Barranca

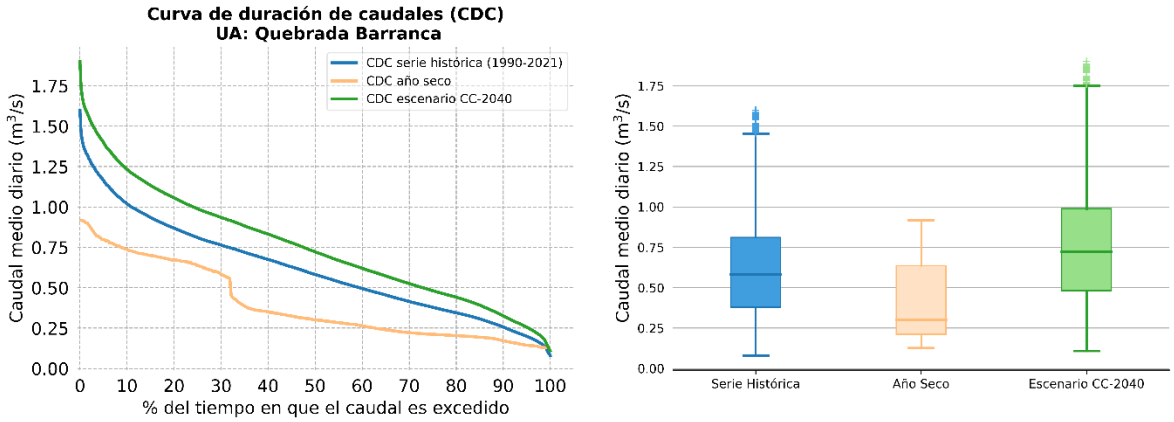


Figura 488. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Barranca. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.11.3. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Ata 7

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 82.9 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 41.7 m^3/s (Tabla 317). Se observa un aumento del 22.2% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 16.6% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 489.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
65.9	62.7	71.4	80.4	82.9	72.9	59.2	47.6	41.7	51.5	72.4	74.5

Tabla 317. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Ata 7

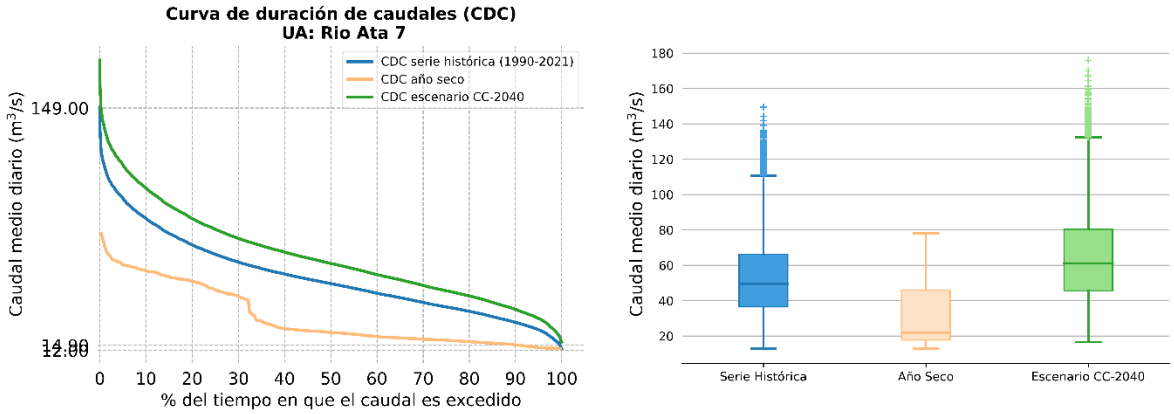


Figura 489. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Ata 7. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.11.4. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Paujil

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 4.7 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 1.9 m^3/s (Tabla 318). Se observa un aumento del 23.8% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 17.8% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 490.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
3.9	3.7	4.0	4.5	4.7	4.0	3.0	2.3	1.9	2.3	3.7	4.4

Tabla 318. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Paujil

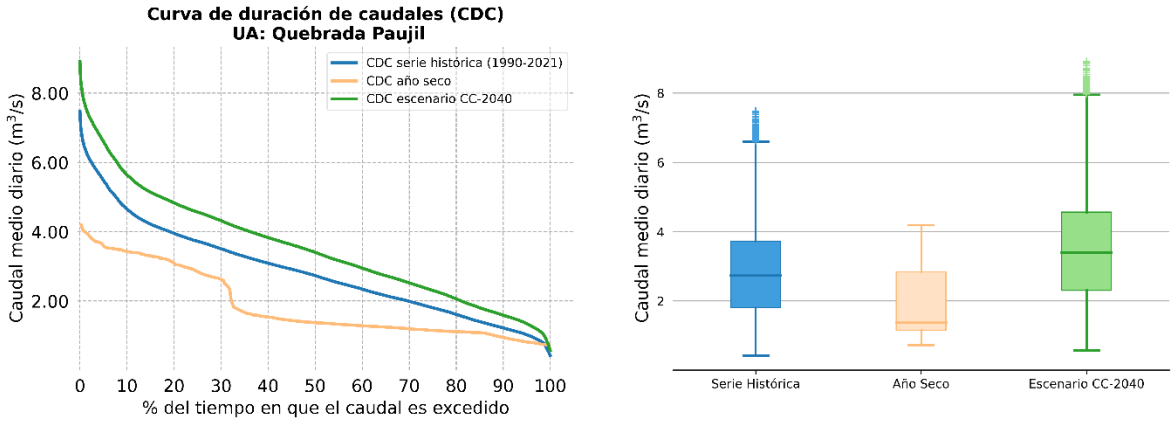


Figura 490. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Paujil. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.11.5. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Ata 6

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 76.2 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 39.0 m^3/s (Tabla 319). Se observa un aumento del 22.1% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 16.4% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 491.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
60.3	57.4	65.6	73.8	76.2	67.3	55.0	44.4	39.0	48.0	66.8	68.2

Tabla 319. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Ata 6

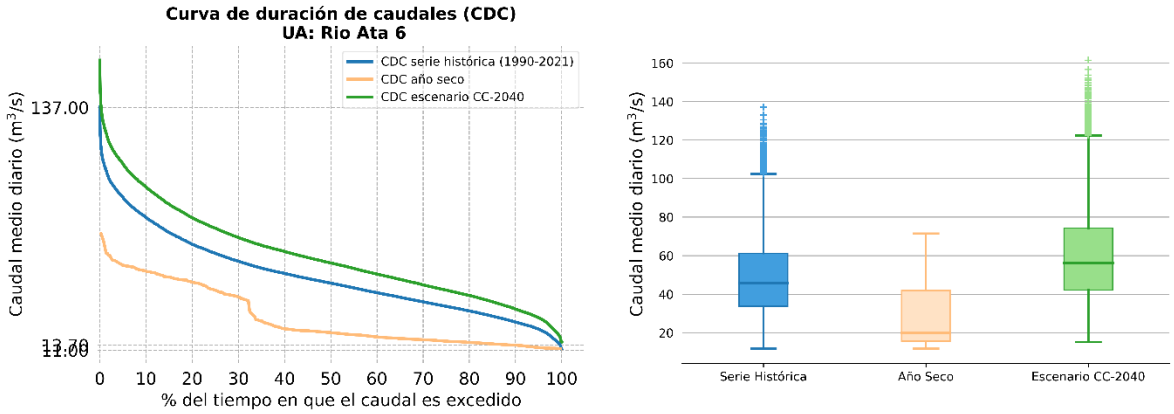


Figura 491. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Ata 6. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.11.6. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Montalvo

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 5.1 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 3.1 m^3/s (Tabla 320). Se observa un aumento del 25.3% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 17.5% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 492.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
4.4	4.2	4.5	4.9	5.1	4.7	4.0	3.4	3.1	3.4	4.4	4.8

Tabla 320. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Montalvo

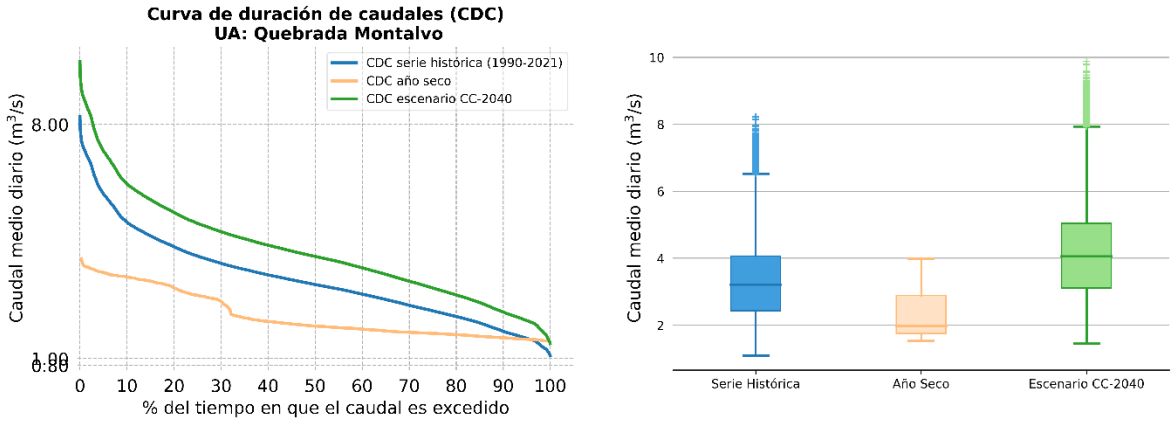


Figura 492. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Montalvo. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.11.7. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Ata 5

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 69.8 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 35.5 m^3/s (Tabla 321). Se observa un aumento del 21.9% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 16.3% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 493.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
54.9	52.1	59.8	67.4	69.8	61.7	50.4	40.5	35.5	43.6	61.0	62.2

Tabla 321. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Ata 5

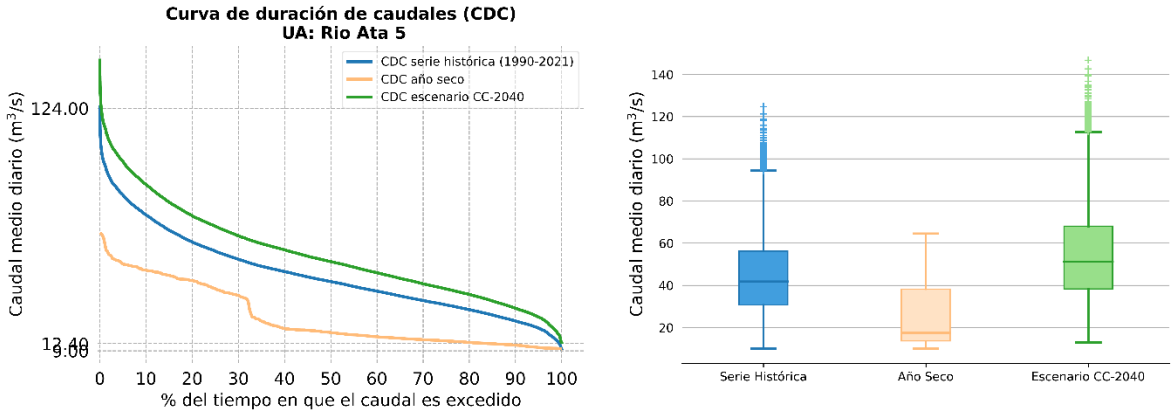


Figura 493. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Ata 5. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.11.8. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Claro

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en noviembre con un valor de 8.1 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de agosto el cual corresponde a 1.9 m^3/s (Tabla 322). Se observa un aumento del 24.4% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 18.1% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 494.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
4.7	4.7	6.8	7.7	6.4	4.0	2.6	1.9	1.9	5.0	8.1	6.0

Tabla 322. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Claro

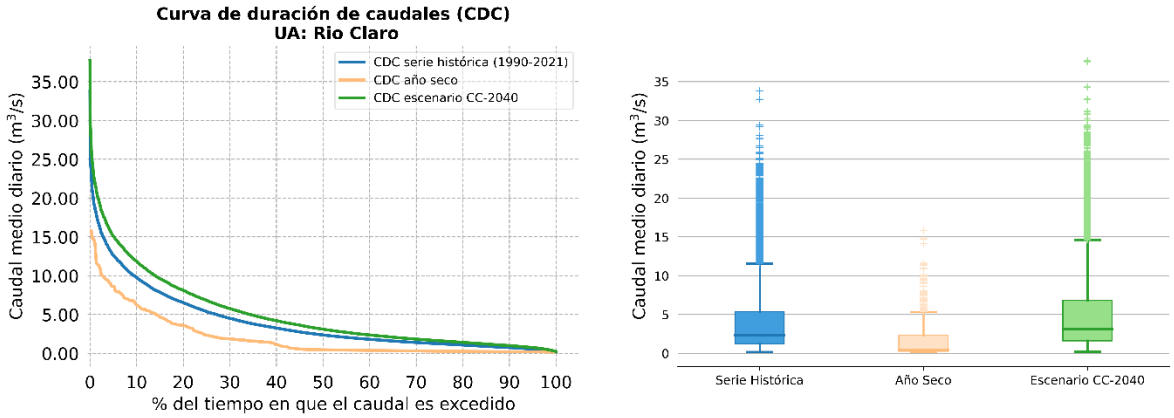


Figura 494. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Claro. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.11.9. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Ata 4

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 62.6 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 33.4 m^3/s (Tabla 323). Se observa un aumento del 21.6% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 16.0% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 495.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
49.6	46.8	52.3	58.9	62.6	57.2	47.5	38.4	33.4	38.1	52.0	55.5

Tabla 323. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Ata 4

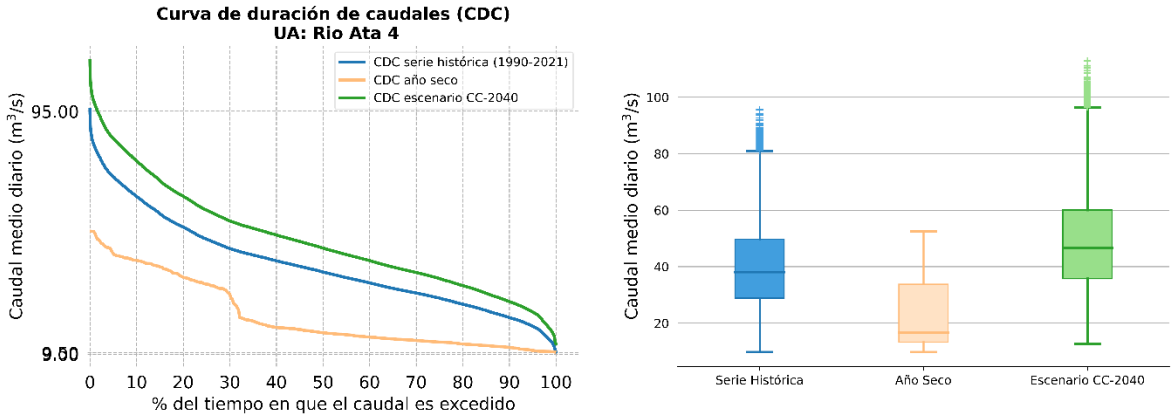


Figura 495. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Ata 4. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.11.10. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Quebrada Quebradon

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 5.4 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 3.7 m^3/s (Tabla 324). Se observa un aumento del 24.8% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 16.7% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 496.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
4.6	4.4	4.7	5.1	5.4	5.2	4.6	4.1	3.7	3.7	4.5	4.9

Tabla 324. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Quebrada Quebradon

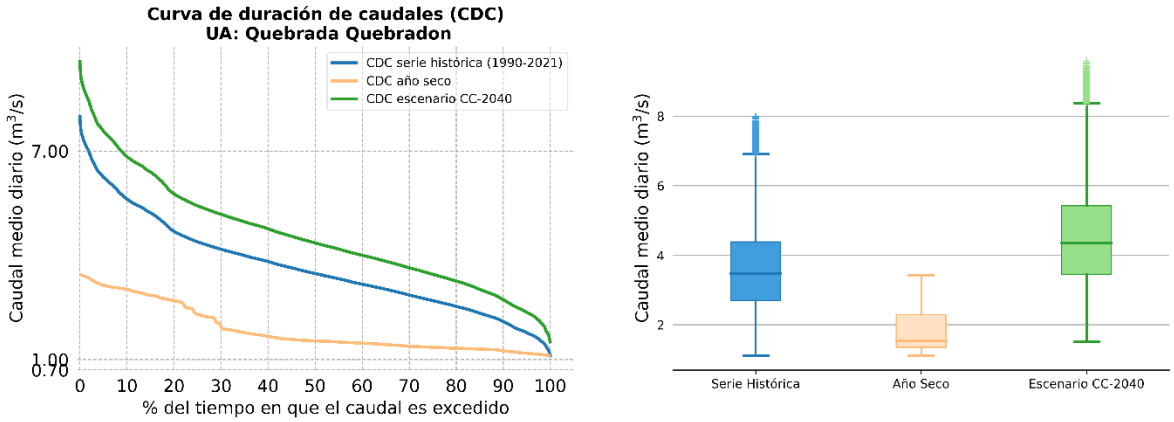


Figura 496. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Quebrada Quebradon. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.11.11. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Ata 3

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 55.3 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 28.6 m^3/s (Tabla 325). Se observa un aumento del 21.2% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 15.9% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 497.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
43.3	40.8	45.9	51.9	55.3	50.4	41.4	33.1	28.6	33.1	45.8	48.8

Tabla 325. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Ata 3

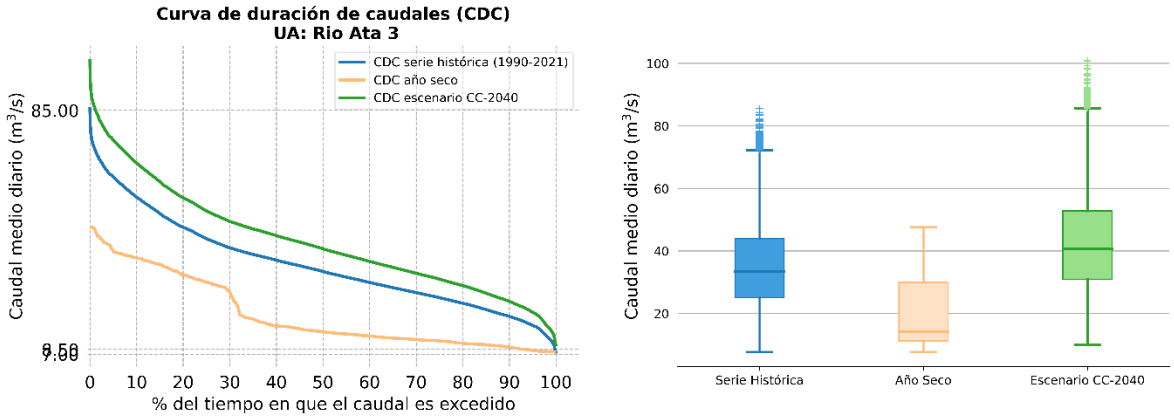


Figura 497. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Ata 3. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.11.12. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio San Miguel

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 6.6 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 4.7 m^3/s (Tabla 326). Se observa un aumento del 21.9% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 15.8% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 498.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
5.7	5.5	5.9	6.3	6.6	6.3	5.7	5.1	4.7	4.9	5.7	6.0

Tabla 326. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio San Miguel

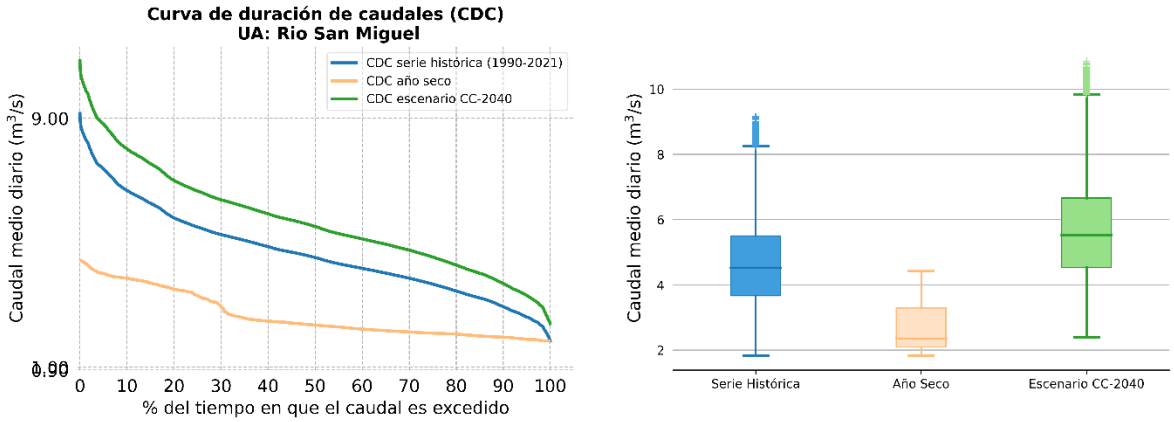


Figura 498. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio San Miguel. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.11.13. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Ata 2

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 39.8 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 18.9 m^3/s (Tabla 327). Se observa un aumento del 20.4% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 15.7% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 499.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
30.3	28.4	32.4	37.1	39.8	35.9	28.8	22.3	18.9	22.9	32.7	34.8

Tabla 327. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Ata 2

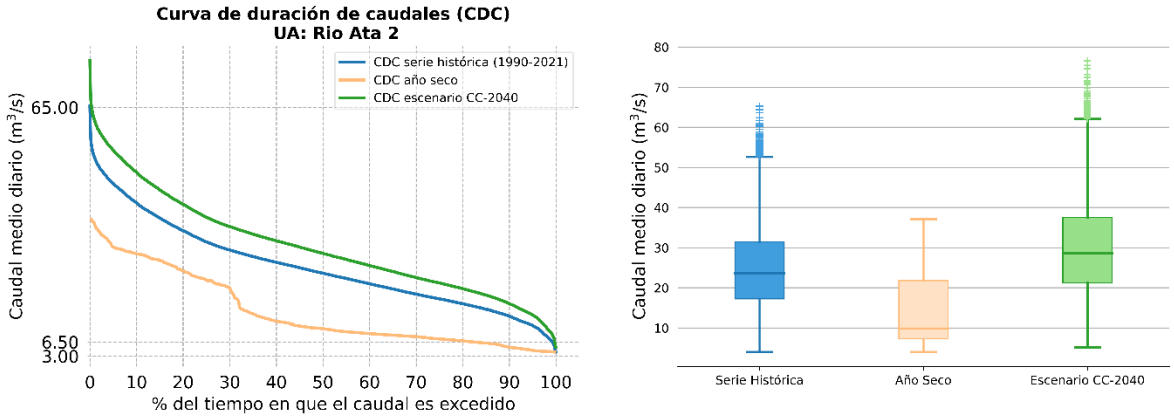


Figura 499. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Ata 2. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.11.14. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Tamara

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 6.0 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 2.8 m^3/s (Tabla 328). Se observa un aumento del 19.6% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 15.4% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 500.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
4.5	4.3	5.0	5.7	6.0	5.3	4.2	3.2	2.8	3.6	5.1	5.2

Tabla 328. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Tamara

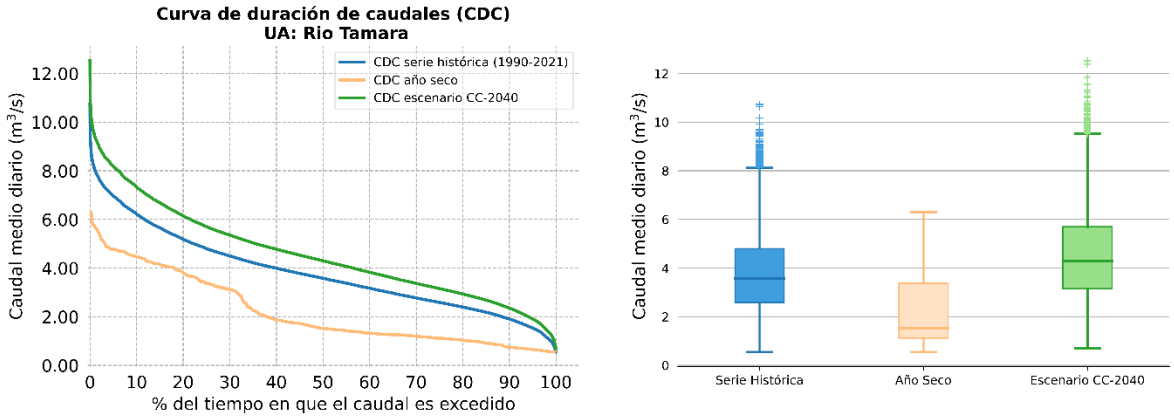


Figura 500. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Tamara. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

17.11.15. Oferta Hídrica en escenario de cambio climático en la unidad de análisis Rio Ata 1

El caudal medio mensual más alto del año se presenta en mayo con un valor de 19.7 m^3/s, y el caudal medio mensual más bajo ocurre en el mes de septiembre el cual corresponde a 9.1 m^3/s (Tabla 329). Se observa un aumento del 20.2% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, ya que su desviación estándar tiene una variación de 15.6% en relación con su valor histórico, dispersión que puede ser constatada en la Figura 501.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
14.7	13.7	15.8	18.2	19.7	17.7	14.1	10.8	9.1	11.3	16.3	17.1

Tabla 329. Oferta hídrica mensual en régimen natural (m^3/s) simulada para el escenario promedio (Ensemble) de cambio climático a 2040 en la unidad Rio Ata 1

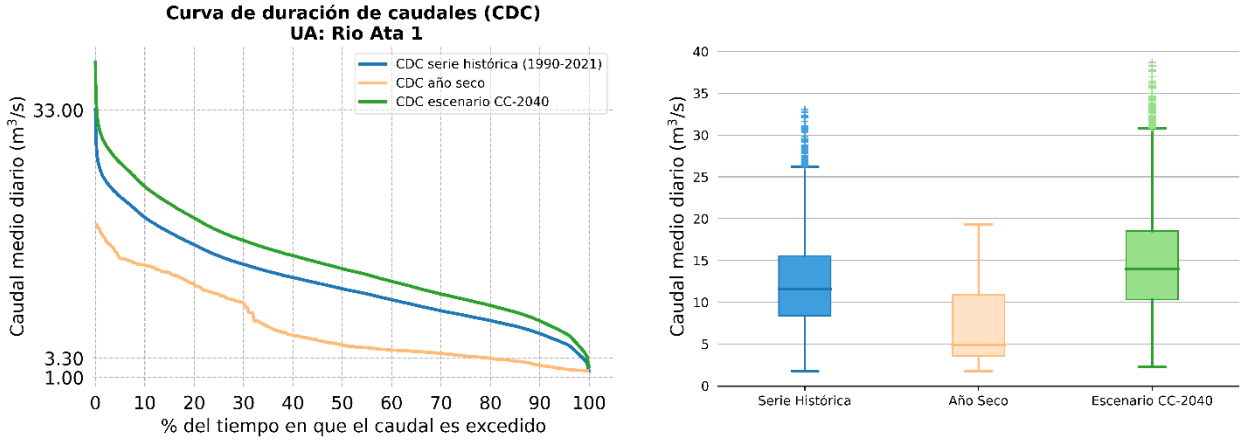


Figura 501. Distribución de caudales diarios simulados para la serie histórica, año seco y escenario de cambio climático en la unidad Rio Ata 1. Izquierda: curvas de duración de caudales diarios. Derecha: Diagramas de cajas y bigotes de caudales diarios.

18. Conclusiones de Oferta Hídrica

Dada la escasa información sistemática de monitoreo meteorológico en relación con variables como temperatura, humedad relativa, brillo solar, y velocidad y dirección del viento fue necesario utilizar métodos de interpolación espacial para generar campos espaciales diarios de temperatura y precipitación mediante métodos de aprendizaje de máquinas, cuya aplicación fue satisfactoria al lograr obtener una varianza explicada promedio del 81% en validación cruzada. También se validó la información interpolada por medio de métodos automatizados, con estaciones pluviométricas localizadas en la zona en estudio obteniendo valores de $R^2 \geq 0.8$.

El modelo hidrológico distribuido regional implementado, fue evaluado mediante siete (7) métricas de error que describen diferentes características del régimen hidrológico y las cuales se encuentran relacionadas con la variabilidad de las series en la escala de simulación diaria, la capacidad del modelo para representar los caudales característicos de la curva de duración de caudales, y el rendimiento del modelo para reproducir los caudales medios mensuales. La aplicación de estos criterios de evaluación permitió evidenciar que el modelo en el área en estudio presenta un desempeño razonable y suficiente para determinar la oferta hídrica y como herramienta de gestión tanto para periodos de extremos hídricos principalmente para periodos secos y húmedos moderados a severos. Para periodos extremadamente secos y húmedos el modelo implemento no representa adecuadamente el balance hídrico para estos estados temporales.

Con el propósito de mejorar el rendimiento de los modelos hidrológicos en futuros estudios y actualizaciones de la ERA, se ha identificado la necesidad de fortalecer los siguientes aspectos de línea base:

- Robustecer las redes de monitoreo hidrometeorológico de la Autoridad Ambiental en perspectiva de mejorar el cubrimiento espacial y configurar sus sistemas de registro con una resolución temporal a escala sub-horaria, lo cual implica repotenciar las redes de monitoreo a través de mejoramiento de las estaciones monitoreo actuales y agregando nuevas estaciones meteorológicas automáticas en sectores que presentan ausencia de este tipo de información.
- Hacia la parte baja del área de estudio de la evaluación regional del agua del departamento del Tolima Fase 2, el acuífero del sur del TOLIMA presenta un espesor considerable, por lo tanto, debido a la incertidumbre en el movimiento del agua en este sector de la cuenca, se recomienda en futuros estudios implementar una modelación hidrológica acoplada superficial-subterránea, que contemple las extracciones por bombeo. Esto permitirá cuantificar adecuadamente la variación espacio-temporal de los niveles de

agua subterránea y la interacción entre aguas superficiales y subterráneas en este sector de la cuenca.

- Se requiere actualizar y mejorar el detalle de los estudios base, tanto de usos y/o coberturas del suelo, tipos de suelo y geología a una misma escala espacial, a fin de cuantificar con menos incertidumbre el movimiento vertical del agua tanto en la zona no saturada como en el acuífero.
- Implementar estrategias y acciones para aunar esfuerzos interinstitucionales entre la Autoridad Ambiental y otras entidades del orden nacional como el Servicio Geológico, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi y/o Institutos de Investigación para realizar el monitoreo continuo del nivel de agua subterránea en el acuífero del sur del Tolima, así como el desarrollo de estudios en la zona no saturada a nivel semidetallado ya que estos solo se presentan en la subzona de Amoyá.
- Es importante cuando se implementen futuras modelaciones hidrológicas en el área de la Subzona hidrográfica de los ríos Anchique, Chenche y Directos al Magdalena mejorar la información topobatimétrica e hidráulica del embalse construido para el distrito de riego del triángulo del Tolima, relacionada con entrada y salida del reservorio, área y capacidad del embalse hasta el aliviadero principal y de emergencia, curvas que relacionan la cota con el área y el volumen del reservorio, las cuales son requeridas como variables de entrada en el modelo TETIS.
- Es necesario que la Autoridad Ambiental incluya en su línea estratégica de monitoreo del recurso hídrico un inventario y seguimiento sistemático de caudales trasegados por las principales estructuras hidráulicas de la Subzona hidrográfica de los ríos Anchique, Chenche y Directos al Magdalena, especialmente los volúmenes trasvasados del Río Saldaña, su distribución y los sobrantes que ingresan tanto al embalse, como al Río Chenche, ya que en la actualidad no se encuentran monitoreados de forma sistemática.
- Tomando en consideración que las subzonas hidrográficas de los Ríos Cambrín, Patá y Alto Saldaña, presenta una alta escases de información hidrométrica histórica, se requiere priorizar futuras inversiones en monitoreo hidrométrico en estas subzonas hidrográficas, lo cual aportará conocimiento sobre la variabilidad temporal de los caudales.
- Se recomienda que la entidad ambiental, establezca un monitoreo sistemático continuo de medición de sedimentos en las subzonas hidrográficas que se encuentran localizadas dentro del contexto del área de estudio de la evaluación regional del agua del departamento del Tolima Fase 2, ya que no se contó con este tipo de información para analizar la dinámica temporal continua de los caudales solidos en el área de estudio.

- Finalmente se sugiere a la entidad, realizar batimetrías constantes en los puntos de medición de caudal que se encuentran localizados en el área de estudio, a fin de mejorar las curvas de gasto y de esta manera corregir los caudales en periodos históricos y obtener caudales precisos para futuras modelaciones del balance hídrico.

La evaluación de la disponibilidad de la oferta hídrica brinda información base para la gestión y administración de las subzonas hidrográficas de los ríos Bajo Saldaña, Alto Saldaña, Amoyá, Anamichú, Anchique-Chenche, Atá, Cambrín, Medio Saldaña y Pata, lo que garantiza en gran medida contar con una línea base actualizada para establecer acciones tendientes al cubrimiento de las necesidades de la población o de las actividades económicas y productivas en materia de recursos hídricos, así como para mantener el funcionamiento y resiliencia de los ecosistemas acuáticos y su provisión de servicios ecosistémicos. A partir de los análisis realizados se obtuvieron las siguientes conclusiones:

18.1. SZH del río Patá

- El caudal medio mensual en régimen natural para el mes más húmedo corresponde a 41.92, 71.09, y 34.39 m3/s para los años hidrológicos medio, húmedo y seco respectivamente, que representan un 166.52 % de aumento, un 162.63 % de aumento, y un 224.10 % de aumento en relación con el caudal medio anual en régimen natural para cada condición hidrológica. En contraste, el caudal medio mensual del mes más seco es 8.92, 15.90 y 1.66 m3/s para cada año hidrológico respectivamente, correspondiente a una reducción en un 35.44, 36.37 y 10.79 % con relación al valor medio anual. En esta subzona se presentan tendencias estadísticamente significativas al aumento de los caudales mínimos diarios en el periodo de 1990 a 2021 y una oferta hídrica total disponible de 16.28, 34.82 y 13.10 m3/s para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco, evidenciando una alta fluctuación en la respuesta hidrológica de la cuenca en función de la variabilidad climática.
- A partir de la definición y simulación de escenarios de oferta hídrica fue posible establecer que en la Subzona Hidrográfica del río Patá las unidades de análisis que registran los mayores caudales de oferta hídrica total disponible (OHTD), tanto para año medio, húmedo y seco: río Patá 8 (OHTD año medio: 16.28 m^3/s), río Patá 7 (año medio: 13.11 m^3/s), río Patá 6 (año medio: 11.36 m^3/s), río Patá 5 (año medio: 8.19 m^3/s) y río Patá 4 (año medio: 6.62 m^3/s). Es decir, para las tres condiciones hidrológicas presenta un caudal de agua que garantizaría el uso para el funcionamiento de los ecosistemas y de los ambientes fluviales. Por otra parte, estas Unidades registran un aumento del caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico.

Además, se evidencia un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático.

18.2. SZH Chenche, Anchique y Directos al Magdalena

- **Río Chenche:** El caudal medio mensual en régimen natural para el mes más húmedo corresponde a 13.64, 26.99, y 12.70 m3/s para los años hidrológicos medio, húmedo y seco respectivamente, que representan un 140.44 % de aumento, un 196.18 % de aumento, y un 174.99 % de aumento en relación con el caudal medio anual en régimen natural para cada condición hidrológica. En contraste, el caudal medio mensual del mes más seco es 6.31, 9.37 y 3.52 m3/s para cada año hidrológico respectivamente, correspondiente a una reducción en un 64.98, 68.12 y 48.45 % con relación al valor medio anual. Para esta subzona no se presentan tendencias estadísticamente significativas en los caudales máximos, medios y mínimos diarios, en el periodo de 1990 a 2021. La oferta hídrica total disponible es de 4.26, 8.31 y 3.20 m3/s para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco, evidenciando una alta fluctuación en la respuesta hidrológica de la cuenca en función de la variabilidad climática.
- Para el caso de la unidad hidrográfica del río Chenche, entre los resultados obtenidos se destacan las Unidades de Análisis: río Chenche 6 (4.26 m^3/s) y río Chenche 5 (2.59 m^3/s), ya que presentan los mayores valores de OHTD en año medio. Opuesto a estos caudales, las Unidades de Análisis: quebrada Cabuyal (0.37 m^3/s), quebrada Carmen (0.05 m^3/s), quebrada Socorro (0.16 m^3/s), quebrada Zaragoza (0.04 m^3/s), quebrada Zanja Honda (0.21 m^3/s) y río Chenche 1 (0.56 m^3/s) registran los menores valores de OHTD. En cuanto a la oferta hídrica en escenario de cambio climático se observó que estas Unidades de Análisis presentan un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, así como un aumento del caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico. Además, se evidencia un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático.
- **Río Anchique:** El caudal medio mensual en régimen natural para el mes más húmedo corresponde a 14.48, 22.61, y 9.62 m^3/s para los años hidrológicos medio, húmedo y seco respectivamente, que representan un 158.77 % de aumento, un 161.74 % de aumento, y un 183.47 % de aumento en relación con el caudal medio anual en régimen natural para cada condición hidrológica. En contraste, el caudal medio mensual del mes más seco es 3.90, 8.01 y 1.39 m^3/s para cada año hidrológico respectivamente, correspondiente a una reducción en un 42.76, 57.31 y 26.49 % con relación al valor medio anual. Para esta unidad hidrográfica no se presentan tendencias estadísticamente significativas de los caudales máximos, medios y mínimos diarios, en el periodo de 1990 a 2021. La oferta hídrica total

disponible es de 5.36, 10.22 y 3.5 m^3/s para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco, evidenciando una alta fluctuación en la respuesta hidrológica de la cuenca en función de la variabilidad climática. En cuanto a la oferta hídrica en escenario de cambio climático se observó que las Unidades de Análisis presentan un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, así como un aumento del caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico. Además, se evidencia un incremento en la variabilidad de los caudales diarios, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático.

18.3. SZH Bajo Saldaña

- El caudal medio mensual en régimen natural para el mes más húmedo corresponde a 389.16, 639.05, y 283.79 m^3/s para los años hidrológicos medio, húmedo y seco respectivamente, que representan un 127.42 % de aumento, un 147.10 % de aumento, y un 168.13 % de aumento en relación con el caudal medio anual en régimen natural para cada condición hidrológica. En contraste, el caudal medio mensual del mes más seco es 213.56, 315.69 y 102.82 m^3/s para cada año hidrológico respectivamente, correspondiente a una reducción en un 69.92, 72.67 y 60.92 % con relación al valor medio anual. Para esta subzona no se identifican tendencias estadísticamente significativas en los caudales máximos, medios y mínimos diarios en el periodo de 1990 a 2021 y la oferta hídrica total disponible es de 118.41, 247.44 y 61.84 m^3/s para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco, evidenciando una alta fluctuación en la respuesta hidrológica de la cuenca en función de la variabilidad climática intranual.
- Las unidades de análisis río Saldaña 21, río Saldaña 20, río Saldaña 19, río Saldaña 18, río Saldaña 17 y río Saldaña 16 presenta los mayores valores de OHTD los cuales son superiores a 100 m^3/s, y las unidades de análisis quebrada Lemayá, quebrada Chicora y quebrada Pedregosa evidencian los menores valores (0.41, 0.12 y 0.2 m^3/s respectivamente). Por otra parte, según el análisis de la oferta hídrica en escenario de cambio climático para todas las Unidades de Análisis sobre el cauce principal del río Saldaña se observó un aumento del caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, de igual manera, un incremento en la variabilidad de caudales diarios, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático. Como caso particular, las unidades de las quebradas Lemayá, Chicora y Pedregosa evidencian una disminución del caudal en dicho escenario.

18.4. SZH Medio Saldaña

- El caudal medio mensual en régimen natural para el mes más húmedo corresponde a 220.49, 302.07, y 175.19 m3/s para los años hidrológicos medio, húmedo y seco respectivamente, que representan un 127.24 % de aumento, un 154.12 % de aumento, y un 194.90 % de aumento en relación con el caudal medio anual en régimen natural para cada condición hidrológica. En contraste, el caudal medio mensual del mes más seco es 111.91, 154.12 y 44.75 m3/s para cada año hidrológico respectivamente, correspondiente a una reducción en un 64.58, 67.39 y 49.79 % con relación al valor medio anual. Para esta subzona no se presentan tendencias estadísticamente significativas en los caudales máximos, medios y mínimos en el periodo de 1990 a 2021 y su oferta hídrica total disponible es de 67.86, 123.28 y 39.08 m3/s para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco, evidenciando una baja fluctuación en la respuesta hidrológica de la cuenca en función de la variabilidad climática intranual.
- Las unidades de análisis río Saldaña 9, río Saldaña 8, río Saldaña 7 y río Saldaña 6 registran los caudales más altos de OHTD en año medio en la subzona con valores de 67.86, 66.95, 64.26, y 62.09 m^3/s respectivamente. Opuesto a esto, las Unidades de Análisis con menores valores de OHTD en año medio corresponden a: quebrada Pole (2.46 m^3/s) y quebrada Guanábano (1.15 m^3/s), caudales que se ven reducidos en más de un 50% cuando las condiciones hidrológicas pasan a ser de año seco.
- De otra parte, según el análisis de la oferta hídrica en escenario de cambio climático para todas las Unidades de Análisis se observó un aumento del caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, de igual manera, un incremento en la variabilidad de caudales diarios.

18.5. SZH Alto Saldaña

- El caudal medio mensual en régimen natural para el mes más húmedo corresponde a 193.12, 257.83, y 154.31 m3/s para los años hidrológicos medio, húmedo y seco respectivamente, que representan un 128.41 % de aumento, un 132.77 % de aumento, y un 203.45 % de aumento en relación con el caudal medio anual en régimen natural para cada condición hidrológica. En contraste, el caudal medio mensual del mes más seco es 97.10, 130.61 y 35.45 m3/s para cada año hidrológico respectivamente, correspondiente a una reducción en un 64.56, 67.25 y 46.74 % con relación al valor medio anual. Para esta subzona no se presentan tendencias estadísticamente significativas en los caudales máximos, medios y mínimos en el periodo de 1990 a 2021 y su oferta hídrica total disponible es de 59.78, 103.59 y 34.99 m3/s para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año

seco, evidenciando una alta fluctuación en la respuesta hidrológica de la cuenca en función de la variabilidad climática intranual.

- La Subzona Hidrográfica Alto Saldaña cuenta con un total de 10 Unidades de Análisis, de las cuales una registra los mayores valores de OHTD en año medio: la Unidad de Análisis río Saldaña 5 (59.78 m^3/s). Por otro lado, las Unidades de Análisis con menor oferta hídrica total disponible (OHTD) corresponde a: Unidad de Análisis: quebrada Lindosa (0.62 m^3/s), río Siquila (1.58 m^3/s) y la Unidad de Análisis: río Candelario (0.81 m^3/s). En cuanto a la oferta hídrica en escenario de cambio climático se observó que estas Unidades de Análisis registran un aumento en promedio del 22% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático.

18.6. SZH del río Amoyá

- El caudal medio mensual en régimen natural para el mes más húmedo corresponde a 70.55, 103.50, y 60.68 m^3/s para los años hidrológicos medio, húmedo y seco respectivamente, que representan un 119.48 % de aumento, un 139.30 % de aumento, y un 152.10 % de aumento en relación con el caudal medio anual en régimen natural para cada condición hidrológica. En contraste, el caudal medio mensual del mes más seco es 47.37, 52.06 y 24.94 m^3/s para cada año hidrológico respectivamente, correspondiente a una reducción en un 80.22, 70.70 y 62.52 % con relación al valor medio anual. Para esta subzona se presentan tendencias estadísticamente significativas en los caudales máximos, y mínimos en el periodo de 1990 a 2021 y su oferta hídrica total disponible es de 23.86, 39.11 y 15.94 m^3/s para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco, evidenciando una baja fluctuación en la respuesta hidrológica de la cuenca en función de la variabilidad climática.
- La Subzona Hidrográfica del río Amoyá se encuentra conformada por 26 unidades de análisis, de las cuales, las que presentan mayor oferta hídrica disponible son río Amoyá 13 (23.86 m^3/s), río Amoyá 12 (23.28 m^3/s), río Amoyá 11 (19.60 m^3/s) y río Amoyá 10 (17.32 m^3/s). Por otro lado, las unidades de análisis quebrada Grande (0.31 m^3/s), quebrada San Jorge (0.31 m^3/s), río Negro Amoyá (0.47 m^3/s), quebrada San José (0.38 m^3/s), quebrada Nieves (0.86 m^3/s), y quebrada Morales (0.57 m^3/s) presentan los menores valores de oferta hídrica total disponible en año medio.
- En relación con la oferta hídrica en escenario de cambio climático el mayor incremento en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico es de un 21%, lo cual indica una amplificación en el efecto hidrológico del cambio climático. Además, es evidenciable un incremento en la variabilidad de sus caudales diarios.

18.7. SZH del río Anamichú

- El caudal medio mensual en régimen natural para el mes más húmedo corresponde a 44.67, 42.53, y 23.07 m^3/s para los años hidrológicos medio, húmedo y seco respectivamente, que representan un 124.16 % de aumento, un 130.31 % de aumento, y un 172.36 % de aumento en relación con el caudal medio anual en régimen natural para cada condición hidrológica. En contraste, el caudal medio mensual del mes más seco es 24.10, 23.96 y 6.78 m^3/s para cada año hidrológico respectivamente, correspondiente a una reducción en un 66.99, 73.40 y 50.66 % con relación al valor medio anual. Para esta subzona se identifican tendencias estadísticamente significativas a la reducción en los caudales máximos, medios y mínimos diarios en el periodo de 1990 a 2021 y su oferta hídrica total disponible es de 16.68, 13.34 y 5.60 m^3/s para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco, evidenciando una alta fluctuación en la respuesta hidrológica de la cuenca en función de la variabilidad climática.
- En la Subzona Hidrográfica del río Anamichú se encontró que 7 de las 21 Unidad de Análisis registran los mayores valores de OHTD en año medio: río Anamichú 11 (16.68 m^3/s), río Anamichú 10 (14.81 m^3/s), río Anamichú 9 (13.10 m^3/s), río Anamichú 8 (12.52 m^3/s), río Anamichú 7 (11.99 m^3/s), río Anamichú 6 (11.38 m^3/s), y río Anamichú 5 (10.18 m^3/s). Por su parte, las Unidades de Análisis con menores valores de OHTD en año medio corresponden a: quebrada Tolima (0.38 m^3/s), río Quebrada (0.67 m^3/s), quebrada San Mateo (0.37 m^3/s), quebrada Ilusión (0.17 m^3/s), río Verde (0.72 m^3/s) y quebrada Catalina (0.95 m^3/s).
- En cuanto a la oferta hídrica en escenario de cambio climático se observó que esta subzona hidrográfica registra un incremento en el 21% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático.

18.8. SZH del río Cambrín

- El caudal medio mensual en régimen natural para el mes más húmedo corresponde a 33.14, 36.79, y 26.05 m^3/s para los años hidrológicos medio, húmedo y seco respectivamente, que representan un 132.16 % de aumento, un 136.97 % de aumento, y un 224.5 % de aumento en relación con el caudal medio anual en régimen natural para cada condición hidrológica. En contraste, el caudal medio mensual del mes más seco es 15.47, 17.40 y 4.70 m^3/s para cada año hidrológico respectivamente, correspondiente a una reducción en un 61.69, 64.77 y 40.53 % con relación al valor medio anual. Para esta subzona se identifican tendencias estadísticamente significativas a la reducción en los caudales medios diarios en el periodo de 1990 a 2021 y su oferta hídrica total disponible es de 11.45, 13.23 y

5.68 m³/s para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco, evidenciando una alta fluctuación en la respuesta hidrológica de la cuenca en función de la variabilidad climática.

- La Subzona Hidrográfica del río Cambrín se encuentra conformada por cinco Unidades de Análisis, de las cuales dos registran los mayores valores de OHTD en año medio: Unidad de Análisis: río Cambrín 2 (11.45 m³/s), río Cambrín 1 (8.74 m³/s). Por otro lado, la Unidad de Análisis: río Negro Cambrín registra los menores valores de oferta hídrica total disponible en año medio con 1.79 m³/s y en año seco 1.05 m³/s.
- En cuanto a la oferta hídrica en escenario de cambio climático se observó que esta subzona hidrográfica registra un aumento en promedio del 22.5 % en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico y un incremento en la variabilidad de los caudales diarios.

18.9. SZH del río Atá

- El caudal medio mensual en régimen natural para el mes más húmedo corresponde a 70.64, 115.18, y 62.54 m³/s para los años hidrológicos medio, húmedo y seco respectivamente, que representan un 128.04 % de aumento, un 132.04 % de aumento, y un 198.26 % de aumento en relación con el caudal medio anual en régimen natural para cada condición hidrológica. En contraste, el caudal medio mensual del mes más seco es 34.55, 54.38 y 14.84 m³/s para cada año hidrológico respectivamente, correspondiente a una reducción en un 62.63, 62.34 y 47.03 % con relación al valor medio anual. Para esta subzona no se identifican tendencias estadísticamente significativas en los caudales máximos, medios y mínimos diarios en el periodo de 1990 a 2021 y su oferta hídrica total disponible es de 23.10, 55.16 y 14.62 m³/s para las condiciones hidrológicas de año medio, año húmedo y año seco, evidenciando una alta fluctuación en la respuesta hidrológica de la cuenca en función de la variabilidad climática.
- La Subzona Hidrográfica del río Atá se encuentra conformada por quince Unidades de Análisis, de las cuales siete registran los mayores valores de OHTD en año medio: Unidad de Análisis: río Atá 8 (23.10 m³/s), río Atá 7 (22.44 m³/s), río Atá 6 (20.67 m³/s), río Atá 5 (19.09 m³/s), río Atá 4 (16.15 m³/s), río Atá 3 (14.44 m³/s), y río Atá 2 (10.60 m³/s). Por otro lado, la Unidad de Análisis: quebrada Barranca registra los menores valores de oferta hídrica total disponible en año medio con 0.31 m³/s y en año seco 0.20 m³/s.
- En cuanto a la oferta hídrica en escenario de cambio climático se observó que esta subzona hidrográfica registra un aumento en promedio del 22.3 % en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el

caudal medio anual histórico y un incremento en la variabilidad de los caudales diarios.

19. Referencias

Alencar da Silva, K. M., & Silva, R. (2017). Tendencia Pluviométrica y Concentración Estacional de Precipitación en la Cuenca Hidrográfica del Río Moxotó – Pernamcuco – Brasil. Revista Geográfica de América Central, 1(58), 295. https://doi.org/10.15359/rgac.58-1.12

Cantor, D. C. (2011). Evaluación y Análisis Espaciotemporal de Tendencias de Largo Plazo en la Hidroclimatología Colombiana.

Castro, L. M., & Carvajal, Y. (2011). Análisis de Tendencia y Homogeneidad de Series Climatológicas. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=231116434002

CAR. (2013). Evaluacion Regional del Agua cuenca río Blanco. Bogotá D.C: Corporacional Autónoma Regional de Cundinamarca.

CORTOLIMA. (2018). Plan Integral de Gestión del Cambio Climático Territorial del Tolima: Ruta Dulima. El Tolima enfrenta el cambio en el clima. Ibagué: CORTOLIMA.

CRQ. (2017). Evaluación Regional Del Agua. Armenia: Corporación Autónoma Regional Del Quindío.

Duan, Q., Sorooshian, S., & Gupta, V. (1992). Effective and efficient global optimization for conceptual rainfall-runoff models. Water resources research. 28(4), 1015-1031. https://doi.org/10.1029/91WR02985.

Forero, L. C., Longo, M., John Jairo Ramírez, R., & Chalar, G. (2014). Índice de calidad ecológica con base en macroinvertebrados acuáticos para la cuenca del Río Negro (ICERN-MAE), Colombia. Revista de Biologia Tropical, 62(April), 233–247.

Francés, F., Velez, J. I., & Vélez, J. J. (2007). Split-parameter structure for the automatic calibration of distributed hydrological models. Journal of Hydrology, 332(1-2), 226-240. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2006.06.032.

Hamed, K. H. (2008). Trend Detection in Hydrologic Data: the Mann–Kendall Trend Test Under the Scaling Hypothesis. Journal of Hydrology, 349(3–4), 350–363. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.11.009

Hamed, K. H. (2009). Exact Distribution of the Mann–Kendall Trend Test Statistic for Persistent Data. Journal of Hydrology, 365(1–2), 86–94. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.11.024

IDEAM. (2013). Lineamientos conceptuales y metodológicos para la Evaluación Regional del Agua - ERAS 2013. Bogotá D.C.: IDEAM-Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental-Grupo de suelos y Tierras.

IDEAM. (2019). Estudio Nacional del Agua 2018. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

Lespinas, F., Ludwig, W., Heussner, S., (2014). Hydrological and climatic uncertainties associated with modeling the impact of climate change on water resources of small Mediterranean coastal rivers. Journal of Hydrology. 511, 403-422. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.01.033

MADS. (2018). Guía para el ordenamiento del recurso hídrico continental superficial. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

MinAmbiente. (2010). Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá D.C: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). Guía metodológica para la formulación de planes de manejo ambiental de acuíferos. Bogotá D.C: MADS.

Moriasi, D.N., Arnold, J.G., Van Liew, M.W., Bingner, R.L., Harmel, R.D., Veith, T.L. (2007). Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. Trans. ASABE. 50 (3), 885–900. https://doi.org/10.13031/2013.23153.

Nash, J. E., Sutcliffe, J. V., (1970). River flow forecasting through conceptual models part I-A discussion of principles. Journal of hydrology. 10(3), 282-290. https://doi.org/10.1016 /0022-1694(70)90255-6.

Roldán, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: propuesta para el uso del método BMWP Col. Medellín: Universidad del Antioquia.

UNESCO. (2007). Groundwater Resources Susteinability Indicators (14 ed., Vol. VI). Paris: UNESCO.

Capitulo Demanda Hídrica

En el marco de la Evaluación Regional del Agua, la caracterización y cuantificación de la demanda hídrica tiene como objetivo evidenciar los principales sectores usuarios con mayor presión por el uso del recurso y hacer previsiones sobre su comportamiento futuro. Es un insumo técnico fundamental en los procesos de planificación, gestión y toma de decisiones por parte de la Autoridad Ambiental en pro de la Gestión Integral del Recurso Hídrico y el uso eficiente y sostenible del agua. Lo anterior, atendiendo a criterios como el crecimiento de la población, el crecimiento del PIB nacional y regional de los sectores económicos respectivos, la eficiencia en el consumo del agua, entre otros (IDEAM, 2013).

La información que se presenta es el resultado del proceso de la revisión y valoración de la información disponible. Se analizaron bases de datos del Sistema de Información del Recuso Hídrico (SIRH), Tasa por Uso del Agua (TUA), acueductos municipales y veredales, y el maestro de concesiones de la corporación. Así mismo se consideró el Censo de Usuarios del Recurso Hídrico del Acuífero Sur, geodatos de permisos de captación de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) y a su vez los estudios previos de demanda hídrica registrado en los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCAS) y Planes o Esquemas de Ordenación Territorial (POT y EOT) de los municipios con jurisdicción en las Subzonas Hidrográficas de los ríos Bajo Saldaña, Alto Saldaña, Amoyá, Anamichú, Anchique, Atá, Cambrín, Medio Saldaña y Patá.

Adicionalmente y teniendo en cuenta los lineamientos conceptuales y metodológicos para la Evaluación Regional del Agua – ERA (IDEAM, 2013), se consideró información histórica de la dinámica poblacional reportada por el DANE, los resultados del Censo Pecuario Nacional 2016 -2022 desarrollado por el ICA, las Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA) 2006 – 2021 realizadas por la UPRA, y los módulos de consumo establecidos por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), la Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN), y los establecidos en los estudios de Fernández, Martínez, Tavarez, Castillo, & Salas, (2009), la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR, 2014) y Vaccaro, Dillon, & Fernández Cirelli, (2014).

El presente capítulo se estructura en ocho secciones. La primera sección hace alusión al marco conceptual, la segunda aborda el marco metodológico para la estimación de la demanda hídrica, en la tercera se presenta el análisis de la información de línea base disponible en los instrumentos de planificación y en la cuarta sección se presenta el análisis exploratorio del registro de usuarios del recurso hídrico por parte de CORTOLIMA y la ANLA. En la quinta sección se describen los

resultados de la demanda hídrica superficial actual para los usos agrícola, consumo humano y doméstico, generación de energía, pecuario, piscícola, recreativo, minero e industrial, por cada Subzona Hidrográfica (SZH) y Unidad Hidrológica de Análisis (UHA). La sexta sección hace referencia a la demanda hídrica subterránea actual para el sistema acuífero sur. La séptima comprende los cálculos de las proyecciones de la demanda hídrica sectorial conforme a los lineamientos técnicos del IDEAM (2013). Por último, la sección ocho presenta las conclusiones del estudio en relación con la Demanda Hídrica.

20. Marco Conceptual

La demanda hídrica se define como la extracción del recurso hídrico de las fuentes naturales para suplir los requerimientos de consumo humano, producción económica sectorial y ecosistemas naturales existentes, incluyendo el agua extraída consumida y el agua extraída no consumida (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales 2010). En la **Figura 502** se relacionan los conceptos básicos que se deben tener en cuenta para definir la demanda hídrica.

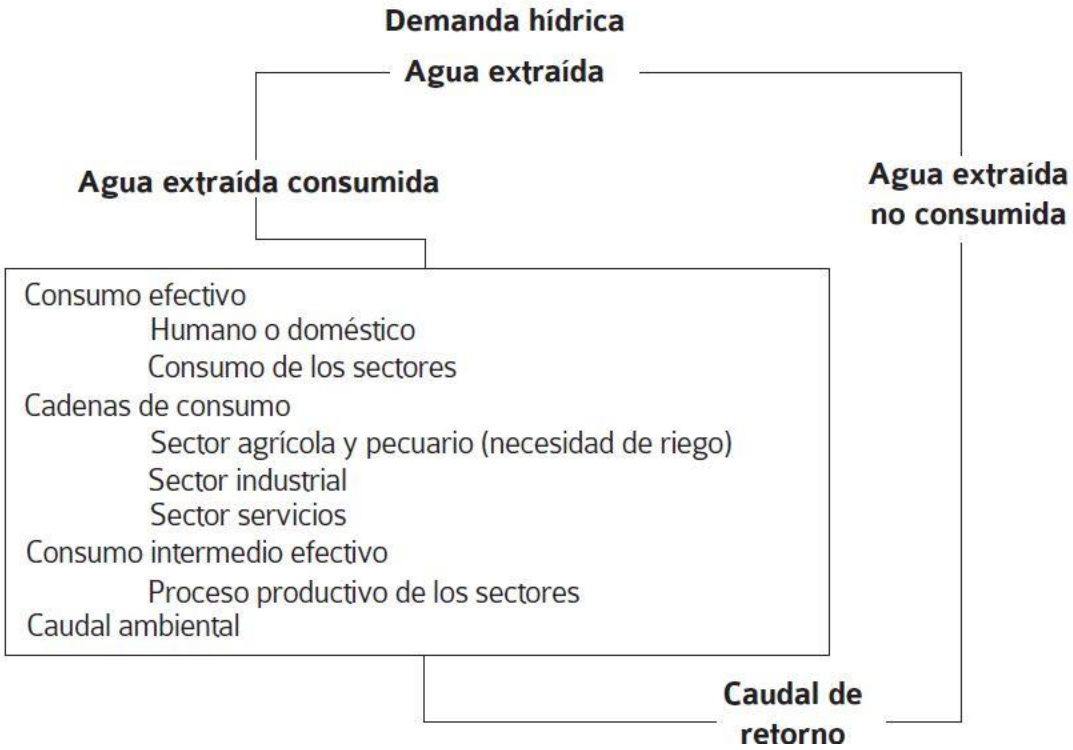


Figura 502. *Conceptos básicos para definir la demanda hídrica a nivel regional. Fuente: (IDEAM, 2013)*

Conceptos básicos:

Agua extraída: se refiere a la cantidad de agua que se sustrae del sistema natural para satisfacer las necesidades de consumo humano, producción sectorial y demandas fundamentales de los ecosistemas existentes, sean intervenidos o no (IDEAM, 2010).

Consumo efectivo: es la cantidad real de agua que es incorporada en los procesos de producción de los diferentes sectores económicos, de servicios y comercio, así como en el consumo humano como satisfactor de las necesidades fundamentales de la población, durante un período de tiempo determinado (IDEAM, 2010).

Consumo intermedio efectivo: da cuenta de la cantidad de agua que es incorporada como consumo intermedio en los procesos de transformación y de servicios, ya sea como insumo o materia prima (IDEAM, 2010).

Cadena de consumo de agua: hace referencia a la cantidad de agua utilizada en cada una de las etapas de los procesos productivos sectoriales, tal como sucede en el sector pecuario, agrícola e industrial (IDEAM, 2010).

Caudal ambiental: se define como el volumen de agua requerida en términos de calidad, cantidad, duración y estacionalidad para la sostenibilidad de los diferentes ecosistemas y el desarrollo de las actividades socioeconómicas de las personas que dependen de tales ecosistemas (Decreto 3930 de 2010 s.f.).

Caudal de retorno: se refiere al volumen de agua que retorna a la red de drenaje de la cuenca como remanente de los volúmenes usados o aprovechados en los procesos productivos sectoriales y en el consumo humano (IDEAM, 2013).

Agua extraída no consumida: corresponde al volumen de agua que es extraído del sistema natural y que no es utilizado efectivamente en ningún tipo de uso, retornando al sistema con variaciones en su calidad. En los sistemas de acueductos se entiende como perdidas técnicas (IDEAM, 2010).

21. Marco Metodológico

Teniendo como base los lineamientos técnicos propuestos por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2013), el esquema metodológico general para la evaluación de la demanda hídrica se presenta en la **Figura 503**.

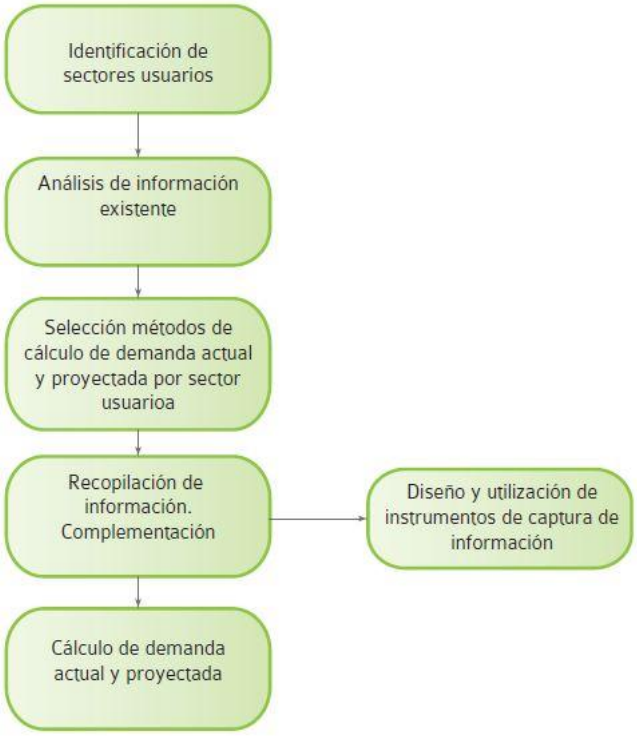


Figura 503. *Procedimiento para la evaluación de demanda de agua en las regiones. Fuente: (IDEAM, 2013).*

21.1. Sectores usuarios

La estimación de la demanda hídrica parte de la identificación de los sectores usuarios establecidos en el artículo 9 del Decreto 3930 de 2010 (**Tabla 330**). En cada una de las Subzonas Hidrográficas objeto de estudio se establecerán los sectores usuarios, de acuerdo con los usos concesionados reportados en los instrumentos de administración del recurso hídrico de las autoridades ambientales competentes en cada caso (CORTOLIMA, CORPOCALDAS, ANLA), como se indica en la subsección "21.2 Análisis de la información existente".

Tabla 330. *Categorías de uso del agua (Fuente: Decreto 3930 de 2010)*

Uso	Descripción
Consumo humano y doméstico	Uso del agua para actividades: bebida directa y preparación de alimentos para consumo inmediato; satisfacción de necesidades domésticas, individuales y colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios; y preparación de alimentos en general y en especial los destinados a su comercialización o distribución, que no requieran elaboración (Art. 10)
Preservación de flora y fauna	Uso del agua para preservación de flora y fauna, su utilización en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas acuáticos y terrestres y de sus ecosistemas asociados, sin causar alteraciones sensibles en ellos (Art. 11)
Agrícola	Uso del agua para irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias (Art. 13)
Pecuario	Uso del agua para el consumo del ganado en sus diferentes especies y demás animales, así

Uso	Descripción
	como para otras actividades conexas y complementarias (Art. 14)
Recreativo	Uso del agua para fines recreativos, su utilización, cuando se produce (Art. 15): 1. Contacto primario, como en la natación, buceo y baños medicinales. 2. Contacto secundario, como en los deportes náuticos y la pesca.
Industrial	Uso del agua en actividades tales como (Art. 16): 1. Procesos manufactureros de transformación o explotación, así como aquellos conexos y complementarios. 2. Generación de energía. 3. Minería. 4. Hidrocarburos. 5. Fabricación o procesamiento de drogas, medicamentos, cosméticos, aditivos y productos similares. 6. Elaboración de alimentos en general y en especial los destinados a su comercialización o distribución.
Estético	Uso del agua para la armonización y embellecimiento del paisaje (Art. 18)
Pesca, Maricultura y Acuicultura	Uso del agua en actividades de reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies hidrobiológicas en cualquiera de sus formas, sin causar alteraciones en los ecosistemas en los que se desarrollan estas actividades (Art. 12)
Navegación y Transporte Acuático	Uso del agua para transporte su utilización para la navegación de cualquier tipo de embarcación o para la movilización de materiales por contacto directo (Art. 17)

21.2. Análisis de la información existente

Como información base de cálculo se tomarán los reportes de las siguientes fuentes oficiales:

- Sistema de Información del Recurso Hídrico (SIRH)
- Maestro de concesiones hídricas de CORTOLIMA
- Base de datos de bocatomas de centros urbanos y acueductos rurales
- Reporte de licencias ambientales CORTOLIMA - ANLA
- Registro de usuarios de aguas subterráneas (FUNIAS)
- Sistema de Información Geográfica (SIG) de la Autoridad Ambiental
- Bases de datos de la Tasa por Uso (TUA)
- Plan de Ordenación y Manejo (POMCA) del río Amoyá (2004)
- Plan de Ordenación y Manejo (POMCA) del río Anamichú (2010)
- Plan de Ordenación y Manejo (POMCA) del río Medio Saldaña – Quebrada Guanábano (2010)
- Plan de Ordenación y Manejo (POMCA) del río Alto Saldaña – río Mendarco (2009)

El análisis de esta información permitirá, reconocer inconsistencias y necesidades de información para la estimación de la demanda hídrica en función de las concesiones de agua existentes y la metodología propuesta por el IDEAM (2013), siendo importante para acotar los cálculos y validar los resultados obtenidos al finalizar el proyecto. Como mínimo, se requiere disponer de la información relacionada con el caudal concesionado por cada uno de los usuarios, el tipo de uso para el cual se asignó el

recurso, la fuente hídrica de abastecimiento y la georreferenciación del punto de captación. En el caso de encontrar vacíos o inconsistencias en la información se optará por solicitar el acceso a los expedientes de concesión de aguas. Si luego de hacer la revisión de expedientes no se logra obtener mayor detalle de estas concesiones se trabajará únicamente con la información oficial reportada en la base de datos de la corporación.

21.3. Estimación de la demanda hídrica

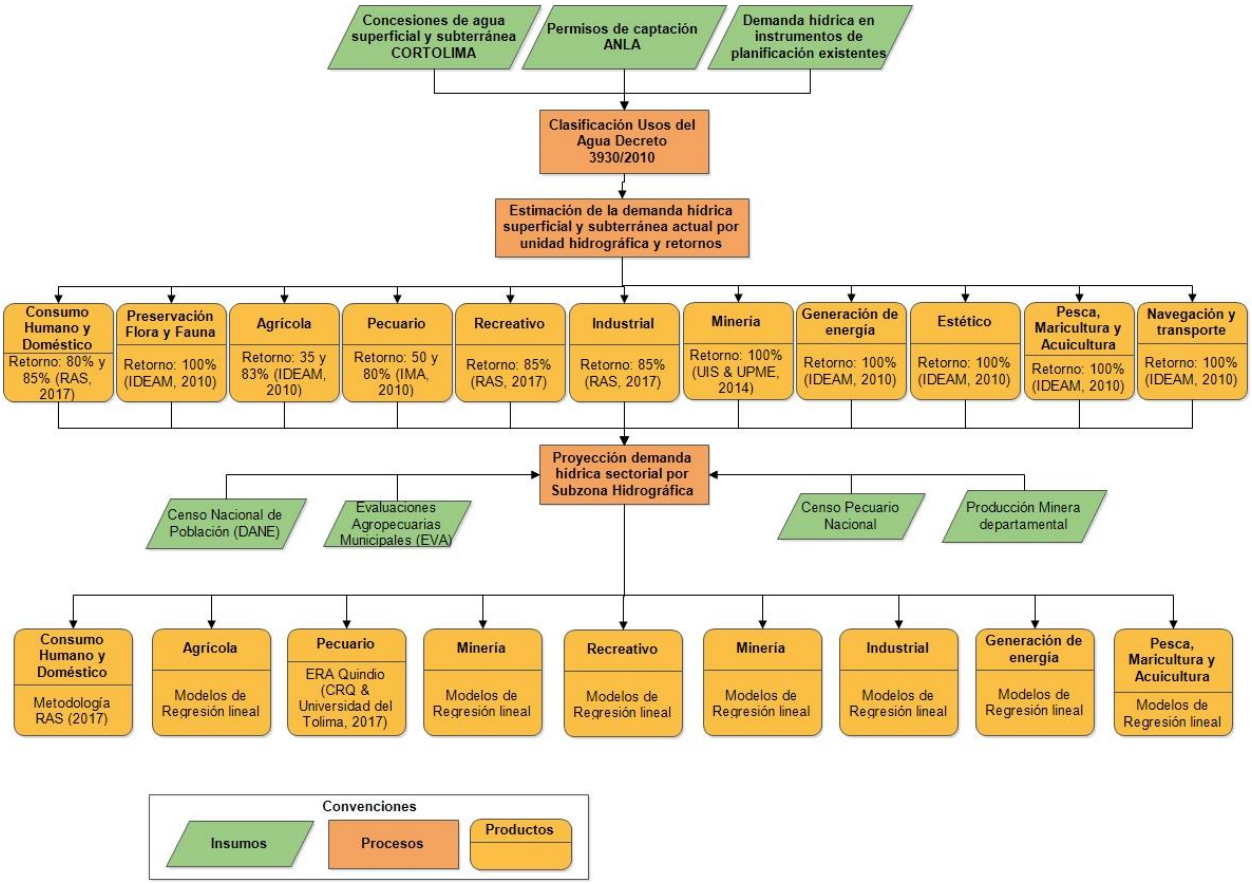


Figura 504. *Procedimiento metodológico para la estimación de la demanda hídrica, superficial y subterránea por tipo de uso y unidad hidrográfica*

En la **Figura 504** se presenta el esquema metodológico general que se empleará para la determinación de la demanda hídrica y su respectiva proyección en cada unidad hidrográfica contemplada. Con base en la información existente se definirán las categorías de uso del agua particulares de cada unidad hidrográfica y se establecerán las respectivas demandas hídricas actuales (superficial y subterránea). Posteriormente, se realizarán los cálculos de las proyecciones de la demanda hídrica sectorial empleando los criterios metodológicos expuestos por el IDEAM (2013) bajo los cuales se tiene en cuenta la dinámica poblacional y económica en cada caso. A continuación,

se presentan las descripciones generales de los sectores y los criterios empleados para su determinación.

a. Consumo Humano y Doméstico

Se refiere al agua utilizada en actividades tales como bebida directa y preparación de alimentos para consumo inmediato, satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios, y preparación de alimentos en general y en especial los destinados a su comercialización o distribución, que no requieran elaboración (Decreto 3930 de 2010).

La demanda se establece a partir de la estimación del consumo que un habitante requiere para satisfacer las necesidades básicas en un día (IDEAM, 2013); teniendo en cuenta los criterios del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), para la zona urbana (Resolución 0330 de 2017 s.f.) y zona rural (Resolución 0844 de 2018 s.f.). Se tomará como fuente de información básica: los censos poblacionales realizados por el DANE, además de los indicadores técnicos de los sistemas de distribución de agua potable, reportados por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) y el Plan Departamental de Aguas (PDA) del Tolima. El procedimiento metodológico se presenta en la **Figura 505**.

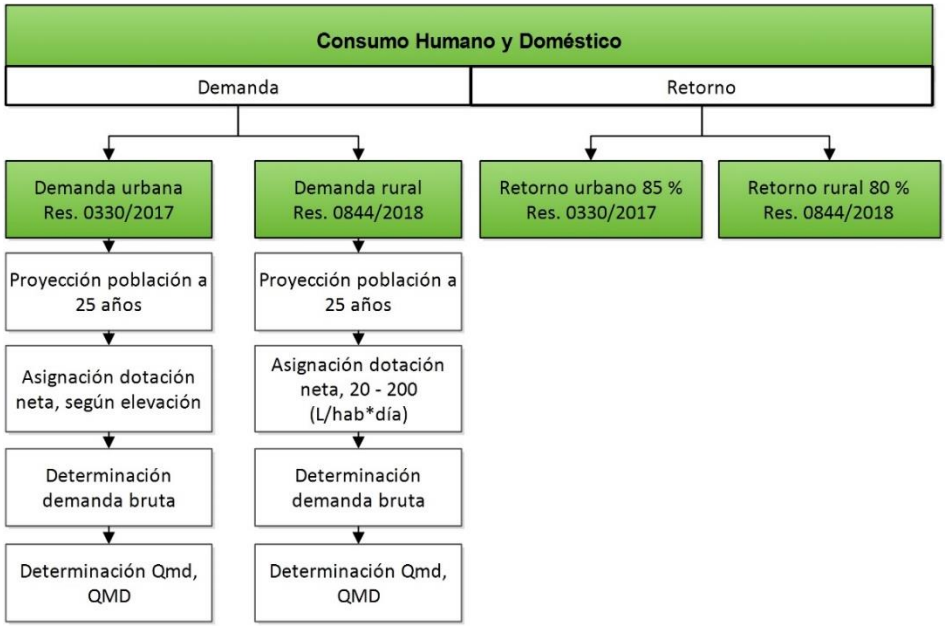


Figura 505. *Procedimiento metodológico para el cálculo de la demanda hídrica del consumo humano y doméstico*

Conceptos básicos:

Dotación neta: se define como la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante, sin considerar las pérdidas técnicas que ocurran en el sistema de acueducto (Resolución 0330 de 2017). Para la zona urbana, la dotación neta máxima por habitante, según la altura sobre el nivel del mar de la zona, se presenta en la **Tabla 331**. En el caso de la zona rural, se asigna una dotación entre 20 L/hab*día y 200 L/hab*día, atendiendo además de las necesidades de agua para el consumo humano y doméstico, las necesidades de subsistencia de la familia rural (Resolución 0844 de 2018).

Tabla 331. *Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar*

Elevación media (m.s.n.m.)	Dotación máxima (L/hab*día)
E > 2.000	120
1.000 < E < 2.000	130
E < 1.000	140

Dotación o demanda bruta (Dbruta): corresponde a la cantidad máxima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante, considerando para su cálculo el porcentaje de pérdidas técnicas que ocurran en el sistema de acueducto (Resolución 0330-2017). Se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{Dbruta} = Dneta/(1 - \%p)$$

Dónde:

Dbruta: Dotación bruta
Dneta: Dotación neta
%p: Porcentaje de pérdidas técnicas máximas para diseño

Caudal medio diario (Qmd): se refiere al promedio de los consumos diarios en un período de un año, teniendo en cuenta la demanda bruta asignada y el número de habitantes (p). Se calcula mediante la siguiente ecuación, de acuerdo con la resolución 0330-2017:

$$\boldsymbol{Qmd} = (p \text{ x } dbruta)/86400$$

Caudal Máximo Diario (QMD): definido como el consumo máximo registrado durante veinticuatro horas en un período de un año, multiplicado por el coeficiente de consumo máximo diario, k1 (Resolución 0330 de 2017):

$$\boldsymbol{QMD} = Qmd \; X \; k1$$

Dónde:

QMD: caudal máximo diario
Qmd: caudal medio diario
k1: coeficiente de consumo máximo diario El coeficiente de consumo máximo diario

Conforme con la resolución 0330 del 2017, el coeficiente de consumo máximo diario, k1, no podrá ser superior a 1.3 para poblaciones menores o iguales a 12.500 habitantes, ni superior a 1.2 para poblaciones mayores de 12.500 habitantes. No aplica para la zona rural de acuerdo con la resolución 0844 de 2018.

Caudal Máximo Horario (QMH): se define como el consumo máximo registrado durante una hora, observado en un período de un año. Se calcula como el consumo máximo diario multiplicado por el coeficiente de consumo máximo horario, k2 (Resolución 0330-2017):

$$\boldsymbol{QMD} = QMH\ X\ k2$$

Dónde:
QMH: caudal máximo horario
Qmd: caudal medio diario
K2: coeficiente de consumo máximo horario

Tal como sucede con k1, el coeficiente de consumo máximo horario, k2, solo aplica para la zona urbana y este no podrá ser superior a 1.6 para poblaciones menores o iguales de 12.500 habitantes, ni superior a 1.5 para poblaciones mayores de 12.500 habitantes (Resolución 0330 de 2017).

b. Consumo agrícola

Representa la cantidad de agua requerida para abastecer el déficit de riego de un cultivo (IDEAM, 2010). Se determina como la diferencia entre la evapotranspiración del cultivo (ETc) y la precipitación efectiva; cuando esta última es mayor, la demanda es igual a cero (0).

Para su cálculo, se tomará como fuente de información básica la reportada por las estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio y los reportes estadísticos desarrollados por fuentes oficiales como: la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), las Alcaldías Municipales, la Gobernación del departamento del Tolima, la Secretaria de Agricultura del departamento del Tolima y los de los diferentes gremios del sector agropecuario entre ellos la Federación Nacional de Arroceros (FEDEARROZ) y el Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFÉ).

c. Consumo pecuario

Se refiere a la cantidad de agua requerida para las actividades de cría, levante, engorde, beneficio y sacrificio de bovinos, porcinos, caprinos y aves, al igual que para la producción de huevos, leche, lana y pieles (IDEAM, 2013). Se estima a partir del número de animales existente y proyectado en el área de estudio, multiplicado por el módulo de consumo de la cadena de producción.

En este caso se requiere de la información del Censo Pecuario Nacional desarrollado por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), y los módulos de consumo reportados por la Autoridad Ambiental o por los diferentes gremios como la Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN), Federación Nacional de Avicultores (FENAVI) y el Fondo nacional de la porcicultura (PorkColombia), entre otros.

d. Consumo recreativo

Uso múltiple y simultáneo del recurso especialmente para fines como la natación, buceo, baños medicinales, deportes náuticos y la pesca; compite generalmente con otros usos (IDEAM, 2013). Hasta el momento no existe una metodología estandarizada para su estimación por lo que su incertidumbre es alta. Para este estudio, se utilizarán los reportes de los valores de agua concesionados por la Autoridad Ambiental.

e. Consumo piscícola

Se refiere a la cantidad de agua utilizada en actividades de producción de peces bajo procedimientos controlados en estanques y en sistemas de tierra confinados y no confinados sobre cuerpos de agua corriente, en donde se realiza dicha actividad (IDEAM, 2010).

Para estimar su valor se requiere conocer el volumen de agua (m^3) utilizada en las instalaciones o en los estanques, la producción de las especies en t/año y el rendimiento anual, a densidades finales (biomasa final considerando la tasa de mortalidad) en kg/m3, aplicable diferencialmente por tipo de especie y sistema de producción. De acuerdo con el IDEAM, (2010), al dato de demanda obtenido se debe incrementar en un 30% con el fin de considerar el recambio de agua en las fases iniciales de la cadena de producción.

Como fuentes de información se tomará los reportes estadísticos de la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), las Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA) y el registro de concesiones hídricas por parte de la Autoridad Ambiental para este tipo de uso.

f. Consumo industrial

Relaciona la cantidad de agua incluida en el proceso productivo, lavado y enfriamiento en la obtención de bienes manufacturados (IDEAM, 2013). Se estima con base en la información consignada en la Encuesta Ambiental Industrial (EAI) y la Encuesta Anual Manufacturera (EAM) realizada por el DANE, y la información reportada por la Autoridad Ambiental en el Registro Único Ambiental (RUA), las bases de datos de la Tasa por Uso de Agua (TUA) y las concesiones vigentes otorgadas para uso industrial.

g. Consumo del sector energético

Se refiere al volumen de agua promedio que se mantiene almacenado en un año base, para la generación de energía en grandes o pequeñas centrales hidráulicas o térmicas (IDEAM, 2013). Para su estimación se considerará el volumen de agua concesionado por la Autoridad Ambiental para este tipo de uso.

h. Consumo del sector minero

De acuerdo con los lineamientos del IDEAM (2013), esta categoría incluye el consumo de agua para las actividades mineras y para los hidrocarburos. En el caso de la actividad minera, se considera el volumen de agua que circula, se mezcla y se reinyecta a fin de obtener un mineral, incluyendo el consumo de las actividades auxiliares que soportan la producción (lavado de maquinaria y vehículos, humectación de vías, etc.), mientras que, en el caso de los hidrocarburos, se relaciona al agua que es utilizada en las diversas fases de exploración, producción, transporte y refinación de petróleo (IDEAM, 2015).

De acuerdo con el IDEAM (2013) aún no existe una metodología consolidada para el cálculo de la demanda hídrica para este tipo de uso. En este estudio el cálculo se realizará a partir del reporte de producción minera de la Agencia Nacional de Minería (ANM) y los módulos de consumo definidos por la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) y la Universidad Industrial de Santander (UIS) (2014).

La demanda hídrica total corresponde a la sumatoria del consumo de agua en todos los sectores usuarios. La expresión de cálculo de la demanda total está dada por:

$$\mathbf{Dh = Ch + Css + Cpff + Csa + Csp + Cr + Csi + Ce + Cm + Csac + Cnt + Aenc}$$

Dónde:

Dh: Demanda hídrica
Ch: Consumo humano o doméstico
Css: Consumo del sector servicios

Cpff: Preservación de fauna y flora
Csa: Consumo del sector agrícola
Csp: Consumo del sector pecuario
Cr: Consumo recreativo
Csi: Consumo del sector industrial
Ce: Consumo del sector energía
Cm: Consumo de la minería
Csac: Consumo del sector pesca, maricultura y acuicultura
Cnt: Consumo para la navegación y el transporte
Aenc: Agua extraída no consumida.

21.4. Caudales de retorno

Para la determinación de los caudales de retorno, de acuerdo con el IDEAM (2013), se consideran en términos porcentuales, teniendo en cuenta que este varía según el uso que se asigne el recurso hídrico.

Los posibles coeficientes de retorno a utilizar en este proyecto son los que se evidencian en la **Figura 504**, los cuales son definidos a partir de revisión de literatura. Para los sectores: consumo humano y doméstico, servicios e industria, se utiliza un coeficiente del 85% en conformidad con el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) (resolución 330 del 8 de junio de 2017). Para el sector agrícola, se considera un coeficiente de retorno de 35% para el total de cultivos sin considerar el arroz, ya que para este se asigna el 83%, tal como lo establece el IDEAM (2010). En el caso del sector pecuario, conforme lo establece el Instituto de Manejo del Agua y Medio Ambiente (IMA, 2010), es posible asignar un coeficiente de retorno del 80%, que constituye el agua que regresa al sistema a través de la orina y las heces de los animales. Los demás usos, entre ellos la generación de energía y acuicultura, son definidos como usos no consuntivos (IDEAM, 2015), por consiguiente, el coeficiente de retorno es del 100%.

21.5. Proyecciones por sector

La proyección de la demanda se realizará mediante modelos estadísticos basados en información histórica de dinámica poblacional, la eficiencia de consumo de agua municipal, y el comportamiento económico y agropecuario de la región. Se tomará como fuente de información básica la siguiente:

1. Bases de datos del DANE
2. Informes de DNP
3. Estudios de prospectiva existentes a nivel sectorial y regional

21.6. Espacialización de la demanda hídrica

El cálculo y espacialización de la demanda hídrica total y sectorial, se condiciona al nivel detalle y calidad de la información recopilada para la ERA. En la **Figura 506** se resume el procedimiento metodológico considerado para la espacialización de la demanda hídrica.

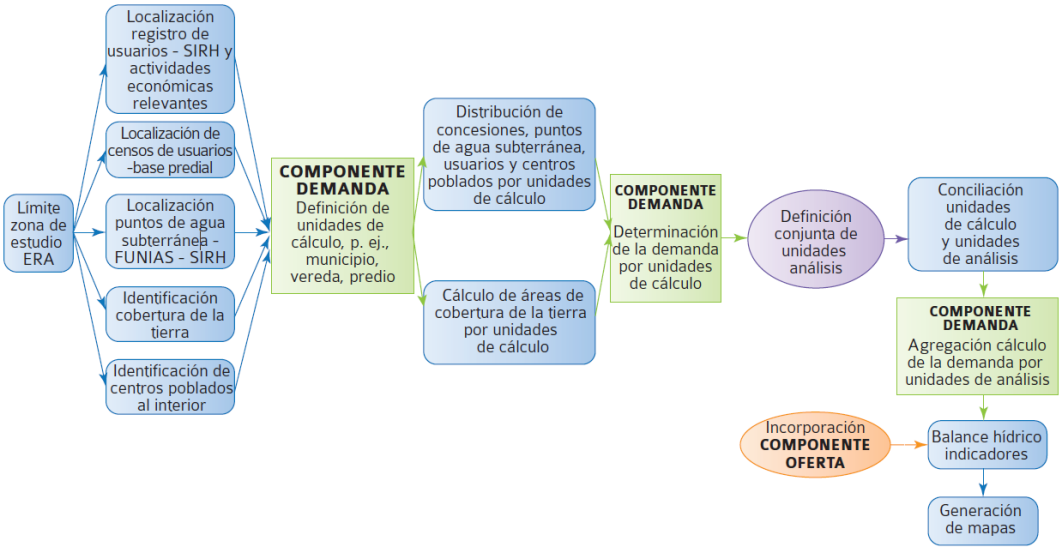


Figura 506. *Modelamiento espacial para la demanda hídrica. Fuente: IDEAM (2013)*

En la **Tabla 332** se relacionan los colores con los cuales se representará la demanda hídrica total y sectorial por unidad hidrográfica, tal como lo sugiere el IDEAM (2013).

Tabla 332. *Leyenda para mapas temáticos de la demanda hídrica. Fuente: IDEAM (2013)*

Color	DEMANDA HÍDRICA TOTAL	DEMANDA HÍDRICA POR SECTORES
	Menor de 20	Menor de 2
	20 a 50	2 a 5
	50 a 100	5 a 20
	100 a 200	20 a 50
	200 a 350	50 a 100
	350 a 500	100 a 200
	500 a 750	200 a 400
	750 a 1000	400 a 600
	Mayor de 1000	Mayor de 600

21.7. Productos

De acuerdo con la metodología planteada, los resultados para el componente de demanda hídrica corresponderán a:

1. Bases de datos consolidadas:
   - Demanda hídrica superficial y subterránea, actual y proyectada, por tipo de uso y unidades hidrográficas.

2. Mapas temáticos por unidad hidrográfica en formato vectorial (shapefile y Mxd) y raster (jpg).
   - Demanda hídrica superficial, total y sectorial, concesionada por Subzona Hidrográfica
   - Demanda hídrica subterránea, total y sectorial, concesionada para los sistemas acuífero

22. Análisis de Información de los Instrumentos de Planificación Existentes

Con el objetivo de realizar un diagnóstico de la situación actual del recurso hídrico en cada una de las unidades hidrográficas objeto de estudio, e identificar algunos factores que puedan ser importantes para el cálculo de la demanda hídrica, se procedió, en primera instancia, evaluar el estado de los POMCAS y la reglamentación vigente de las corrientes hídrica. A continuación, se presentan los resultados obtenidos del análisis de esta información.

22.1. Estado de los Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCAS)

En el marco de la ejecución de la segunda fase de la Evaluación Regional del Agua del departamento del Tolima, las Subzonas Hidrográficas (SZH) que cuentan actualmente con Planes de Ordenación y Manejo (POMCAS), adoptados y en ejecución son: Amoya (2004), Anamichu (2010), en la SZH Alto Saldaña el río Mendarco (2009), y la SZH Medio Saldana la quebrada Guanábano (2010) (CORTOLIMA, 2020; Gobernación del Tolima, 2020). Con base en el Acuerdo 014 de 2017 de CORTOLIMA, la priorización para la ordenación de las Subzonas Hidrográficas de los ríos Ata, Alto Saldaña, Cambrín, Medio Saldaña, Bajo Saldaña, Pata y Anchique es del orden 9, 10, 11, 13, 14, 20 y 21, respectivamente. En la **Figura 507** se hace una representación espacial del estado actual de los POMCAS en el área de estudio.

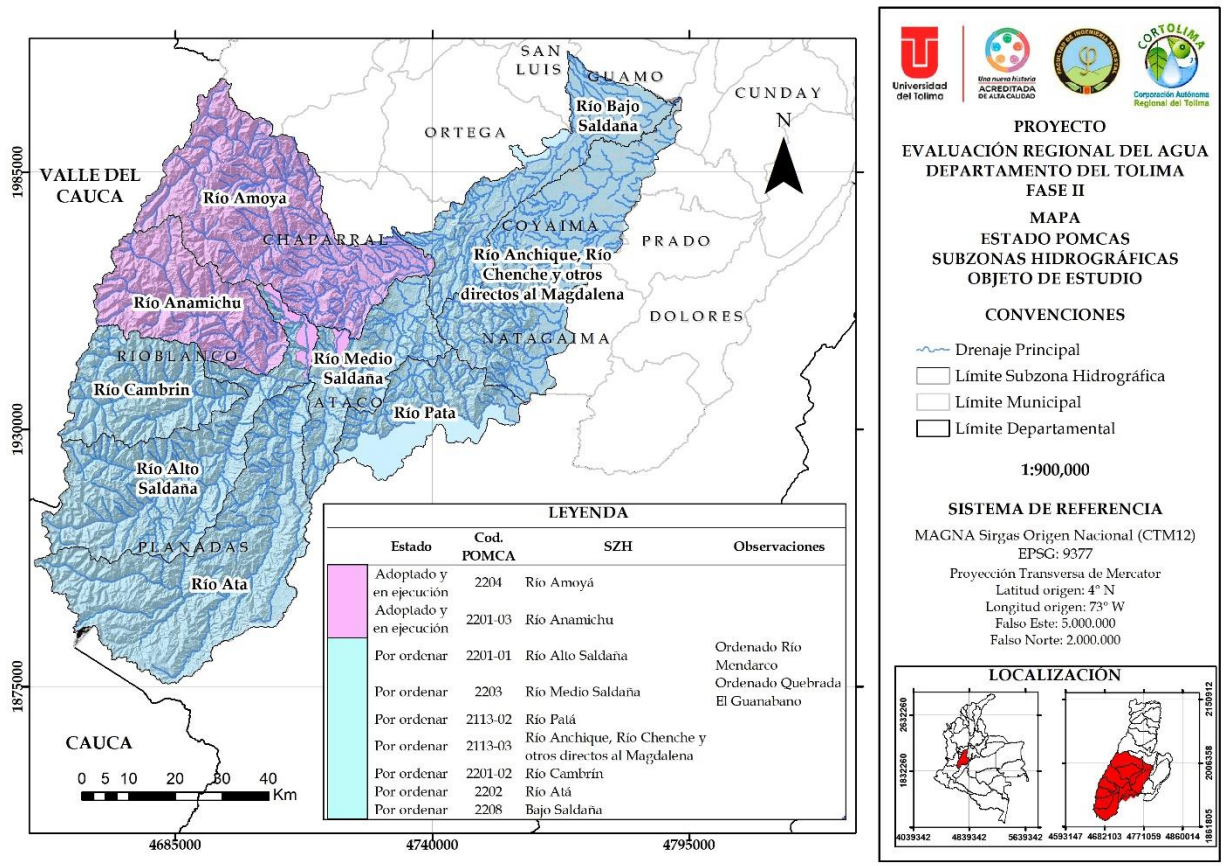


Figura 507. *Estado de los Planes de Ordenación y Manejo (POMCAS) de las Subzonas Hidrográficas objeto de estudio*

22.2. Reglamentación de corrientes

De acuerdo con la información proporcionada por CORTOLIMA, hasta el momento, es inexistente la reglamentación de corrientes hídricas en las Subzonas Hidrográficas de los ríos Bajo Saldaña, Alto Saldaña, Amoyá, Anamichú, Anchique, Atá, Cambrín, Medio Saldaña y Patá.

22.3. Información de demanda hídrica de línea base

En esta sección se presentan los resultados de la revisión y análisis de la información derivada de instrumentos de planificación como lo son los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCAS) que incluyen las Subzonas Hidrográficas (SZH) de los ríos Bajo Saldaña, Alto Saldaña, Amoyá, Anamichú, Anchique, Atá, Cambrín, Medio Saldaña y Patá, con el fin de identificar los principales usuarios del recurso hídrico, asi como tambien, la distribución de la demanda y usos del agua, existentes. Dicha información, se considerará la línea base para la caracterización y cuantificación de la demanda hídrica superficial y subterránea.

22.3.1. Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña

Considerando el orden de priorización para la ordenación y/o ajuste de las Subzonas Hidrográficas del departamento (Acuerdo 014 de 2017 s.f.), la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña ocupa el puesto No. 10. No obstante, el río Mendarco, afluente de esta unidad hidrográfica cuenta con un POMCA adoptado y en ejecución desde el año 2009.

Con base en el Plan de Desarrollo Departamental (Gobernación del Tolima 2020), la demanda hídrica de esta Subzona Hidrográfica se estima en 110 l/s (3.5 Mm³/año) que equivalen al 0.06% de la demanda hídrica total en el departamento. Sin embargo, en el POMCA del Río Mendarco la demanda estimada es de 6.8274 Mm³/año (216.5 l/s) aproximadamente, la cual se concentra en su fuente hídrica principal, el Río Mendarco, con 3.4636 Mm³/año (**Tabla 333**).

Tabla 333. *Demanda Hídrica Total del Río Mendarco de la Subzona Hidrográfica Alto Saldaña*

Cuenca	Subcuenca	Microcuenca		Total demanda anual Mm³/año
Rio Mendarco	Q. Palmichal			0.3979
		Q. la Salada		0.0234
		Q. El Piojo		0.0505
		Total Q. Palmichal		**0.4718**
		Q. el Pital		0.1923
		Q. El Pital2		0.0135
		Q. La Trigrera2		0.0755
		Q. la Linda		0.0337
		Q. el Aserradero		0.2559
		Q. La Honda		0
		Q. Muchimba		0.3834
			Q. La cruz Verde	0.2037
		Total Q. Muchimba		**0.5871**
		Q. Aguablanca		0.1073
		Q. los Ahogados		0.2276
		Q. Tiembla nalga		0.3101
		Q. el Grillo		0.5183
		Q. Congoja		0.0753

Cuenca	Subcuenca	Microcuenca	Total demanda anual Mm³/año
		Q. El Gallo	0.3602
		Q. La Mina	0.1352
		Q. la Cristalina	0
		Río Mendarco	**3.4636**
		Total Río Mendarco	**6.8274**

Fuente: POMCA Río Alto Saldaña – Río Mendarco (2009)

En el POMCA del río Mendarco se presenta la demanda hídrica sectorizada por actividad económica, presente en la cuenca, que requiere del recurso hídrico. Los cálculos se realizaron con base en censos poblacionales, producción sectorial y módulos de consumo para los diferentes usos del agua.

22.3.1.1. Demanda Hídrica para Consumo Humano y Doméstico

En la cuenca del Río Mendarco, de acuerdo con el POMCA, no se presenta demanda hídrica para consumo humano en la zona urbana, mientras que, para el sector rural la demanda se estima en 0.055 Mm³/año (**Tabla 334**). Para ello se utilizó la información del censo veredal realizado por CORTOLIMA y un factor de 120 litros/habitante/día como módulo de consumo básico diario de agua por habitante, establecidos por el IDEAM.

22.3.1.2. Demanda Hídrica para Consumo Bovino

En el POMCA del Río Mendarco esta demanda hídrica se determina considerando el censo a nivel veredal del Comité de Ganaderos del Tolima y un módulo de consumo básico de agua promedio de 40 litros/animal/día. Se estima que la demanda hídrica de este sector en el Río Mendarco es de 0.0180 Mm³/año (**Tabla 334**).

22.3.1.3. Demanda Hídrica Agrícola

La demanda hídrica del sector Agrícola del Río Mendarco, según el POMCA, está representada por el cultivo de café que se localiza principalmente en parte media de la cuenca (). No se considera la demanda fisiológica de los cultivos secanos como el maíz, y los frutales sin riego como el aguacate y el cacao, ya que sus necesidades se estiman satisfechas por la precipitación.

Teniendo en cuenta que el cultivo de café no requiere riego, su demanda hídrica se determina como la necesidad de agua para el beneficio del grano a partir de un módulo de consumo de 5 litros/kg. Café baba/año. Con base en lo anterior y la información del censo del Comité de Cafeteros del Tolima a nivel veredal, se obtiene una demanda hídrica de 6104 Mm³/año (**Tabla 334**).

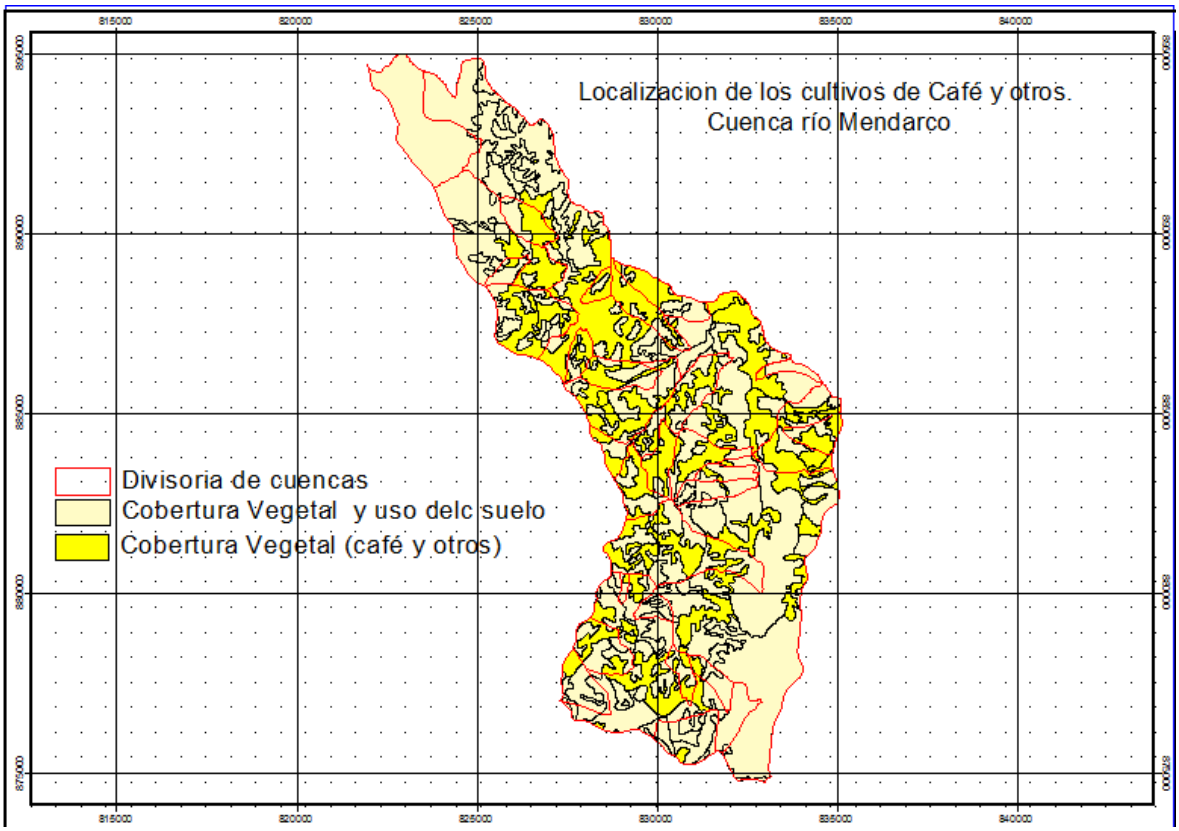


Figura 508. *Localización del cultivo de café en la cuenca del Río Mendarco de la Subzona Hidrográfica Alto Saldaña. Fuente: POMCA Río Alto Saldaña – Río Mendarco (2009).*

Tabla 334. *Demanda Hídrica Sectorial en la cuenca del Río Mendarco de la Subzona Hidrográfica Alto Saldaña*

Corriente Hídrica	Población de acuerdo a la vereda	Cabezas Ganado Vacuno de acuerdo con la vereda	Consumo de agua Café Mm³/año	Consumo de Ganado vacuno Mm³/año	Consumo humano Veredal Mm³/año
Q. Mendarco			3,464	0	0
Q. Palmichal	235	686	0.358	0.01	0.03
Q. la Salada	22	52	0.02	0.001	0.002
Q. El Piojo	8	16	0.05	0	0.001
Q. el Pital	52	156	0.183	0.002	0.007
Q. El Pital2	6	36	0.011	0.001	0.002
Q. La Trigrera2	20	18	0.074	0	0.001
Q. la Linda		11	0.033	0	0
Q. el Aserradero	105	30	0.254	0	0.001
Q. La Honda	15		0	0	
Q. Muchimba	105	46	0.19	0.001	0.002

Corriente Hídrica	Población de acuerdo a la vereda	Cabezas Ganado Vacuno de acuerdo con la vereda	Consumo de agua Café Mm³/año	Consumo de Ganado vacuno Mm³/año	Consumo humano Veredal Mm³/año
Q. La cruz Verde	10	4	0.102	0	0
Q. Aguablanca	38	11	0.107	0	0
Q. los Ahogados	19	10	0.227	0	0
Q. Tiembla nalga	213	121	0.303	0.002	0.005
Q. el Grillo	154	24	0.222	0	0.001
Q. Congoja	99	3	0.075	0	0
Q. El Gallo	310	76	0.296	0.001	0.003
Q. La Mina	18		0.135	0	0
Q. la Cristalina			0	0	
TOTAL	**1429**	**1300**	**3,467**	**0.018**	**0.055**

Fuente: POMCA Río Alto Saldaña – Río Mendarco (2009).

22.3.2. Subzona Hidrográfica del río Cambrín

De acuerdo con el Plan de Desarrollo Departamental "El Tolima Nos Une 2020-2023" (Gobernación del Tolima, 2020), la demanda hídrica para la Subzona Hidrográfica del río Cambrin se estima en 2 l/s (0.063 Mm³/año) equivalente al 0.001% de la demanda hídrica total del departamento del Tolima estimada en 188,960 l/s (5959.04 Mm³/año). No se registra información del POMCA ya que hasta el momento no se encuentra formulado, considerando el orden de priorización para la ordenación y/o ajuste de las Subzonas Hidrográficas del departamento (Acuerdo 014 de 2017), la Subzona Hidrográfica del río Cambrin ocupa el puesto No. 11.

22.3.3. Subzona Hidrográfica del río Anamichú

De acuerdo con el Plan de Desarrollo Departamental "El Tolima Nos Une 2020-2023" (Gobernación del Tolima 2020), la demanda hídrica para la Subzona Hidrográfica del río Anamichú se estima en 10 l/s (0.032 Mm³/año) equivalente al 0.005% de la demanda hídrica total del departamento del Tolima. No obstante, según el POMCA, el valor de la demanda del Río Anamichú es de 1.279 Mm³/año (40.56 l/s). Se concentra principalmente en un 55% en la subcuenca de Rioblanco destacándose las microcuencas Quebrada El Duda y Rioblanco 1 con demandas de 0.332 y 0.186 Mm³/año (**Tabla 335**).

Tabla 335. *Demanda Hídrica Total de la Cuenca del Río Anamichú*

Cuenca	Subcuenca	Microcuenca	Total Demanda Anual Mm³/año
	Río Anamichú 1		0
Río Anamichú		Q. Cambrín	0
	Q. La Leona		0

Cuenca	Subcuenca	Microcuenca	Total Demanda Anual Mm³/año
	Q. El Ahogado		0
		Q. La Dolores	0
	Río San José	Río Sincerín	0
		Río San José	0.001
	Total Río San José		**0.001**
		Q. El Vergel	0.001
	Q. La Catalina		0.002
	Q. Yarumal		0.01
		Q. La Lejía	0.004
	Río Negro		0.013
		Q. Borrascosa	0.015
		Q. Maraveles	0.004
	Río Anamichú 2		0.01
	Río Verde		0.066
	Río Anamichú 3		0.033
	Río Anamichú 4		0.004
		Q. Bardana	0.006
	Q. La Ilusión		0.014
	Río Anamichú 5		0.035
		Q. El Bosque	0.003
	Q. San Mateo		0.035
		Q. La Mitaca	0.013
		Q. La Pedragosa	0.007
	Río La Quebrada	Q. El Silencio	0.009
		Río La Quebrada	0.053
	Total Río La Quebrada		**0.062**
	Q. Tolima		0.083
	Río Anamichú 6		0.028
		Q. La Estación	0.014
		Q. La Florida 1	0.036
		Q. El Caucho	0.002
		Q. El Quebradón	0.061
	Rioblanco	Rioblanco 1	0.186
		Q. La Florida 2	0.026
		Q. El Duda	0.332
		Rioblanco 2	0.041
	Rioblanco	Q. Marmaja	0.084
		Q. La Barrialosa	0.004
		Q. El Cedro	0.022
	Total Rioblanco		**0.698**

Cuenca	Subcuenca	Microcuenca	Total Demanda Anual Mm³/año
	Río Anamichú 7		0.077
	TOTAL CUENCA RIO ANAMICHÚ		**1.279**

Fuente: POMCA Río Anamichú (2009).

En el POMCA del Río Anamichú se presenta la demanda hídrica sectorizada por actividad económica, presente en la cuenca, que requiere del recurso hídrico. Los cálculos se realizaron con base en censos poblacionales, producción sectorial y módulos de consumo de agua.

22.3.3.1. Demanda Hídrica para Consumo Humano y Doméstico

La demanda de agua para consumo humano y doméstico reportada en el POMCA del Río Anamichú es de 0.265 Mm³/año para el sector urbano y 0.606 Mm³/año para el sector rural (Tabla 336). Para el cálculo de esta demanda se implementó el censo poblacional del DANE para el año 2005 y los módulos de consumo establecidos por el IDEAM de 170 litros/habitante/día, para las cabeceras municipales y 120 litros/habitante/día para el sector rural.

Tabla 336. Demanda Hídrica para Consumo Humano y Doméstico en la Cuenca Río Anamichú

Cuenca	Subcuenca	Microcuenca	Demanda por Consumo Humano			
			Censo		Consumo Humano (Mm³/año)	
			Urbano	Rural	Urbano	Rural
Río Anamichú	**Río Anamichú 1**				0	0
		Q. Cambrín			0	0
	Q. La Leona				0	0
	Q. El Ahogado				0	0
		Q. La Dolores			0	0
	Río San José	Río Sincerín			0	0
		Río San José		33	0	0.001
	Total Río San José		**0**	**33**	**0**	**0.001**
		Q. El Vergel		33	0	0.001
	Q. La Catalina			23	0	0.001
	Q. Yarumal			100	0	0.004
		Q. La Lejía		20	0	0.001
	Río Negro			65	0	0.003
		Q. Borrascosa		182	0	0.008
		Q. Maraveles		0	0	0
	Río Anamichú 2			164	0	0.007
	Río Verde		200	294	0.012	0.013

Cuenca	Subcuenca	Microcuenca	Demanda por Consumo Humano			
			Censo		Consumo Humano (Mm³/año)	
			Urbano	Rural	Urbano	Rural
	Río Anamichú 3			167	0	0.007
	Río Anamichú 4			10	0	0
		Q. Bardana		20	0	0.001
	Q. La Ilusión			88	0	0.004
	Río Anamichú 5			180	0	0.008
		Q. El Bosque		55	0	0.002
	Q. San Mateo			169	0	0.007
		Q. La Mitaca		38	0	0.002
		Q. La Pedragosa		35	0	0.002
		Q. El Silencio		69	0	0.003
	Río La Quebrada	Río La Quebrada	114	106	0.007	0.005
	Total Río La Quebrada		**114**	**175**	**0.007**	**0.008**
	Q. Tolima			381	0	0.017
	Río Anamichú 6			278	0	0.012
		Q. La Estación		81	0	0.004
		Q. La Florida 1		116	0	0.005
		Q. El Caucho		14	0	0.001
		Q. El Quebradón		260	0	0.011
	Rioblanco	Rioblanco 1		841	0	0.037
		Q. La Florida 2		214	0	0.009
		Q. El Duda	4269	500	0.265	0.022
		Rioblanco 2		120	0	0.005
	Rioblanco	Q. Marmaja		132	0	0.006
		Q. La Barrialosa		37	0	0.002
		Q. El Cedro		151	0	0.007
	Total Rioblanco		**4269**	**940**	**0.265**	**0.041**
	Río Anamichú 7			432	0	0.019
TOTAL CUENCA RIO ANAMICHÚ			**4583**	**4093**	**0.284**	**0.179**

Fuente: POMCA Río Anamichú (2009).

22.3.3.2. Demanda Hídrica para consumo Bovino

En el POMCA del Río Anamichú esta demanda hídrica se determina considerando el censo a nivel veredal del Comité de Ganaderos de Purificación y un módulo de consumo básico de agua promedio de 40 litros/animal/día. Se estima que la demanda hídrica para este sector es de 0.080 Mm³/año (**Tabla 337**).

Tabla 337. *Demanda Hídrica del sector Bovino en la Cuenca del Río Anamichú*

Cuenca	Subcuenca	Microcuenca	Demanda por Consumo Bovino

			Ganado	
			Cabezas	Demanda
	Río Anamichú 1			0
		Q. Cambrín		0
	Q. La Leona			0
	Q. El Ahogado			0
		Q. La Dolores		0
	Río San José	Río Sincerín		0
		Río San José		0
	Total Río San José		**0**	**0**
		Q. El Vergel	0	0
	Q. La Catalina		101	0.001
	Q. Yarumal		1	0
		Q. La Lejía	0	0
	Río Negro		69	0.001
		Q. Borrascosa	24	0
		Q. Maraveles	14	0
	Río Anamichú 2		148	0.002
	Río Verde		132	0.002
	Río Anamichú 3		25	0
	Río Anamichú 4		3	0
		Q. Bardana	3	0
Río Anamichú	Q. La Ilusión		0	0
	Río Anamichú 5		220	0.003
		Q. El Bosque	30	0
	Q. San Mateo		38	0.001
		Q. La Mitaca	16	0
		Q. La Pedragosa	6	0
		Q. El Silencio	25	0
	Río La Quebrada	Río La Quebrada	83	0.001
	Total Río La Quebrada		**108**	**0.002**
	Q. Tolima		358	0.005
	Río Anamichú 6		89	0.001
		Q. La Estación	79	0.001
		Q. La Florida 1	216	0.003
		Q. El Caucho	3	0
		Q. El Quebradón	93	0.001
	Rioblanco	Rioblanco 1	976	0.014
		Q. La Florida 2	74	0.001
		Q. El Duda	376	0.005
	Rioblanco	Rioblanco 2	495	0.007
		Q. Marmaja	797	0.012

Cuenca	Subcuenca	Microcuenca	Demanda por Consumo Bovino Ganado	
			Cabezas	Demanda
		Q. La Barrialosa	24	0
		Q. El Cedro	373	0.005
	Total Rioblanco		**3208**	**0.047**
	Río Anamichú 7		594	0.009
TOTAL CUENCA RIO ANAMICHÚ			**5484**	**0.0801**

Fuente: POMCA Río Anamichú (2009).

22.3.3.3. Demanda Hídrica Agrícola

La demanda hídrica del sector agrícola del Río Anamichú, según el POMCA, está representada principalmente por el cultivo de café el cual presenta grandes extensiones de área de siembra en la parte baja de la cuenca (**Figura 509**). No se considera la demanda fisiológica de los cultivos secanos, ya que sus necesidades se estiman satisfechas por la precipitación.

Teniendo en cuenta que el cultivo de café no requiere riego, su demanda hídrica se determina como la necesidad de agua para el beneficio del grano a partir de un módulo de consumo de 5 litros/kg. Café baba/año. Con base en lo anterior y la información del censo del Comité de Cafeteros del Tolima a nivel veredal, se obtiene una demanda hídrica de 0.7349 Mm^3/año (**Tabla 338**).

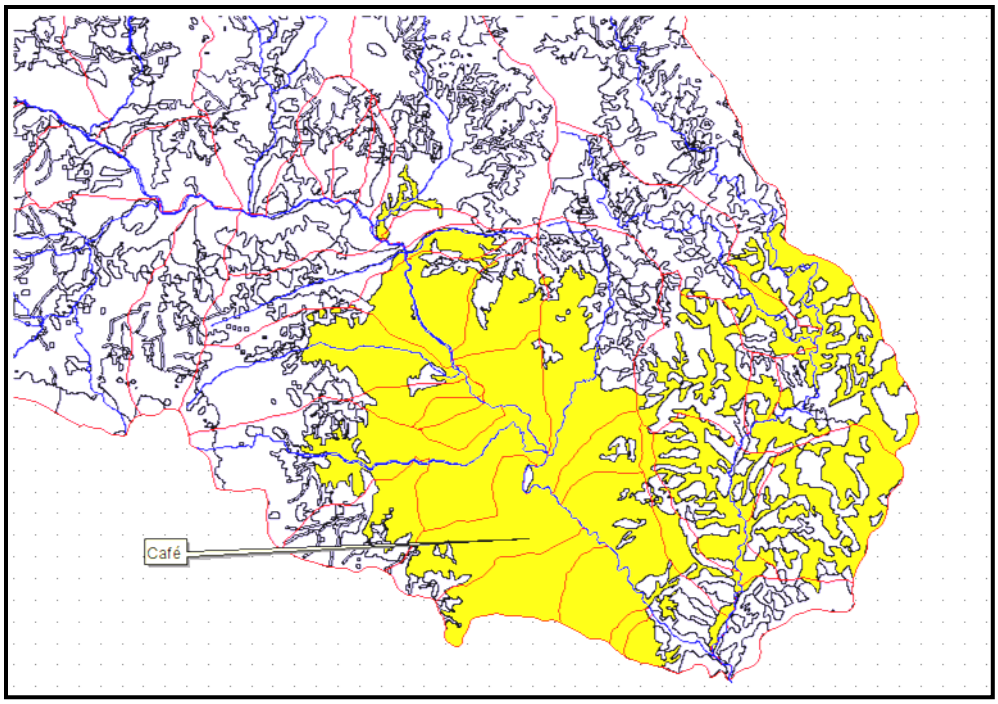


Figura 509. Localización del cultivo de café en la Cuenca del Río Anamichú. Fuente: POMCA Río Anamichú (2009).

Tabla 338. *Demanda Hídrica del sector Agrícola en la Cuenca del Río Anamichú*

Cuenca	Subcuenca	Microcuenca	Demanda Agrícola	
			Café y Otros	
			Hect.	Demanda
Río Anamichú	**Río Anamichú 1**			0
		Q. Cambrín		0
	Q. La Leona			0
	Q. El Ahogado			0
		Q. La Dolores		0
	Río San José	Río Sincerín		0
		Río San José		0
	Total Río San José		**0**	**0**
		Q. El Vergel		0
	Q. La Catalina		0	0
	Q. Yarumal		12.48	0.01
		Q. La Lejía	7.14	0
	Río Negro		21.83	0.01
		Q. Borrascosa	16.3	0.01
		Q. Maraveles	9.63	0
	Río Anamichú 2		1.51	0
	Río Verde		88.67	0.04

Cuenca	Subcuenca	Microcuenca	Demanda Agrícola	
			Café y Otros	
			Hect.	Demanda
	Río Anamichú 3		58.67	0.03
	Río Anamichú 4		7.43	0
		Q. Bardana	11.18	0
	Q. La Ilusión		23.92	0.01
	Río Anamichú 5		54.25	0.02
		Q. El Bosque	0.7	0
	Q. San Mateo		60.7	0.03
		Q. La Mitaca	25.91	0.01
		Q. La Pedragosa	11.21	0
		Q. El Silencio	12.26	0.01
	Río La Quebrada	Río La Quebrada	91.5	0.04
	Total Río La Quebrada		**103.76**	**0.05**
	Q. Tolima		139.63	0.06
	Río Anamichú 6		34.09	0.01
		Q. La Estación	22.13	0.01
		Q. La Florida 1	62.59	0.03
		Q. El Caucho	2.56	0
		Q. El Quebradón	110.7	0.05
	Rioblanco	Rioblanco 1	308.33	0.14
		Q. La Florida 2	35.96	0.02
		Q. El Duda	89.74	0.04
		Rioblanco 2	64.68	0.03
	Rioblanco	Q. Marmaja	151.31	0.07
		Q. La Barrialosa	5.63	0
		Q. El Cedro	22.48	0.01
	Total Rioblanco		**788.83**	**0.35**
	Río Anamichú 7		112.69	0.05
TOTAL CUENCA RIO ANAMICHÚ			**1677.8**	**0.7349**

Fuente: POMCA Río Anamichú (2009).

22.3.4. Subzona Hidrográfica del río Atá

La demanda hídrica para la Subzona Hidrográfica del río Atá, con base en el Plan de Desarrollo Departamental "El Tolima Nos Une 2020-2023 (Gobernación del Tolima 2020), se estima en 100 l/s (3.15 Mm^3/año) que equivalen al 0.1% de la demanda hídrica total del departamento del Tolima. Conforme al Acuerdo 014 del 2017, esta Subzona Hidrográfica ocupa el puesto No. 9 de priorización para adelantar los procesos de ordenación y manejo, por tanto, no se presentan los resultados de demanda hídrica por tipo de uso de agua y por Unidades Hidrográficas.

22.3.5. Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña

No se registra información del POMCA de toda esta Subzona Hidrográfica ya que hasta el momento no se encuentra formulado, considerando el orden de priorización para la ordenación y/o ajuste de las Subzonas Hidrográficas del departamento (Acuerdo 014 de 2017 s.f.), la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña ocupa el puesto No. 13. Pese a ello, la quebrada Guanábano, afluente de esta unidad hidrográfica cuenta con un POMCA adoptado y en ejecución desde el año 2010.

De acuerdo con el Plan de Desarrollo Departamental (Gobernación del Tolima 2020), la demanda hídrica de esta Subzona Hidrográfica se estima en 80 l/s (2.52 Mm^3/año) que equivalen al 0.04% de la demanda hídrica total en el departamento. En el POMCA de la quebrada Guanábano, este valor corresponde a 0.3811 Mm^3/año (12.08 l/s). Se concentra principalmente en las subcuencas de la Quebrada Guanabanito y El Chorro con demandas de 0.18287 y 0.17532 Mm^3/año (**Tabla 339**).

Tabla 339. *Demanda Hídrica Total de la Cuenca de la quebrada Guanábano*

Cuenca	Subcuenca	Microcuenca	Total demanda anual Mm^3/año
Q. Guanabano		Q. Copete	0.00727
	Q. Guanabanito		0.18287
		Q. La Tigrera	0.00105
		Q. La Arenosa	0.00066
		Q. La Cascajosa2	0.00035
		Q. El Curo	0.00066
		Total Q. la Cascajosa2	**0.00035**
		Q. San Francisco	0.00022
		Q. Porvenir	0.00018
		Q. Manquencal	0.03713
		Q. Agua Fria	0.00884
	Total Q. Guanabanito		**0.18287**
		Q. Maco	0.0044
		Q. Barrilosa	0.00099
		Total Q. Maco	**0.0044**
	Q. El Chorro		0.17532
		Q. La Arenosa	0.00035
	Total Q. el Chorro		**0.17532**
		Q. LA Cascajosa2	0.00324
		Q. Barroduro	0.00311
		Q. Agua Fria2	0.00338
		Q. Zanja Honda	0.00151

Cuenca	Subcuenca	Microcuenca	Total demanda anual Mm³/año
		Q. Guanabano	0.00131
		Total Q. Guanabano	**0.3811**

Fuente: POMCA Río Medio Saldaña - Quebrada Guanábano (2010).

En el POMCA de la quebrada Guanábano se presenta la demanda hídrica sectorizada por actividad económica, presente en la cuenca, que requiere del recurso hídrico. Los cálculos se realizaron con base en censos poblacionales, producción sectorial y módulos de consumo para los diferentes usos del agua.

22.3.5.1. Demanda Hídrica para Consumo Humano y Doméstico

En la quebrada Guanábano, de acuerdo con el POMCA, no se presenta demanda hídrica para consumo humano en la zona urbana, mientras que, para el sector rural la demanda se estima en 0.0225 Mm³/año (**Tabla 340**). Para ello se utilizó la información del censo veredal realizado por CORTOLIMA y un factor de 120 litros/habitante/día como módulo de consumo básico diario de agua por habitante, establecidos por el IDEAM.

22.3.5.2. Demanda Hídrica para Consumo Bovino

En el POMCA de la quebrada Guanábano la demanda hídrica para consumo bovino se establece en 0.0172 Mm³/año (**Tabla 340**). Esta demanda se determinó a partir de los censos veredales del Comité de Ganaderos del Tolima y un factor de 40 litros/animal/día como módulo de consumo básico diario de agua bebida.

22.3.5.3. Demanda Hídrica Agrícola

La demanda hídrica del sector Agrícola en la quebrada Guanábano, según el POMCA, esta representa por el cultivo de café. No se considera la demanda fisiológica de los cultivos secanos como el maíz, y los frutales sin riego como el aguacate y el cacao, ya que sus necesidades se estiman satisfechas por la precipitación.

Teniendo en cuenta que el cultivo de café no requiere riego, su demanda hídrica se determina como la necesidad de agua para el beneficio del grano a partir de un módulo de consumo de 5 litros/kg. Café baba/año. Con base en lo anterior y la información del censo del Comité de Cafeteros del Tolima a nivel veredal, se obtiene una demanda hídrica de 0.3868 Mm³/año (**Tabla 340**).

Tabla 340. *Demanda Hídrica Sectorial en la cuenca de la quebrada Guanábano de la Subzona Hidrográfica Medio Saldaña*

Corriente hídrica	Población de acuerdo con la vereda	Cabezas	Consumo de agua café Mm³/año	Consumo de ganado vacuno Mm³/año	Consumo humano veredal Mm³/año
Q. Guanabano	30		0	0	0.00131
Q. Capote	56	329.8	0	0.00481	0.00245
Q. Guanabanito	55	57.4	0.17962	0.00084	0.00241
Q. La Tigrera	24		0	0	0.00105
Q. La Arenosa	15		0	0	0.00066
Q. La Cascajosa2	8		0	0	0.00035
Q. El Curo	15		0	0	0.00066
Q. San Francisco	5		0	0	0.00022
Q. Porvenir	4		0	0	0.00018
Q. Manquencal	4		0.03696	0	0.00018
Q. Agua Fria	4		0.00867	0	0.00018
Q. Maco	31	208.7	0	0.00305	0.00136
Q. Barrilosa	20	8.1	0	0.00012	0.00088
Q. El Chorro	177	413.1	0.16154	0.00603	0.00775
Q. La Arenosa	8		0	0	0.00035
Q. La Cascajosa2	12		0	0	0.00053
Q. Barroduro	7	54	0	0.00079	0.00031
Q. Agua Fria2	34	73.4	0	0.00107	0.00149
Q. Zanja Honda	5	32.8	0	0.00048	0.00022
TOTAL	**514**	**1177.3**	**0.38679**	**0.01719**	**0.02254**

Fuente: POMCA Río Medio Saldaña - Quebrada Guanábano (2010).

22.3.6. Subzona Hidrográfica del río Amoyá

22.3.6.1. Demanda Hídrica Superficial

Para la Cuenca Mayor del Río Amoyá se estima una demanda hídrica total aproximadamente de 39.612 Mm³/año (1256 l/s), la cual se concentra principalmente en las microcuencas Quebrada Tuluni y Quebrada El Neme con 19.230 Mm³/año (609.78 l/s) y 10.563 Mm³/año (334.95), respectivamente (**Tabla 341**). No obstante, de acuerdo con el Plan de Desarrollo Departamental (Gobernación del Tolima 2020), la demanda hídrica en esta Subzona Hidrográfica es de 601.076 Mm³/año (19060 l/s), correspondiente al 10.1% de la demanda hídrica total en el departamento.

Tabla 341. *Demanda Hídrica Total de las Subcuencas y Microcuencas que integran la Cuenca Mayor del Río Amoyá*

Subcuenca	Microcuenca	Total Demanda Anual Mm³/año
	Q. La Guasanera	0
Q. Morales		0
R. Amoya 1		0
Q. El Diamante		0
Q. Las Nieves	Q. El Salto	0
	Q. Las Nieves	0
Total Q. Las Nieves		**0**
R. Amoya 2		0
	Q. El Gallo	0
	Q. La Lejia	0.003
	Q. El Recodo	0
	Q. El Mirador	0
	Q. La Soledad	0.003
	Q. El Vagón / Rosario	0.001
Q. La Rivera	Q. La Esperanza	0.001
	Q. La Rivera	0.02
Total Q. La Rivera		**0.021**
	Q. Alemania	0.005
	Q. Villa María	0.001
	Q. El Diablo	0.001
	Q. El Oso	0.001
R. Amoya 2B		0.01
	Q. Guataquí / La Linda	0.004
	Q. Primavera	0.003
Q. San José	Q. Australia	0.005
	Q. San José	0.016
Total Q. San José		**0.024**
	Q. El Horizonte	0.003
	Q. Las Abras	0.001
	Q. El Cairo / Villas	0.001
	Q. El Quebradón	0.004
Q. Tequendama		0.006
	R. Davis	0.002
	Q. El Brillante	0.004
Río Davis	Q. El Quebradón	0.005
	Q. La Aldea	0.012
	Q. Aguas Claras	0.016
	Q. San Ignacio	0.01

Subcuenca	Microcuenca	Total Demanda Anual Mm³/año
	Q. Monserrate	0.016
	R. Davis 2	0.003
Total Río Davis		**0.067**
Río Negro	Q. El Pesar	0.003
	R. Negro	0.034
Total Río Negro		**0.038**
	Q. Santa Bárbara	0.05
Q. San Jorge	Q. Agua Bonita	0.036
	Q. El Tibet	0.004
	Q. Chinchiná	0.21
	Q. San Jorge	0.033
Total Q. San Jorge		**0.283**
Q. Grande	Q. El Cedral	0.073
	Q. La Despensa	0.163
		0.478
	Q. El Salado	0.009
Río Ambeima	Q. El Chupadero	0
	Q. La Meseta	0
	Q. Las Mirlas	0
	Q. Pedregosa	0.001
	Q. Las Damas	0.001
	Q. La Profunda	0
	Q. Los Saltos	0.001
	Q: La Lejia	0.004
	Q. El Cajucho	0.001
	Q. Negra	0.002
	Q. La Arenosa	0.002
	Q. Cristalina	0.003
	Q. La Palmera	0.002
	Q. El Cural	0.021
	Q. Malucha	0.107
	Q. Las Molinas	0.151
	Q. Tinaja	0.114
	Q. Cafuche	0.17
	R. Ambeima	0.164
Total Río Ambeima		**0.744**
Q. De Irco	Q. De Irco 1	0.124
	Q. La Arenosa	0.002
	Q Las Dantas	0.008
	Q. El Infierno	0.073

Subcuenca	Microcuenca	Total Demanda Anual Mm³/año
	Q. Florian	0.002
	Q. Guacamayas	0.018
	Q. Carbonal	0.014
	Q. Pelarco	0.086
	Q. Betania	0.016
	Q. Gudalejo	0.004
	Q. Tasajo	0.006
	Q. Linday	0.052
	Q La Chele	0.027
	Q. De Irco 2	0.014
Total Q. De Irco		**0.446**
R. Amoya 3		2.026
	Q. Profunda	0.005
	Q. Apa	0.412
Q. El Totumo	Q. La Arenosa	0.002
	Q. Tuluní	19,230
	Q. Copete	0.019
	Q. El Totumo	0.025
Total Q. El Totumo		**19.276**
Q. Piñal / Santa Rosa		0.002
Q. El Neme	Q. Los Azucenos	1.805
	Q. El Mulato	3.193
	Q. Irco	0.338
	Q. El Neme	10.563
Total Q. El Neme		**15.900**
R. Amoya 4		2.792

Fuente: POMCA Río Amoyá (2006).

En el POMCA del Río Amoyá presenta la demanda hídrica superficial sectorizada por actividad económica, presente en la cuenca, que requiere del recurso hídrico. Los cálculos se realizaron con base en censos poblacionales, producción sectorial y módulos de consumo de agua.

22.3.6.2. Demanda Hídrica para Consumo Humano y Bovino

De acuerdo con el POMCA del Río Amoyá la estimación de la demanda hídrica para consumo humano y doméstico en el área urbana y rural se realizó a partir del censo poblacional del DANE del año 2005, un censo veredal de CORTOLIMA e información registrada en los Planes de Ordenamiento Territorial (POT), Planes Básicos de Ordenamiento Territorial (PBOT) y los Esquemas de Ordenamiento Territorial (EOT)

municipales. En el cálculo se implementó un módulo de consumo básico diario de agua por habitante, establecido por el IDEAM, de 170 litros/habitante/día para las cabeceras municipales y 120 litros/habitante/día para el sector rural. Por lo que respecta a la demanda para consumo bovino esta se determinó a partir de los censos del Comité de Ganaderos del Tolima y Girardot junto con un módulo de consumo básico diario de agua de 40 litros/animal/día. Los resultados obtenidos se presentan en la **Tabla 342**.

Tabla 342. *Demanda Hídrica del Consumo Humano y Bovino en la Cuenca Río Amoyá*

Subcuenca	Microcuenca	Demanda Consumo humano y Bovino					
		Censo		Consumo humano Mm³/año		Ganado	
		Urbano	Rural	Urbano	Rural	Cabezas	Demanda (Mm³/año)
	Q. La Guasanera		0	0	0	0	0
Q. Morales			0	0	0	0	0
R. Amoya 1			0	0	0	0	0
Q. El Diamante			0	0	0	0	0
Q. Las Nieves	Q. El Salto		0	0	0	0	0
	Q. Las Nieves		0	0	0	0	0
Total Q. Las Nieves		**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
R. Amoya 2			0	0	0	0	0
Q. La Rivera	Q. El Gallo		6	0	0	5	0
	Q. La Lejia		55	0	0.002	29	0
	Q. El Recodo		4	0	0	2	0
	Q. El Mirador		4	0	0	2	0
	Q. La Soledad		32	0	0.001	77	0.001
	Q. El Vagón / Rosario		17	0	0.001	36	0.001
	Q. La Esperanza		17	0	0.001	50	0.001
	Q. La Rivera		234	0	0.01	664	0.01
Total Q. La Rivera		**0**	**251**	**0**	**0.011**	**713**	**0.01**
R. Amoya 2B	Q. Alemania		69	0	0.003	163	0.002
	Q. Villa María		14	0	0.001	25	0
	Q. El Diablo		21	0	0.001	28	0
	Q. El Oso		19	0	0.001	26	0
			193	0	0.008	84	0.001
	Q. Guataquí / La Linda		66	0	0.003	38	0.001
Q. San José	Q. Primavera		40	0	0.002	55	0.001
	Q. Australia		86	0	0.004	112	0.002
	Q. San José		248	0	0.011	309	0.005
Total Q. San José		**0**	**373**	**0**	**0.016**	**475**	**0.007**
	Q. El Horizonte		46	0	0.002	46	0.001

Subcuenca	Microcuenca	Demanda Consumo humano y Bovino					
		Censo		Consumo humano Mm³/año		Ganado	
		Urbano	Rural	Urbano	Rural	Cabezas	Demanda (Mm³/año)
Q. Tequendama	Q. Las Abras		16	0	0.001	15	0
	Q. El Cairo / Villas		22	0	0.001	23	0
	Q. El Quebradón		66	0	0.003	58	0.001
			109	0	0.005	98	0.001
Río Davis	R. Davis		19	0	0.001	54	0.001
	Q. El Brillante		57	0	0.003	124	0.002
	Q. El Quebradón		63	0	0.003	178	0.003
	Q. La Aldea		128	0	0.006	394	0.006
	Q. Aguas Claras		197	0	0.009	467	0.007
	Q. San Ignacio		158	0	0.007	160	0.002
	Q. Monserrate		275	0	0.012	207	0.003
	R. Davis 2		49	0	0.002	85	0.001
Total Río Davis		**0**	**945**	**0**	**0.041**	**1670**	**0.024**
Río Negro	Q. El Pesar		67	0	0.003	19	0
	R. Negro		655	0	0.029	333	0.005
Total Río Negro		**0**	**722**	**0**	**0.032**	**352**	**0.005**
Q. San Jorge	Q. Santa Bárbara		838	0	0.037	169	0.002
	Q. Agua Bonita		291	0	0.013	233	0.003
	Q. El Tibet		62	0	0.003	45	0.001
	Q. Chinchiná		127	0	0.006	8	0
	Q. San Jorge		655	0	0.029	177	0.003
Total Q. San Jorge		**0**	**1136**	**0**	**0.05**	**463**	**0.007**
Q. Grande	Q. El Cedral		630	0	0.028	346	0.005
	Q. La Despensa		137	0	0.006	201	0.003
			1083	0	0.047	1492	0.022
Río Ambeima	Q. El Salado	42	73	0.003	0.003	181	0.003
	Q. El Chupadero		0	0	0	0	0
	Q. La Meseta		0	0	0	0	0
	Q. Las Mirlas		1	0	0	1	0
	Q. Pedregosa		26	0	0.001	13	0
	Q. Las Damas		25	0	0.001	12	0
	Q. La Profunda		9	0	0	5	0
	Q. Los Saltos		20	0	0.001	10	0
	Q: La Lejia		73	0	0.003	36	0.001
	Q. El Cajucho		25	0	0.001	11	0
	Q. Negra		41	0	0.002	17	0
	Q. La Arenosa		47	0	0.002	23	0

Subcuenca	Microcuenca	Demanda Consumo humano y Bovino					
		Censo		Consumo humano Mm³/año		Ganado	
		Urbano	Rural	Urbano	Rural	Cabezas	Demanda (Mm³/año)
	Q. La Cristalina		51	0	0.002	19	0
	Q. La Palmera		32	0	0.001	11	0
	Q. El Cural		419	0	0.018	72	0.001
	Q. Malucha		150	0	0.007	124	0.002
	Q. Las Molinas		107	0	0.005	133	0.002
	Q. Tinaja		175	0	0.008	155	0.002
	Q. Cafuche	109	476	0.007	0.021	333	0.005
	R. Ambeima		3176	0	0.139	1102	0.016
Total Río Ambeima		**109**	**4856**	**0.007**	**0.213**	**2076**	**0.03**
Q. De Irco	Q. De Irco 1		584	0	0.026	778	0.011
	Q. La Arenosa		40	0	0.002	38	0.001
	Q Las Dantas		103	0	0.004	190	0.003
	Q. El Infierno		265	0	0.012	449	0.007
	Q. Florian		34	0	0.001	20	0
	Q. Guacamayas		306	0	0.013	240	0.003
	Q. Carbonal		223	0	0.01	246	0.004
	Q. Pelarco		405	0	0.018	320	0.005
	Q. Betania		266	0	0.012	306	0.004
	Q. Gudalejo		69	0	0.003	43	0.001
	Q. Tasajo		101	0	0.004	84	0.001
	Q. Linday		892	0	0.039	716	0.01
	Q La Chele		473	0	0.021	461	0.007
	Q. De Irco 2		272	0	0.012	161	0.002
Total Q. De Irco		**0**	**4034**	**0**	**0.177**	**4052**	**0.059**
R. Amoya 3		18194	2996	1,129	0.131	3162	0.046
Q. El Totumo	Q. Profunda		52	0	0.002	185	0.003
	Q. Apa	257	82	0.016	0.004	364	0.005
	Q. La Arenosa		41	0	0.002	22	0
	Q. Tuluní		3410	0	0.149	3538	0.052
	Q. Copete		226	0	0.01	449	0.007
	Q. El Totumo		363	0	0.016	471	0.007
Total Q. El Totumo		**0**	**4040**	**0**	**0.177**	**4481**	**0.065**
Q. Piñal / Santa Rosa			24	0	0.001	28	0
Q. El Neme	Q. Los Azucenos	1298	121	0.081	0.005	515	0.008
	Q. El Mulato		54	0	0.002	485	0.007
	Q. Irco		170	0	0.007	660	0.01
	Q. El Neme		225	0	0.01	1196	0.017

Subcuenca	Microcuenca	Demanda Consumo humano y Bovino					
		Censo		Consumo humano Mm³/año		Ganado	
		Urbano	Rural	Urbano	Rural	Cabezas	Demanda (Mm³/año)
Total Q. El Neme		**1298**	**570**	**0.081**	**0.025**	**2856**	**0.042**
R. Amoya 4			320	0	0.014	1920	0.028
TOTAL CUENCA RIO AMOYÁ MUNICIPIO DE CHAPARRAL		**19899**	**23922**	**1,235**	**1,048**	**25944**	**0.379**

Fuente: POMCA Río Amoyá (2006).

22.3.6.3. Demanda Hídrica Agrícola

La demanda de agua del sector agrícola en el POMCA del Río Amoyá se cuantificó de acuerdo con las áreas obtenidas en el mapa de cobertura vegetal (escala 1:25000) y el uso consuntivo calculado a partir del coeficiente de cultivo (K) establecido por la FAO (**Tabla 343**). En el cálculo no se tuvo en cuenta la demanda fisiológica de los cultivos secanos, dado que se infieren satisfechas por la precipitación.

El cultivo del arroz se constituye como uno de los principales demandantes del recurso hídrico en la Cuenca Mayor del Río Amoyá dada la cantidad de área sembrada en la zona. Su demanda hídrica se calcula en 32,312 Mm³/año. En cuanto a los cultivos de hortalizas, frutales (con fines de exportación) y algodón, la demanda hídrica se estable en 6,274 Mm³/año, 0.948 Mm³/año y 0.581 Mm³/año, respectivamente. En lo concerniente al cultivo del café, considerado como un cultivo que no requiere riego, la demanda se estableció teniendo en cuenta las necesidades de agua para el beneficio del grano a partir de un módulo de consumo de 5 litros/kg. Café baba/año. Con base en esto y la información del censo del Comité de Cafeteros del Tolima a nivel veredal, se obtiene una demanda hídrica de 0.138 Mm³/año. En la **Tabla 344** se registran los resultados de la demanda hídrica por cultivo a nivel de subcuenca y microcuenca del Río Amoyá.

Tabla 343. *Coeficientes de cultivo*

CULTIVO	Etapas de desarrollo del cultivo					
	Inicial	Desarrollo del Cultivo	Mediados del período	Finales del período	Recolección	Total período vegetativo *
Banano						
- Tropical	0.40 - 0.50	0.70 - 0.85	1.00 - 1.10	0.90 - 1.00	0.75 - 0.85	0.70 - 0.80
- Subtropical	0.50 - 0.65	0.80 - 0.90	1.00 - 1.20	1.00 - 1.15	1.00 - 1.15	0.85 - 0.95
Frijol						
- Verde	0.30 - 0.40	0.65 - 0.75	0.95 - 1.05	0.90 - 0.95	0.85 - 0.95	0.85 - 0.90
- Seco	0.30 - 0.40	0.70 - 0.80	1.05 - 1.20	0.65 - 0.75	0.25 - 0.30	0.70 - 0.80
Col	0.40 - 0.50	0.70 - 0.80	0.95 - 1.10	0.90 - 1.00	0.80 - 0.95	0.70 - 0.80

CULTIVO	Etapas de desarrollo del cultivo					
	Inicial	Desarrollo del Cultivo	Mediados del período	Finales del período	Recolección	Total período vegetativo *
Algodón	0.40 - 0.50	0.70 - 0.80	1.05 - 1.25	0.80 - 0.90	0.65 - 0.70	0.80 - 0.90
Vid	0.35 - 0.55	0.60 - 0.80	0.70 - 0.90	0.60 - 0.80	0.55 - 0.70	0.55 - 0.75
Maní	0.40 - 0.50	0.70 - 0.80	0.95 - 1.10	0.75 - 0.85	0.55 - 0.60	0.75 - 0.80
Maíz						
- Dulce	0.30 - 0.50	0.70 - 0.90	1.05 - 1.20	1.00 - 1.15	0.95 - 1.10	0.80 - 0.95
- Grano	0.30 - 0.50	0.70 - 0.85	1.05 - 1.20	0.80 - 0.95	0.55 - 0.60	0.75 - 0.90
Cebolla						
- Seca	0.40 - 0.60	0.70 - 0.80	0.95 - 1.10	0.85 - 0.90	0.75 - 0.85	0.80 - 0.90
- Verde	0.40 - 0.60	0.60 - 0.75	0.95 - 1.05	0.95 - 1.05	0.95 - 1.05	0.65 - 0.80
Guisante	0.40 - 0.50	0.70 - 0.85	1.05 - 1.20	1.00 - 1.15	0.95 - 1.10	0.80 - 0.95
Pimentón	0.30 - 0.40	0.60 - 0.75	0.95 - 1.10	0.85 - 1.00	0.80 - 0.90	0.70 - 0.80
Papa	0.40 - 0.50	0.70 - 0.80	1.05 - 1.20	0.85 - 0.95	0.70 - 0.75	0.75 - 0.90
Arroz	1.10 - 1.15	1.10 - 1.50	1.10 - 1.30	0.95 - 1.05	0.95 - 1.05	1.05 - 1.20
Cártamo	0.30 - 0.40	0.70 - 0.80	1.05 - 1.20	0.65 - 0.70	0.20 - 0.25	0.65 - 0.70
Sorgo	0.30 - 0.40	0.70 - 0.75	1.10 - 1.15	0.75 - 0.80	0.50 - 0.55	0.75 - 0.85
Soya	0.30 - 0.40	0.70 - 0.80	1.10 - 1.15	0.70 - 0.80	0.40 - 0.50	0.75 - 0.90
Remolacha azucarera	0.40 - 0.50	0.75 - 0.85	1.05 - 1.20	0.90 - 1.00	0.60 - 0.70	0.80 - 0.90
Caña azucar	0.40 - 0.50	0.70 - 1.00	1.00 - 1.30	0.75 - 0.80	0.50 - 0.60	0.85 - 1.05
Girasol	0.30 - 0.40	0.70 - 0.80	1.05 - 1.20	0.70 - 0.80	0.35 - 0.45	0.75 - 0.85
Tabaco	0.30 - 0.40	0.70 - 0.80	1.00 - 1.20	0.90 - 1.00	0.75 - 0.85	0.85 - 0.95
Tomate	0.40 - 0.50	0.70 - 0.80	1.05 - 1.25	0.80 - 0.95	0.65 - 0.75	0.75 - 0.90
Sandía	0.40 - 0.50	0.70 - 0.80	0.95 - 1.05	0.80 - 0.90	0.60 - 0.65	0.75 - 0.85
Trigo	0.30 - 0.40	0.70 - 0.80	1.05 - 1.20	0.65 - 0.75	0.20 - 0.25	0.80 - 0.90
Alfalfa	0.30 - 0.40				1.05 - 1.20	0.85 - 1.05
Olivo						0.40 - 0.60
Cítricos						
- Con desyerbe						0.65 - 0.75
- Sin control						0.85 - 0.90

* Primer dato: Humedad alta (Rhmin > 70%) y poco viento (< 5 m/s)
Segundo dato: Humedad alta (Rhmin < 20%) y fuerte viento (> 5 m/s)
Fuente: Estudio FAO N° 33, citado por CLARO RIZO, Francisco, Ideam, Bogotá, D.C. 1998

Fuente: POMCA Río Amoyá (2006).

Tabla 344. *Demanda hídrica agrícola Cuenca Río Amoyá*

Subcuenca	Microcuenca	Demanda Agrícola									
		Café y Otros		Arroz		Hortalizas		Frutales		Algodón	
		Hect.	DH	Hect.	DH	Hect.	DH	Hect.	DH	Hect.	DH
	Q. La Guasanera	0	0	0		0		0		0	
Q. Morales		0	0	0		0		0		0	
R. Amoya 1		0	0	0		0		0		0	

Subcuenca	Microcuenca	Demanda Agrícola									
		Café y Otros		Arroz		Hortalizas		Frutales		Algodón	
		Hect.	DH	Hect.	DH	Hect.	DH	Hect.	DH	Hect.	DH
Q. El Diamante		0	0	0		0		0		0	
Q. Las Nieves	Q. El Salto	0	0	0		0		0		0	
	Q. Las Nieves	0	0	0		0		0		0	
Total Q. Las Nieves		**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
R. Amoya 2		0	0	0		0		0		0	
	Q. El Gallo	0.43	0	0		0		0		0	
	Q. La Lejia	4.54	0	0		0		0		0	
	Q. El Recodo	0.39	0	0		0		0		0	
	Q. El Mirador	0.39	0	0		0		0		0	
	Q. La Soledad	0.53	0	0		0		0		0	
	Q. El Vagón / Rosario	0.5	0	0		0		0		0	
Q. La Rivera	Q. La Esperanza	0	0	0		0		0		0	
	Q. La Rivera	0.57	0	0		0		0		0	
Total Q. La Rivera		**0.57**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
	Q. Alemania	1.45	0	0		0		0		0	
	Q. Villa María	0.57	0	0		0		0		0	
	Q. El Diablo	1.4	0	0		0		0		0	
	Q. El Oso	1.24	0	0		0		0		0	
R. Amoya 2B		16.61	0	0		0		0		0	
	Q. Guataquí / La Linda	5.31	0	0		0		0		0	
	Q. Primavera	2.73	0	0		0		0		0	
Q. San José	Q. Australia	7.62	0	0		0		0		0	
	Q. San José	18.73	0	0		0		0		0	
Total Q. San José		**29.08**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
	Q. El Horizonte	9.31	0	0		0		0		0	
	Q. Las Abras	3.06	0	0		0		0		0	
	Q. El Cairo / Villas	4.67	0	0		0		0		0	
	Q. El Quebradón	11.67	0	0		0		0		0	
Q. Tequendama		7.9	0	0		0		0		0	
	R. Davis	0	0	0		0		0		0	
	Q. El Brillante	6.59	0	0		0		0		0	
	Q. El Quebradón	0	0	0		0		0		0	
Río Davis	Q. La Aldea	12.2	0	0		0		0		0	
	Q. Aguas Claras	18.22	0	0		0		0		0	
	Q. San Ignacio	27.21	0	0		0		0		0	
	Q. Monserrate	43.91	0.001	0		0		0		0	
	R. Davis 2	3.86	0	0		0		0		0	
Total Río Davis		**111.99**	**0.001**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**

Subcuenca	Microcuenca	Demanda Agrícola									
		Café y Otros		Arroz		Hortalizas		Frutales		Algodón	
		Hect.	DH	Hect.	DH	Hect.	DH	Hect.	DH	Hect.	DH
Río Negro	Q. El Pesar	10.6	0	0		0		0		0	
	R. Negro	69.95	0.001	0		0		0		0	
Total Río Negro		**80.55**	**0.001**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Q. San Jorge	Q. Santa Bárbara	202.23	0.002	0		0.74	0.008	0		0	
	Q. Agua Bonita	72.46	0.001	0		1.7	0.019	0		0	
	Q. El Tibet	19.51	0	0		0		0		0	
	Q. Chinchiná	122.64	0.001	0		18.62	0.203	0		0	
	Q. San Jorge	175.59	0.002	0		0		0		0	
Total Q. San Jorge		**390.2**	**0.005**	**0**	**0**	**20.32**	**0.222**	**0**	**0**	**0**	**0**
Q. Grande	Q. El Cedral	438.24	0.005	0		3.12	0.035	0		0	
	Q. La Despensa	174.99	0.002	0		13.46	0.152	0		0	
		515.45	0.006	0		35.63	0.402	0		0	
Río Ambeima	Q. El Salado	3.4	0	0		0		0		0	
	Q. El Chupadero	0	0	0		0		0		0	
	Q. La Meseta	0	0	0		0		0		0	
	Q. Las Mirlas	0.07	0	0		0		0		0	
	Q. Pedregosa	1.2	0	0		0		0		0	
	Q. Las Damas	1.13	0	0		0		0		0	
	Q. La Profunda	0.43	0	0		0		0		0	
	Q. Los Saltos	0.93	0	0		0		0		0	
	Q: La Lejia	3.31	0	0		0		0		0	
	Q. El Cajucho	1.72	0	0		0		0		0	
	Q. Negra	3.26	0	0		0		0		0	
	Q. La Arenosa	2.6	0	0		0		0		0	
	Q. La Cristalina	9.41	0	0		0		0		0	
	Q. La Palmera	6.64	0	0		0		0		0	
	Q. El Cural	151.97	0.002	0		0		0		0	
	Q. Malucha	96.28	0.001	0		8.61	0.097	0		0	
	Q. Las Molinas	35.72	0	0		2.63	0.03	0		10.13	0.114
	Q. Tinaja	110.36	0.001	0		0		0		9.09	0.103
	Q. Cafuche	245.67	0.003	0		11.68	0.132	0		0.22	0.003
	R. Ambeima	697.93	0.008	0		0		0		0	
Total Río Ambeima		**1368.6**	**0.016**	**0**	**0**	**22.92**	**0.259**	**0**	**0**	**19.45**	**0.22**
Q. De Irco	Q. De Irco 1	221.15	0.003	0		0		8.97	0.084	0	
	Q. La Arenosa	8.29	0	0		0		0		0	
	Q Las Dantas	27.4	0	0		0		0		0	
	Q. El Infierno	79.8	0.001	0		0		5.69	0.053	0	
	Q. Florian	23.14	0	0		0		0.01	0	0	
	Q. Guacamayas	96.57	0.001	0		0		0		0	

Subcuenca	Microcuenca	Demanda Agrícola									
		Café y Otros		Arroz		Hortalizas		Frutales		Algodón	
		Hect.	DH	Hect.	DH	Hect.	DH	Hect.	DH	Hect.	DH
	Q. Carbonal	65.27	0.001	0		0		0		0	
	Q. Pelarco	56.13	0.001	0		0		6.68	0.063	0	
	Q. Betania	22.33	0	0		0		0		0	
	Q. Gudalejo	2.96	0	0		0		0		0	
	Q. Tasajo	10.9	0	0		0		0		0	
	Q. Linday	184.69	0.002	0		0		0		0	
	Q La Chele	2.35	0	0		0		0		0	
	Q. De Irco 2	11.7	0	0		0		0		0	
Total Q. De Irco		**812.68**	**0.01**	**0**	**0**	**0**	**0**	**21.35**	**0.201**	**0**	**0**
R. Amoya 3		949.09	0.011	0		30.74	0.347	0		32.03	0.361
Q. El Totumo	Q. Profunda	0	0	0		0		0		0	
	Q. Apa	0	0	6.71	0.387	0		0		0	
	Q. La Arenosa	0.65	0	0		0		0		0	
	Q. Tuluní	905.01	0.011	197.91	13,422	95.34	4,849	17.62	0.747	0	
	Q. Copete	184.88	0.002	0		0		0		0	
	Q. El Totumo	188.75	0.002	0		0		0		0	
Total Q. El Totumo		**1279.29**	**0.015**	**197.91**	**13,422**	**95.34**	**4,849**	**17.62**	**0.747**	**0**	**0**
Q. Piñal / Santa Rosa		16.79	0	0		0		0		0	
Q. El Neme	Q. Los Azucenos	0	0	27.53	1,712	0		0		0	
	Q. El Mulato	0	0	51.19	3,183	0		0		0	
	Q. Irco	0	0	4.8	0.321	0		0		0	
	Q. El Neme	0	0	163.08	10,536	0		0		0	
Total Q. El Neme		**0**	**0**	**246.6**	**15,752**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
R. Amoya 4		16.67	0	42.57	2,750	0		0		0	
TOTAL CUENCA RIO AMOYA MUNICIPIO DE CHAPARRAL		**6459.78**	**0.078**	**493.79**	**32,312**	**222.26**	**6,274**	**38.97**	**0.948**	**51.47**	**0.581**

Fuente: POMCA Río Amoyá (2006).

22.3.6.4. Demanda Hídrica Subterránea

Debido a la riqueza de agua superficial existente en la Subzona Hidrográfica del Río Amoyá, según el POMCA, no se ha requerido del uso del agua subterránea para subsanar las necesidades de los diferentes sectores económicos presentes en la zona. De tal forma que no se reportan estudios que determinen la demanda del recurso ni permisos de concesión de aguas otorgados por la Autoridad Ambiental.

22.3.7. Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña

La demanda hídrica para la Subzona Hidrográfica del Bajo Saldaña, con base en el Plan de Desarrollo Departamental "El Tolima Nos Une 2020-2023 (Gobernación del Tolima 2020), se estima en 46,880 l/s (1478.4 Mm^3/año) que equivalen al 24.8% de la demanda hídrica total del departamento del Tolima. Conforme al Acuerdo 014 del 2017, esta Subzona Hidrográfica ocupa el puesto No. 14 de priorización para adelantar los procesos de ordenación y manejo, por tanto, no se presentan los resultados de demanda hídrica por tipo de uso de agua y por Unidades Hidrográficas.

22.3.8. Subzona Hidrográfica del río Patá

De acuerdo con el Plan de Desarrollo Departamental "El Tolima Nos Une 2020-2023" (Gobernación del Tolima, 2020), la demanda hídrica para la Subzona Hidrográfica del río Patá se estima en 120 l/s (3.8 Mm^3/año) equivalente al 0.06% de la demanda hídrica total del departamento del Tolima estimada en 188,960 l/s (5959.04 Mm^3/año). No se registra información del POMCA ya que hasta el momento no se encuentra formulado, considerando el orden de priorización para la ordenación y/o ajuste de las Subzonas Hidrográficas del departamento (Acuerdo 014 de 2017), la Subzona Hidrográfica del río Patá ocupa el puesto No. 20.

22.3.9. Subzona Hidrográfica del río Anchique

La demanda hídrica para la Subzona Hidrográfica del río Anchique, con base en el Plan de Desarrollo Departamental "El Tolima Nos Une 2020-2023 (Gobernación del Tolima 2020), se estima en 1650 l/s (52.03 Mm^3/año) que equivalen al 0.87% de la demanda hídrica total del departamento del Tolima. Conforme al Acuerdo 014 del 2017, esta Subzona Hidrográfica ocupa el puesto No. 21 de priorización para adelantar los procesos de ordenación y manejo, por tanto, no se presentan los resultados de demanda hídrica por tipo de uso de agua y por Unidades Hidrográficas.

22.4. Registro de Puntos de Aguas Subterráneas

22.4.1. Censo de Usuarios del Recurso Hídrico del Acuífero Sur

A partir del Censo de Usuarios del Recurso Hídrico realizado en el marco de la Formulación del Plan de Manejo Ambiental del Acuífero Sur, se identificaron 5771 puntos de captación de agua subterránea, de los cuales dentro del área de estudio de la segunda Fase de la Evaluación Regional del Agua (ERA) del departamento del Tolima, solo hacen parte 4579. En la **Tabla 345** se presenta la distribución por tipo de agua subterránea. Se observa que en el 98.4% de los casos, la captación se realiza de aljibes mientras que solo el 0.3% corresponde a pozos.

Tabla 345. *Tipos de agua subterránea localizados dentro del área de estudio de la segunda fase de la Evaluación Regional del Agua del departamento del Tolima*

Tipo de Agua Subterránea	Puntos de agua
Aljibe	4508
Jaguey	12
Manantial	45
Pozo	14
Total puntos de agua	**4579**

Las condiciones de los 4579 puntos de agua subterránea relacionados anteriormente se exhiben en la **Tabla 346**. Se determina que el 62.1% (2843) corresponde a puntos de agua productivos, el 22% (1009) concierne a puntos sellados, inactivos y abandonados, el 15.8% están en reserva (724), 0.1% (3) son aljibes de monitoreo y construcción.

Tabla 346. *Condiciones de uso de los puntos de agua subterránea*

Tipo de Agua subterránea	Condición de uso	Puntos de agua
Aljibe	Abandonado	220
	En construcción	1
	Inactivo	519
	Monitoreo	2
	Productivo	2786
	Reserva	715
	Sellado	265
Total Aljibe		**4508**
Jaguey	Productivo	10
	Reserva	2
Total Jaguey		**12**
Manantial	Abandonado	3
	Productivo	37
	Reserva	5
Total Manantial		**45**
Pozo	Abandonado	2
	Productivo	10
	Reserva	2
Total Pozo		**14**
Total general		**4579**

22.4.2. Bases de datos de concesiones hídricas subterráneas de CORTOLIMA

Teniendo en cuenta la información provista por CORTOLIMA en las bases de datos del SIRH, el maestro de concesiones, el seguimiento de pozos del 2021, y el reporte de la Territorial Sur, en el área de estudio existen actualmente 61 concesiones de agua subterránea, 37 de las cuales están sujetas a la revisión de expedientes de usuarios

para corroborar su punto de captación. Los datos preliminares indican que los principales municipios demandantes de este recurso hídrico son en su orden, Saldaña con el 29% (18), Coyaima 21% (13), Guamo 20% (12) y Purificación 16% (10) (**Figura 510**).

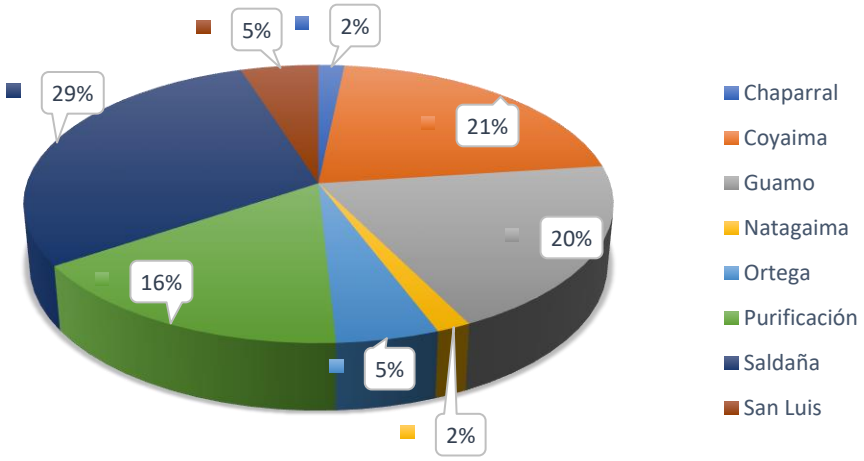


Figura 510. *Distribución de las concesiones hídricas subterráneas por municipio*

22.5. Plan de Manejo Ambiental (PMA) Acuífero Sur

El Acuífero del Sur del Tolima se ubica al sureste del departamento, en la jurisdicción de los municipios de Natagaima, Coyaima, Ortega, San Luis, Saldaña, Guamo, Prado, Purificación y Suarez (**Figura 511**). Su extensión es de 139756,186 ha. Hace parte de la provincia hidrogeológica del Valle Alto del Magdalena que separa las Cordilleras Central y Oriental de Colombia.

La diversidad de unidades geológicas y ambientes geotectónicos presentes en esta región lo convierten en un territorio diverso, con muchos factores que crean condiciones para el uso y caracterizan las condiciones hidrogeológicas que predominan en la zona. El Grupo Honda, es considerada la unidad de mayor interés hidrogeológico al presentar horizontes de areniscas y conglomerados que le atribuyen una gran capacidad de almacenamiento de agua subterránea. Esta unidad además de interactuar con las formaciones de Gualanday y el Abanico Espinal – Guamo, también consideradas de alta importancia hidrogeológica por su capacidad de producción, tiene una interacción con otras unidades acuíferas asociadas a los drenajes principales de la zona como lo es el río Grande de la Magdalena y el río Saldaña. Por otra parte, es importante resaltar que el Acuífero Sur es considerado como la única fuente de

abastecimiento hídrico para los municipios de Purificación, Coyaima y Ortega, en especial para los usuarios del área rural (Proagua 2018).

Hasta el momento el Plan de Manejo Ambiental (PMA) del Acuífero del Sur solo se encuentra desarrollado hasta su fase de diagnóstico que integra el modelo hidrogeológico y la caracterización del componente sociocultural y económico.

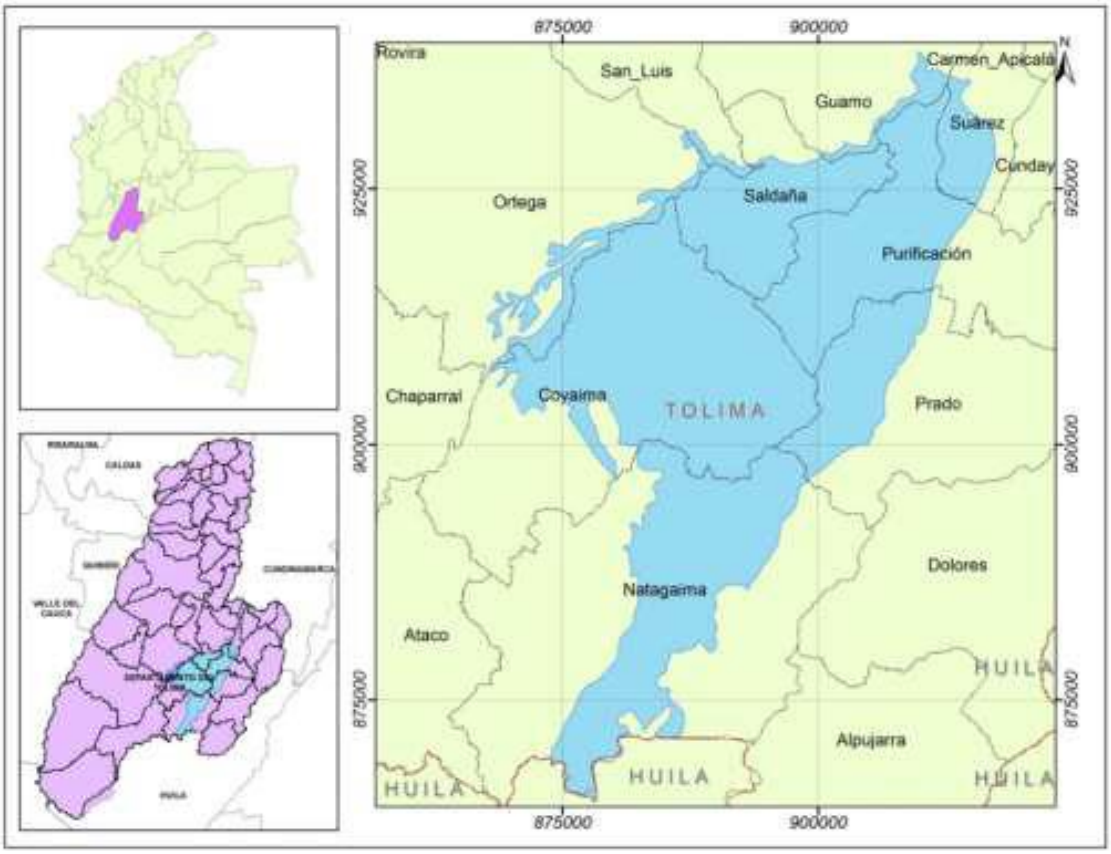


Figura 511. *Localización del Acuífero Sur del Tolima. Fuente: Proagua (2018)*

22.5.1. Demanda Hídrica

22.5.1.1. Metodología

La demanda hídrica total y sectorial, tanto superficial como subterránea, que se presenta en la fase de diagnóstico del Plan de Manejo del Acuífero Sur, parte de los resultados de la primera fase del Censo de Usuarios del Recurso Hídrico realizado por parte del equipo técnico de la empresa “Proagua” en los municipios de Purificación, Prado, Ortega, Natagaima y Coyaima que cubren una parte del área del acuífero.

22.5.1.1.1. Demanda Hídrica para Uso Agrícola (DUA)

De acuerdo con Proagua (2018), la estimación de la demanda de agua para uso agrícola del Acuífero Sur se realizó a partir de módulos de consumo agrícola teniendo en cuenta el tipo de cultivo (transitorio o permanente) y el ciclo normal de producción de éste durante un año. La ecuación de cálculo empleada fue la siguiente:

$$DUA = MA * A$$

Donde:

DUA = Demanda de agua para uso agrícola
MA = Módulo agrícola (l/s-ha)
A = Área (ha)

22.5.1.1.2. Demanda Hídrica para uso Pecuario (DUP)

Esta demanda se calculó con base al número de cabezas de animales de importancia comercial (bovinos, equinos, ovinos, porcinos y avícolas) y los módulos de consumo pecuario establecidos por la CAR (2007) para los diferentes tipos de especie y pisos térmicos, entre los cuales se opta por el piso térmico cálido dadas las características climáticas de la zona (Proagua, 2018).

Tabla 347. Módulos de consumo para uso pecuario establecidos por la CAR (2007)

Especie	Piso Térmico		
	Frio	Medio	Cálido
Bovinos	25	30	35
Equinos	20	25	20
Ovinos	15	20	25
Porcícolas	10	13	15
Avícolas	15	20	25

Fuente: Proagua (2018)

22.5.1.1.3. Demanda Hídrica para Uso Doméstico (DUD)

Según Proagua (2018), la demanda hídrica para uso doméstico se estimó con base en la información recopilada de la primera fase del Censo de Usuarios del Recurso Hídrico del Acuífero Sur. Su valor se determinó por cada una de las encuestas realizadas y luego se totalizó a nivel de municipio en función de la siguiente ecuación:

$$DUD = MD*Hab$$

Donde:

DUD = Demanda de agua por uso doméstico

MD = Módulo doméstico
Hab = Habitantes

El módulo de consumo empleado es de 166 l/hab-día, que corresponde a sistemas de baja complejidad con menos de 2500 usuarios y ubicados en zonas de climas cálidos y altitudes menores a los 1.000 metros sobre el nivel del mar (Proagua, 2018).

Tabla 348. *Dotación Bruta Máxima*

Clima	Nivel de Complejidad			
	Bajo <2500 hab	Medio 2501-12500 hab.	Medio-alto 12501-60000 hab	Alto >60000 hab.
	Dotación bruta Db = Dn/(1-40% pérdidas) l/hab-día			
Frío o templado – altura superior a 1000 msnm.	150	191	208	233
Cálido-altura inferior a 1000 msnm.	166	208	225	250

Fuente: Proagua (2018)

22.5.1.2. Demanda de agua subterránea

Agua extraída de aljibes y pozos para suplir los requerimientos de agua de los diferentes sectores económicos, según los reportes del Censo de Usuarios del Recurso Hídrico del Acuífero Sur (Proagua, 2018).

22.5.1.2.1. Demanda Hídrica para Uso Agrícola (DUA)

Tras la primera fase del Censo de Usuarios del Recurso Hídrico del Acuífero Sur se determinan los cultivos con sus respectivas áreas ubicados en los municipios de Purificación, Prado, Ortega, Natagaima y Coyaima que cubren una parte del acuífero. Entre los principales cultivos encontrados se reporta el arroz, pastos, limón, plátano, papaya y melón. Los cultivos con grandes extensiones, como lo es el arroz, no se abastecen de agua subterránea extraída especialmente de los aljibes, ya que no proveen suficiente agua para cubrir su alta demanda. En estos casos se hace uso del Distrito de Riego Triángulo del Tolima para hacer los regadíos (Proagua, 2018).

De acuerdo con los resultados, según el informe de Proagua (2018), la demanda total del sector agrícola es de 16.271 l/s, destacándose el municipio de Natagaima con una demanda de 14.338 l/s. No se evidencia demanda agrícola en el municipio de Ortega, según las encuestas realizadas en esta primera fase del Censo. Los municipios de Purificación, Prado y Coyaima tienen una demanda muy baja con volúmenes de 0.014, 0.485 y 1.434 l/s, respectivamente (**Tabla 349**).

Tabla 349. *Demanda Hídrica Subterránea del sector Agrícola en el Acuífero Sur*

Municipio	Demanda (l/s)
Purificación	0.014
Prado	0.485
Ortega	0.000
Natagaima	14.338
Coyaima	1.434
Total	16.271

Fuente: Proagua (2018)

22.5.1.2.2. Demanda Hídrica por Uso Pecuario (DUP)

Según el diagnóstico del Acuífero Sur de Proagua (2018), la demanda hídrica total del sector pecuario es del orden de 6.74 l/s. Los municipios de Natagaima y Coyaima tienen las mayores demandas con 3.23 l/s y 3.44 l/s, respectivamente. Las demandas por uso pecuario de los demás municipios censados son inferiores a 0.029 l/s ().

Tabla 350. *Demanda Hídrica Subterránea del sector Pecuario en el Acuífero Sur*

Municipio	Demanda (l/s)
Purificación	0.029
Prado	0.018
Ortega	0.012
Natagaima	3.235
Coyaima	3.445
Total	6.740

Fuente: Proagua (2018)

22.5.1.2.3. Demanda de agua para Uso Doméstico (DUD)

La demanda hídrica total para uso agrícola en el Acuífero Sur es de 24.368 l/s. El municipio de Coyaima presenta la mayor demanda respecto a los municipios de Purificación, Prado, Ortega y Natagaima con 18.10 l/s (Proagua, 2018). En la **Tabla 351** se muestran los resultados por cada de estos municipios.

Tabla 351. *Demanda Hídrica Subterránea para Consumo Doméstico en el Acuífero Sur*

Municipio	Demanda (l/s)
Purificación	0.881

Prado	0.776
Ortega	0.206
Natagaima	4.398
Coyaima	18.107
Total	24.368

Fuente: Proagua (2018)

22.5.1.2.4. Demanda Total (DT)

Con base en los resultados de la primera fase del Censo de Usuarios del Recurso Hídrico del Acuífero Sur, presentados por Proagua (2018), la demanda hídrica total de este acuífero es de 47.365 l/s siendo los municipios de Natagaima y Coyaima los que mayor demanda tienen con valores de 21.972 l/s y 22.986 l/s, respectivamente (**Tabla 352**). Por sector, la demanda doméstica es la más representativa con un valor de 24.368 l/s, seguida por la del sector agrícola con 16.257 l/s; el sector pecuario demanda solo 6.739 l/s.

Tabla 352. *Demanda Hídrica Total Subterránea del Acuífero Sur*

Municipio	**Demanda (l/s)**
Purificación	0.910
Prado	1.279
Ortega	0.218
Natagaima	21.972
Coyaima	22.986
Total	47.365

Fuente: Proagua (2018)

22.5.1.3. Demanda de agua Superficial

Representa el volumen de agua captado de las fuentes hídricas superficiales para el uso agrícola, doméstico y pecuario en los municipios de Natagaima y Coyaima. No se presentan resultados de los demás municipios que cubren el Acuífero Sur, dado que el informe de Proagua (2018) exhibe únicamente los resultados de la primera fase del Censo de Usuarios, la cual cubre solo una parte del área.

22.5.1.3.1. Demanda Hídrica para Uso Agrícola (DUA)

La demanda hídrica del sector agrícola es de 197.692 l/s la cual corresponde únicamente al municipio de Natagaima. En Coyaima no presenta esta demanda, según los resultados parciales entregados por Proagua (2018) (**Tabla 353**).

Tabla 353. *Demanda Hídrica Superficial del sector Agrícola en el Acuífero Sur*

Municipio	Demanda (l/s)
Natagaima	197.692
Coyaima	0.000
Total	197.692

Fuente: Proagua (2018)

22.5.1.3.2. Demanda Hídrica por Uso Pecuario (DUP)

Teniendo en cuenta que la primera fase del Acuífero Sur cubre en un 100% el municipio de Natagaima y una parte de Coyaima, los resultados de la demanda hídrica pecuaria son mayores en el primer municipio respecto al otro con un valor de 54.845 l/s (). Según los resultados de Proagua (2018), las especies predominantes en la zona son los bovinos y los peces como la cachama y la tilapia.

Tabla 354. *Demanda Hídrica Superficial del sector Pecuario en el Acuífero Sur*

Municipio	Demanda (l/s)
Natagaima	54.845
Coyaima	0.187
Total	55.032

Fuente: Proagua (2018)

22.5.1.3.3. Demanda de agua para Uso Doméstico (DUD)

De acuerdo con Proagua (2018), en la primera fase del diagnóstico del acuífero Sur la demanda hídrica para uso doméstico es de 11.997 l/s de los cuales corresponde al municipio de Natagaima 9.528 l/s (**Tabla 355**).

Tabla 355. *Demanda Hídrica Superficial para Uso Doméstico en el Acuífero Sur*

Municipio	Demanda (l/s)
Natagaima	9.528
Coyaima	2.450
Total	11.977

Fuente: Proagua (2018)

22.5.1.3.4. Demanda Total de agua (DT)

Según Proagua (2018), la demanda hídrica total del agua superficial que representan los municipios de Natagaima y Coyaima es de 264.7298 l/s, siendo mayor en el primer caso respecto al segundo (**Tabla 356**). El sector Agrícola cubre la mayor demanda con

197.692 l/s mientras que para el sector doméstico solo corresponden 11.977 l/s (**Tabla 357**).

Tabla 356. *Demanda Hídrica Total del agua Superficial en el Acuífero Sur*

Municipio	Demanda (l/s)
Natagaima	262.0645
Coyaima	2.6368
Total	264.7298

Fuente: Proagua (2018)

Tabla 357. *Demanda Hídrica Total de agua Superficial por sector en el Acuífero Sur*

Municipio	Demanda (l/s)
Agrícola	197.692
Doméstico	11.977
Pecuario	55.032
Total	264.701

Fuente: Proagua (2018)

23. Registro de Usuarios del Recurso Hídrico

23.1. Análisis exploratorio de la información de Concesiones Hídricas de CORTOLIMA

23.1.1. Bases de datos revisadas

Para la caracterización y cuantificación de la demanda hídrica de las Subzonas Hidrográficas ríos Bajo Saldaña, Alto Saldaña, Amoyá, Anamichú, Anchique, Atá, Cambrín, Medio Saldaña y Patá, se consideraron los siguientes reportes oficiales de CORTOLIMA:

- Bases de datos del Sistema de Información del Recurso Hídrico (SIRH) Base de datos de bocatomas de centros urbanos y acueductos rurales
- Base de datos de usuarios de Tasa por Uso de Agua (TUA)
- Bases de datos de captaciones de agua en proceso de legalización
- El Sistema de Información Geográfica (SIG) de la Autoridad Ambiental
- El reporte de licencias ambientales CORTOLIMA - ANLA
- El registro de usuarios de aguas subterráneas (FUNIAS) incluida en la base de datos del diagnóstico del Acuífero Sur
- Base de datos de seguimiento de pozos del 2021
- El maestro de concesiones hídricas de la Sede Centro y territoriales, Sur y Sur Oriente

23.1.2. Caracterización de la información concesiones hídricas

La información obtenida de los reportes relacionados en la sección 23.1.1 se consolidó en una sola base de datos que da cuenta de todas las concesiones hídricas superficiales, subterráneas y de aquellas que en el momento, de acuerdo con la Corporación Ambiental, se encuentran en trámite en el área de estudio.

Como parte de este proceso, y previamente a la determinación de la demanda hídrica, se realizó la caracterización de la información recopilada. En el análisis se consideraron cuatro aspectos principales: el caudal total concesionado, el tipo de uso de agua asignado con su respectivo caudal, la fuente hídrica de abastecimiento y la georreferenciación del punto de captación.

La evaluación realizada permitió identificar algunas falencias en la información aportada por la Corporación, que requiere verificarse en los expedientes físicos de los usuarios de concesiones hídricas a fin de reducir el nivel de incertidumbre en los cálculos y espacialización de la demanda hídrica.

A continuación, se presenta el análisis general de la información recopilada por tipo de concesión de agua.

23.1.2.1. Concesiones hídricas superficiales

En las Subzonas Hidrográficas objeto de estudio se registran 722 puntos de captación de agua superficial; 679 corresponden a concesiones hídricas otorgadas por CORTOLIMA y 43 son puntos de extracción de agua superficial reportados en el Censo de Usuarios del Recurso Hídrico del Acuífero Sur. En general, se evidencia la carencia de información en un 12.15% de los criterios evaluados; la georreferenciación del punto de captación es el que tiene la mayor cantidad de datos faltantes (43.91%). Por Subzona Hidrográfica puede apreciarse que es en el Río Amoyá, el Río Anchique y Bajo Saldaña, donde se registran el mayor número de puntos de captación, cuya representatividad es del 24.10%, 22.71% y 17.04%, respectivamente, no obstante, en el 21.61% de los datos no se registra este tipo de información (**Tabla 358**).

Tabla 358. *Concesiones hídricas superficiales reportadas por CORTOLIMA*

Subzonas Hidrográficas	Número de concesiones	Reportan caudal total concesionado	Identifican el tipo de uso de agua asignado al recurso	Identifican la fuente hídrica de captación	Reportan coordenadas punto captación
Alto Saldaña	17	17	15	17	8
Bajo Saldaña	123	122	108	123	44
Medio Saldaña	20	20	19	20	10
Rio Amoya	174	173	162	174	90

Subzonas Hidrográficas	Número de concesiones	Reportan caudal total concesionado	Identifican el tipo de uso de agua asignado al recurso	Identifican la fuente hídrica de captación	Reportan coordenadas punto captación
Rio Anamichu	8	8	7	8	2
Río Anchique, Río Chenche y Otros directos al Magdalena	164	160	142	159	75
Rio Ata	24	24	23	24	14
Rio Cambrin	3	3	3	3	2
Rio Pata	33	33	28	33	22
Sin especificar	156	142		144	138
Total	**722**	**702**	**507**	**705**	**405**

Por criterio evaluado se encuentra lo siguiente:

- **Caudal total concesionado**:

Del total de puntos de captación registrados en el área de interés de la ERA fase II, solo el 2.77% (20) de los datos no reporta el volumen de agua concesionado o captado de las fuentes hídricas superficiales. Pese a esto, se evidencia inconsistencias en el 42.17% (296) de los datos reportados, que están relacionadas con caudales concesionados con valores de cero (2.4%; 7) e inconsistencias en los registros de las bases de datos evaluadas (97.6%; 289) (**Figura 512**).



Figura 512. *Estado de la información de caudal reportada*

- **Uso del agua con su respectivo caudal**:

En este caso el 70.22% (507) de los datos da cuenta del tipo de uso asignado al recurso hídrico, la información faltante (29.78%; 215) está relacionada con los reportes de las Territoriales Sur y Sur Oriente (97.7%; 210), y el Censo de Usuarios del Recurso

Hídrico del Acuífero Sur (2.3%; 5). Se encuentra inconsistente el 4.73% (24) de los datos, 70.83% (17) por diferencias en el tipo de uso de agua y 29.17% (7) por el caudal asignado por uso (**Figura 513**).



Figura 513. *Estado información reportada Uso del Agua*

- **Fuente hídrica de abastecimiento**:

En el 97.65% (705) de los datos es posible identificar el nombre y código correspondiente de la fuente hídrica de abastecimiento, sin embargo, el 22.27% (157) de esta información no es consistente en las bases de datos de concesiones hídricas superficiales evaluadas (23.1.1). En cuanto al porcentaje no reportado, este equivale al 2.35% (17) tal como se presenta en la Figura 514, lo cual concierne en un 47.06% (8) a la información suministrada por: la Territorial Sur, 29.41% (5) el Censo de Usuarios del Recurso Hídrico del Acuífero Sur, y 23.53% (4) la Territorial Sur Oriente.

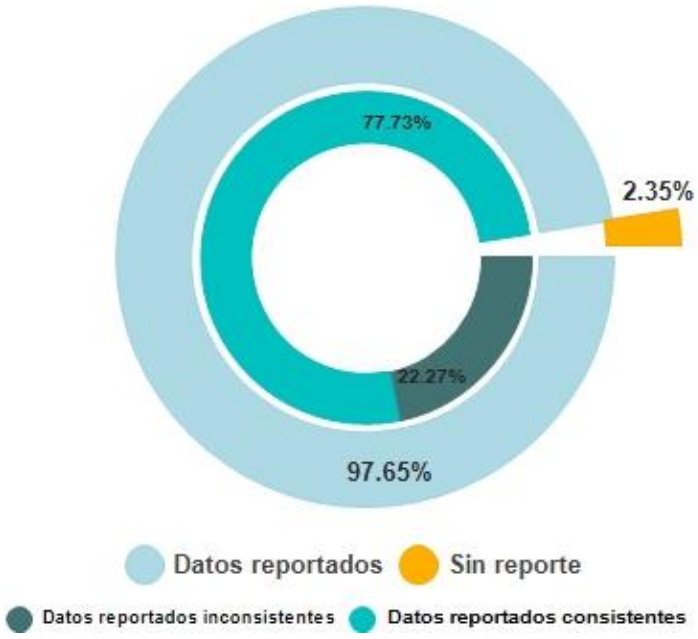


Figura 514. *Estado información Fuente Hídrica de Abastecimiento*

- **Georreferenciación del punto de captación**:

Este parámetro es el que mayores vacíos de información presenta (43.91%; 317). Del 56.09% (405) reportado se observa que el 44.44% (180) no corresponde al lugar (fuente hídrica y/o vereda) indicado como punto de captación y por consiguiente se considera como un error en las coordenadas registradas (**Figura 515**).

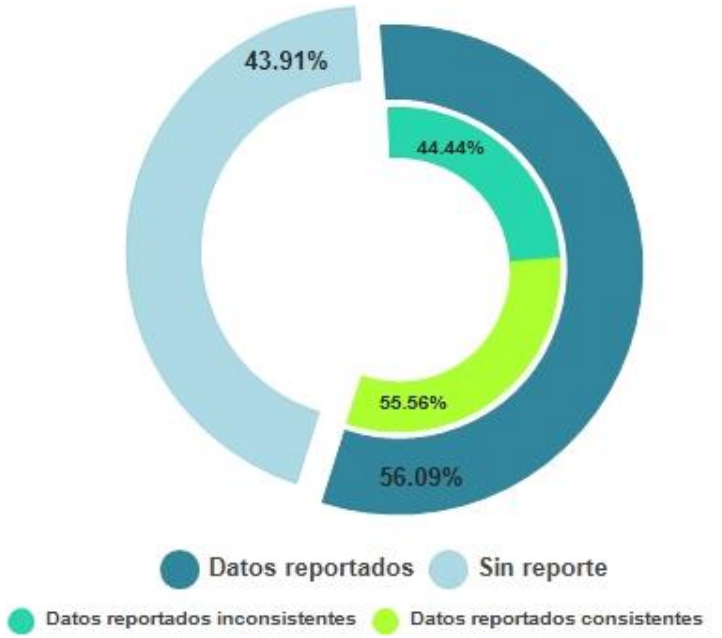


Figura 515. *Estado Información Georreferenciación del Punto de Captación*

23.1.2.2. Concesiones hídricas subterráneas

En referencia a aguas subterráneas, se identifican dos fuentes de información principal, por un lado el Censo de Usuarios del Recurso Hídrico realizado en el marco de la formulación del Plan de Manejo Ambiental (PMA) del Acuífero Sur, y por otro lado, las bases de datos de CORTOLIMA que comprende el SIRH, el maestro de concesiones, el seguimiento de pozos del 2021, y el reporte de la Territorial Sur. Aunque en el primer caso se encuentra el 98.7% (4579) de los datos, es importante aclarar que esta información es el resultado de encuestas aplicadas por parte de equipo técnico a cargo de ese proyecto a usuarios del recurso hídrico subterráneo y no se relacionan como concesiones legalmente asignadas por la Autoridad Ambiental, lo cual explica los vacíos de información que se observan en el reporte del caudal asignado (100%) (**Tabla 359**). Por otra parte, a partir de las bases de datos de CORTOLIMA que representan el 1.31% (61) de la información, se observa que la mayor parte (98.36%) dan cuenta del caudal concesionado y el uso asignado al recurso, sin embargo, solo el 55.74% registra información concerniente a la georreferenciación del punto de captación (**Tabla 360**).

Tabla 359*. Registro de Puntos de captación de agua subterránea en el Censo de Usuarios Acuífero Sur*

Sistema acuífero	Número de concesiones	Reportan caudal concesionado (l/s)	Identifican el tipo de uso de agua asignado al recurso	Reportan coordenadas punto captación
Pozos Subterráneo Acuífero Centro Oriente	25	0	21	25
Pozos Subterráneo Acuífero Sur	4471	0	3890	4471
Pozos Subterráneo Acuífero Sur Occidente	83	**0**	83	83
Total	**4579**	**0**	**3994**	**4579**

Tabla 360. *Registro de concesiones hídricas subterráneas del área de estudio en bases de datos de CORTOLIMA*

Sistema acuífero	Número de concesiones	Reportan caudal concesionado (l/s)	Identifican el tipo de uso de agua asignado al recurso	Reportan coordenadas punto captación
Pozos Subterráneo Acuífero Sur	22	22	22	20
Pozos Subterráneo Acuífero Sur Oriente	5	5	5	5
Pozos Subterráneos	30	30	30	6
Sin especificar	**4**	**3**	**3**	**3**
Total	**61**	**60**	**60**	**34**

23.1.2.3. Concesiones hídricas en trámite

La Territorial Sur y Oriente de CORTOLIMA reportaron 42 concesiones hídricas que se encuentran en procesos de legalización en el marco de la ERA fase II, ocho (8) de estas, según el estado del proceso, ya fueron asignadas y están totalmente vigentes, sin embargo se observa lo siguiente: en el 75% de los datos no se especifica el caudal concesionado; el 97.61% relaciona el nombre de la fuente hídrica de captación, no obstante el detalle de esta información no permite reconocer la Subzona Hidrográfica correspondiente en un 100% de los casos; y por último, se observan falencias en la información concerniente al tipo de uso asignado al recurso y la georreferenciación del punto de captación en un 12.5% y 25%, respectivamente. De las concesiones restantes, solo dos (2) se reportan como negadas, y las demás se consideran aún en trámite (**Tabla 361**).

Tabla 361. *Concesiones hídricas reportados en proceso de legalización*

Estado	Número de concesiones	Reportan caudal concesionado	Identifican la SZH de captación	Identifican la fuente hídrica de captación	Identifican el tipo de uso de agua asignado al recurso	Reportan coordenadas punto captación
Otorgadas	8	2	0	8	7	6
En trámite	34	5	0	33	22	12
Negadas	2	2		2		2
Total	**42**	**34**	**0**	**41**	**29**	**18**

23.1.3. Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña

De acuerdo con la información registrada en las bases de datos de CORTOLIMA, la demanda hídrica concesionada en la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña es de 106.67 l/s. Lo anterior es consistente con lo reportado en el Plan de Desarrollo Departamental del Tolima (110 l/s) para esta unidad hidrográfica, pero muy distante a lo consignado en el POMCA (2165 l/s). Dentro del análisis de la información se evidenció una concesión con caudal de cero (0) l/s a nombre el Instituto Nacional de Adecuación de Tierras en liquidación (INAT) la cual se requiere validar en el proceso de revisión de expedientes.

La distribución de la demanda hídrica por usuarios y tipo de uso se presenta en la **Tabla 362** y **Figura 516**. Se observa que la mayor presión del recurso se ejerce por parte de sector Piscícola con 42.12 l/s (39%) la cual corresponde a una sola concesión a nombre de Asociación de Truchas El Triunfo. Le sigue el sector agrícola con 30 l/s (28%) que son demandados por la Asociación de Usuarios del Distrito de Adecuación de Tierras de Villahermosa (USOVILLA), y el Consumo Humano y Doméstico con 28.83 l/s (27%) que corresponden a 8 concesiones hídricas, 7 de ellas de acueductos veredales. El sector industrial solo cubre el 1% (0.77 l/s) de la demanda hídrica total. El

número de concesiones en las cuales no se especifica el uso del agua representan el 5% (4.954 l/s) de toda la información reportada para esta subzona. Este caso es considerado en el proceso de revisión de expedientes para validar y complementar la información reportada.

Tabla 362. *Caudal concesionado por tipo de uso en la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña*

Uso del Agua	Usuarios Concesionados	Caudal Concesionado (l/s)
Agrícola	2	30
Consumo Humano y Doméstico	8	28.83
Industrial	2	0.77
Piscícola	1	42.12
Sin Información	2	4.95
Total	**15**	**106.67**

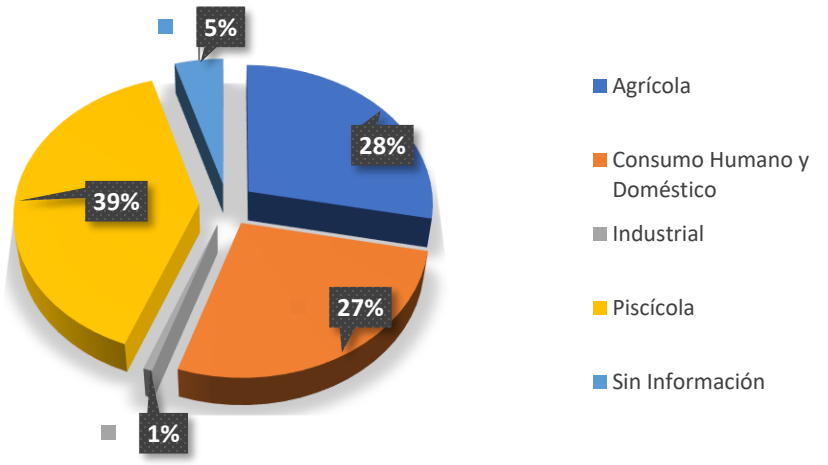


Figura 516. *Demanda hídrica concesionada para la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña*

23.1.4. Subzona Hidrográfica del río Cambrín

La demanda hídrica concesionada para esta Subzona Hidrográfica se determina en 7.44 l/s a diferencia de lo reportado en el Plan de Desarrollo Departamental en el cual la demanda se estima en 2 l/s. Con base en la **Tabla 367** y **Figura 521**, es posible identificar, que son solo 3 concesiones hídricas las que representan la demanda hídrica de esta subzona, de ellas el 75% (5.55 l/s) están destinadas para el Consumo Humano y Doméstico mientras que el 25% (1.89 l/s) restante para el sector agrícola.

Tabla 363. *Demanda hídrica concesionada por usuario y tipo de uso en el Subzona Hidrográfica del río Cambrín*

Uso del Agua	Usuarios Concesionados	Caudal Concesionado (l/s)
Agrícola	1	1.89
Consumo Humano y Doméstico	3	5.55
Total	**121**	**7.44**

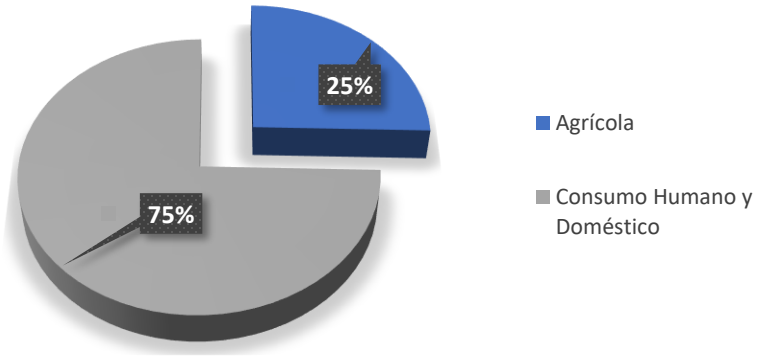


Figura 517. *Distribución porcentual de la demanda hídrica concesionada por tipo de uso en la Subzona Hidrográfica del río Cambrín*

23.1.5. Subzona Hidrográfica del río Anamichú

En la Subzona Hidrográfica del río Anamichú la demanda hídrica es de 31.464 l/s, un valor muy distante a lo reportado en el Plan de Desarrollo Departamental (10 l/s) y el POMCA de esta unidad hidrográfica (40.56 l/s). Con relación a los usos del agua, tal como se observa en la **Tabla 364** y **Figura 518** el Consumo Humano y Doméstico es el que retiene la mayor parte de la demanda hídrica con 27.154 l/s, que representan el 86% del total, mientras que la demanda restante se concentra principalmente en el uso agrícola con el 11% (3.56 l/s). En el 3% de las concesiones registradas para esta subzona no se especifica el tipo de uso asignado al recurso lo cual representa 0.75 l/s. Este caso es considerado en el proceso de revisión de expedientes para validar y complementar la información reportada.

Tabla 364. *Demanda hídrica por usos y usuarios en la Subzona Hidrográfica del río Anamichú*

Uso del Agua	Usuarios Concesionados	Caudal Concesionado (l/s)
Agrícola	1	3.56
Consumo Humano y Doméstico	5	27.154

Uso del Agua	Usuarios Concesionados	Caudal Concesionado (l/s)
Sin Información	1	0.75
Total	**7**	**31.464**

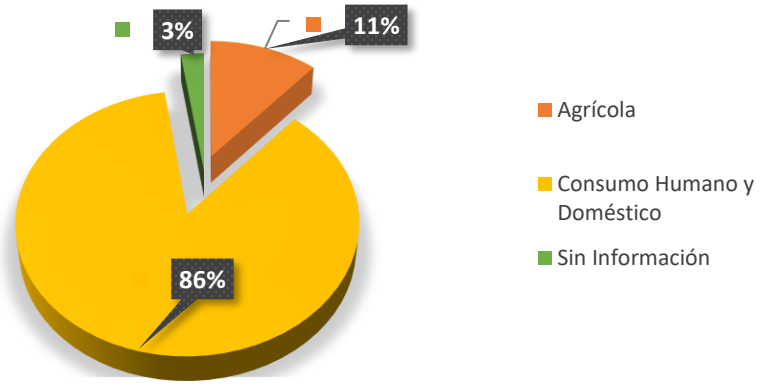


Figura 518. *Distribución porcentual de la demanda hídrica por tipo de uso en la Subzona Hidrográfica del río Anamichú*

23.1.6. Subzona Hidrográfica del río Atá

La demanda hídrica en la Subzona Hidrográfica del río Atá, de acuerdo con el registro de las concesiones hídricas de CORTOLIMA, es de 225.07 l/s (**Tabla 365**) siendo superior a lo reportado en el Plan de Desarrollo Departamental del Tolima (100 l/s). En la **Figura 519**, se presenta la distribución porcentual de la demanda hídrica por cada tipo de uso o sector. Se observa que la mayor presión del recurso lo ejerce el Consumo Humano y Domestico, el cual demanda 110.67 l/s que representa el 49% de la demanda hídrica total. El 45% de esta demanda corresponde a una concesión hídrica de 100 l/s a nombre de la Junta de Acción Comunal de la Vereda El Silencio en la que no se especifica el tipo de uso asignado al recurso (esta información se validará a través de la revisión del expediente del usuario). La demanda restante (14.4 l/s) que representa el 6% de la demanda total, es destinada para uso: agrícola, pecuario y piscícola.

Tabla 365. *Demanda hídrica por usuario y tipo de uso de agua en la Subzona Hidrográfica del río Atá*

Uso del Agua	Usuarios Concesionados	Caudal Concesionado (l/s)
Agrícola	2	9.61

Uso del Agua	Usuarios Concesionados	Caudal Concesionado (l/s)
Consumo Humano y Doméstico	18	110.67
Pecuario	2	3.0
Piscícola	1	1.79
Sin Información	1	100
Total	**24**	**225.065**

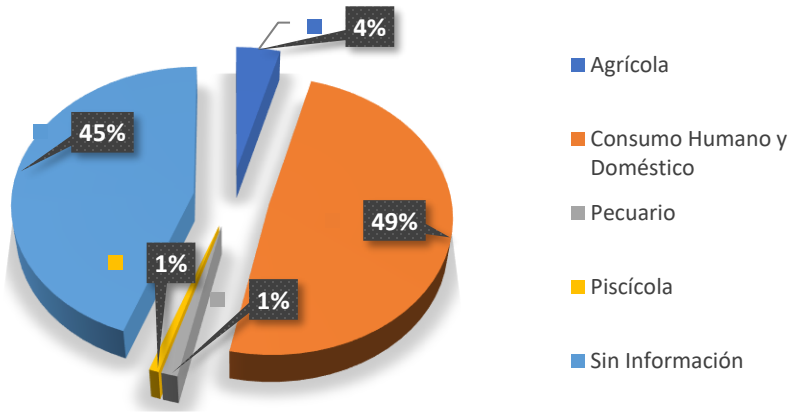


Figura 519. *Distribución porcentual de la demanda hídrica por tipo de uso en la Subzona Hidrográfica del río Atá*

23.1.7. Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña

Conforme a los reportes del Plan de Desarrollo Departamental y lo estimado en el POMCA de la quebrada Guanábano, afluente de esta subzona, la demanda de esta unidad hidrográfica se encuentra entre 12.08 a 80 l/s, respectivamente, lo cual es inferior con los 262.73 l/s obtenidos con base en el registro de concesiones de CORTOLIMA (**Tabla 366**). Como se presenta en la **Figura 520**, los principales sectores demandantes del recurso hídrico son en su orden, el Consumo Humano y Doméstico con el 47.41% (124.57 l/s), el agrícola 26.61% (69.92 l/s) y el piscícola 17.13% (45 l/s). El 8.85% restante se destina para la generación de energía (5.71%; 15 l/s), el sector industrial (2.27%; 5.97 l/s), el sector pecuario (0.76%; 2 l/s) y la minería (0.08%; 0.2 l/s); en el 0.03% (0.0) no se determina el tipo de uso asignado al recurso. Este último caso es considerado en el proceso de revisión de expedientes para validar y complementar la información reportada.

Tabla 366. *Demanda hídrica por usuario y tipo de uso en la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña*

Uso del Agua	Usuarios Concesionados	Caudal Concesionado (l/s)
Agrícola	4	69.92
Consumo Humano y Doméstico	8	124.57
Generación de Energía	1	15.00
Industrial	3	5.97
Minería	1	0.20
Pecuario	1	2
Piscícola	1	45.00
Sin información	1	0.07
Total	**20**	**262.73**

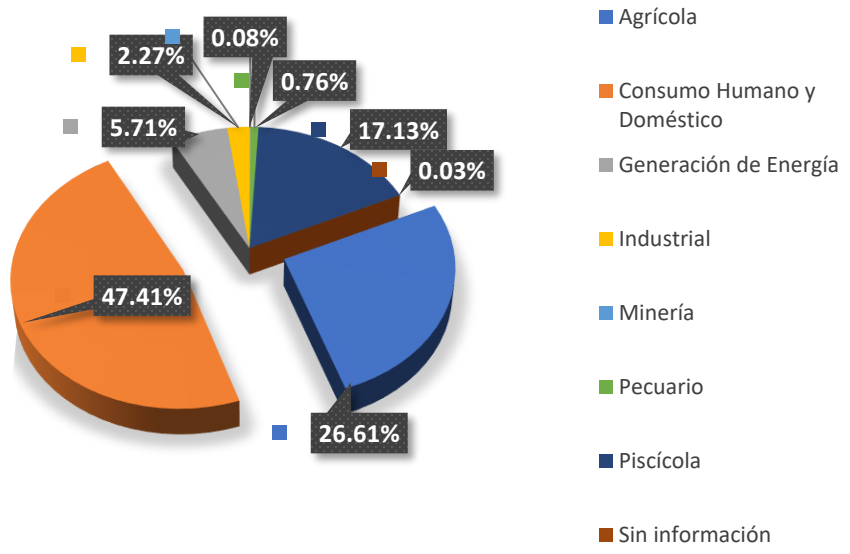


Figura 520. *Distribución porcentual de la demanda hídrica por tipo de uso en la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña*

23.1.8. Subzona Hidrográfica del río Amoyá

La demanda hídrica concesionada para esta Subzona Hidrográfica se determina en 21,352.73 l/s, a diferencia de lo reportado en el Plan de Desarrollo Departamental y el POMCA, en donde la demanda se estima en 19,060 l/s y 1,256 l/s, respectivamente. Con base en la **Tabla 367** y **Figura 521**, es posible identificar que para la generación de energía se destina el 84.30% de la demanda hídrica total de esta unidad, la cual corresponde a una concesión de 18000 l/s a nombre de la empresa Isagen S.A E. S. P. El sector agrícola solo cubre el 9.56% (2041.02 l/s) de la demanda hídrica restante, mientras que 2.01% (429.72 l/s) se distribuye en el Consumo Humano y Doméstico, el sector industrial, pecuario y recreativo, y un 4.13% (881.99 l/s) no especifica el uso

asignado al recurso hídrico. Este último caso es considerado en el proceso de revisión de expedientes para validar y complementar la información reportada.

Tabla 367. *Demanda hídrica concesionada por usuario y tipo de uso en el Subzona Hidrográfica del río Amoyá*

Uso del Agua	Usuarios Concesionados	Caudal Concesionado (l/s)
Agrícola	61	2041.02
Consumo Humano y Doméstico	65	388.85
Generación de Energía	1	18000.00
Industrial	23	33.72
Pecuario	2	6.55
Recreativo	1	0.60
Sin Información	12	881.99
Total	**172**	**21352.73**

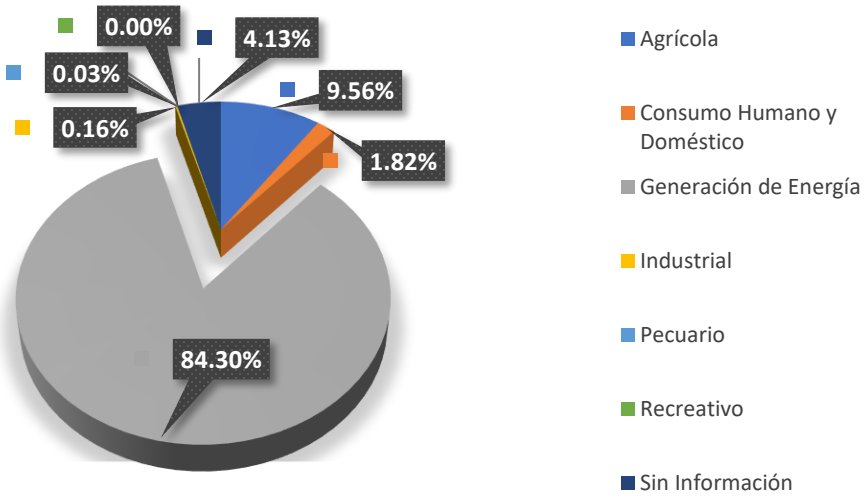


Figura 521. *Distribución porcentual de la demanda hídrica concesionada por tipo de uso en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá*

23.1.9. Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña

De acuerdo con el Plan Desarrollo Departamental, en la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña se demanda 46,880 l/s, sin embargo, conforme al registro de concesiones de CORTOLIMA (Tabla 19), la demanda en esta unidad hidrográfica es de 50,111.961 l/s. Tal como evidencia en la **Figura 522**, la mayor parte del recurso hídrico concesionado es para uso agrícola, el cual representa el 97.82% de la demanda total con 49,021.49 l/s, los demás usos (consumo humano y doméstico, industrial, minería y pecuario), representan el 0.55% restante con 276.94 l/s. Dentro del análisis de la

información se evidencian 15 concesiones en las cuales no se especifica el uso del agua asignado y cuyo caudal representa el 1.62% de la demanda hídrica total de esta subzona. Este caso es considerado en el proceso de revisión de expedientes para validar y complementar la información reportada.

Tabla 368. *Demanda hídrica concesionada por usuario y tipo de uso en la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña*

Uso del Agua	Usuarios Concesionados	Caudal Concesionado (l/s)
Agrícola	56	49021.491
Consumo Humano y Doméstico	33	225.34
Industrial	9	25.65
Minería	1	2.50
Pecuario	4	23.45
Sin Información	15	813.53
Total	**118**	**50111.961**

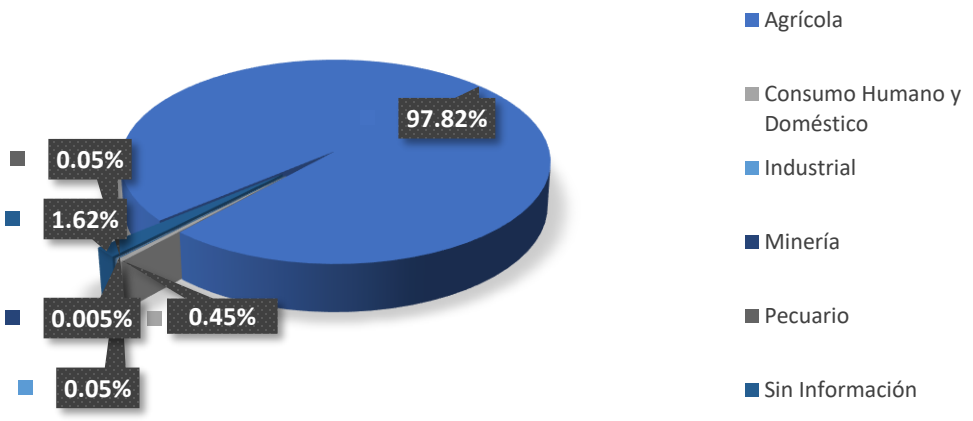


Figura 522. *Distribución porcentual de la demanda hídrica concesionada por tipo de uso en la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña*

23.1.10. Subzona Hidrográfica del río Patá

La demanda hídrica para la Subzona Hidrográfica del río Patá, según el registro de concesiones de CORTOLIMA, es de 137.4 l/s (**Tabla 369**), lo cual difiere de lo reportado en el Plan de Desarrollo Departamental (120 l/s). En cuanto al caudal concesionado, por tipo de uso de agua, es posible identificar que el 83.60% (114.87 l/s) se destina para el para uso agrícola, y el 16.40% (22.53 l/s) de la demanda hídrica restante es para el consumo humano y doméstico, el sector pecuario y el sector piscícola (**Figura 523**). El número de concesiones en las cuales no se especifica el uso del agua representan el 13.86% (19.04 l/s) de toda la información reportada para esta subzona. Este caso es

considerado en el proceso de revisión de expedientes para validar y complementar la información reportada.

Tabla 369. *Demanda hídrica concesionada por CORTOLIMA para la Subzona Hidrográfica del río Patá*

Uso del Agua	Usuarios Concesionados	Caudal Concesionado (l/s)
Agrícola	13	114.87
Consumo Humano y Doméstico	10	3.09
Pecuario	2	0.40
Piscícola	1	0.003
Sin información	5	19.04
Total	**31**	**137.40**

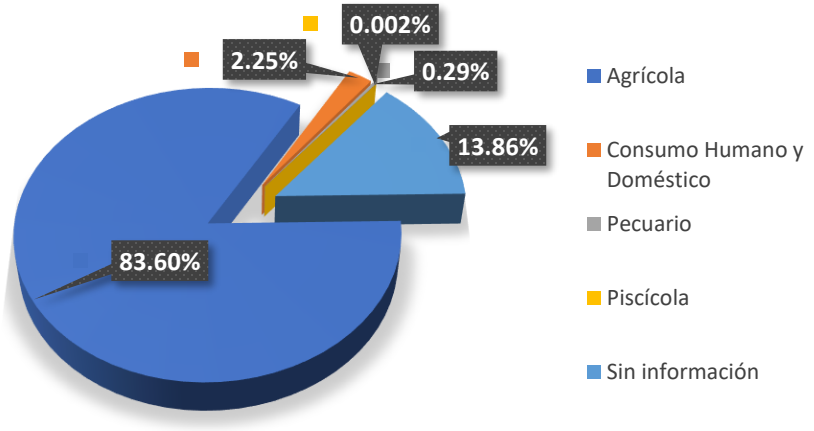


Figura 523. *Distribución porcentual de la demanda hídrica concesionada por tipo de uso, de acuerdo con CORTOLIMA, para la Subzona Hidrográfica del río Patá*

23.1.11. Subzona Hidrográfica del río Anchique

De acuerdo con los resultados obtenido del análisis de la información de las concesiones hídricas, para la Subzona Hidrográfica del río Anchique se destinan 5,839.8 l/s (**Tabla 370**), lo cual difiere de lo reportado en el Plan de Desarrollo Departamental (1,650 l/s). Como se observa en la **Tabla 370** y **Figura 524**, el sector agrícola con 3,187.79 l/s (54.6%) y el sector piscícola con 1,638.33 l/s (28.1%), son los mayores demandantes del recurso hídrico en esta subzona hidrográfica, mientras que el consumo humano y doméstico, la preservación de la flora y fauna, el sector industrial y el sector pecuario solo cubren el 11.4% (664.07 l/s) de la demanda hídrica total. Dentro de la información analizada se evidenció 5 concesiones de 0 l/s y 22 que

no especifican el uso del agua. Estos casos son considerados en el proceso de revisión de expedientes para validar y complementar la información reportada.

Tabla 370. *Demanda Hídrica concesionada para la Subzona Hidrográfica del río Anchique por usuarios y tipo de uso*

Uso del Agua	Usuarios Concesionados	Caudal Concesionado (l/s)
Agrícola	93	3187.79
Consumo Humano y Doméstico	28	351.37
Flora y Fauna	1	4
Industrial	2	65.7
Pecuario	7	243.002
Piscícola	4	1638.33
Sin Información	22	349.6
Total	**157**	**5839.792**

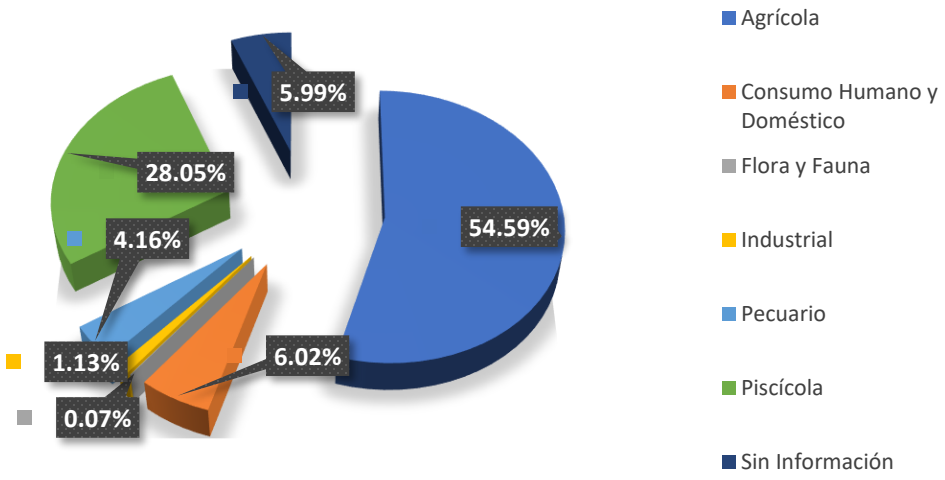


Figura 524. *Distribución porcentual de la demanda hídrica concesionada por tipo de uso en la Subzona Hidrográfica del río Anchique*

23.2. Análisis exploratorio de la Información de permisos de captación expedidos por la ANLA

De acuerdo con la información disponible en la plataforma SIG WEB – AGIL de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), en el área de estudio actualmente se encuentran 26 proyectos activos; de estos, el 77% (20) corresponden al sector de hidrocarburos, el 15% (4) al sector de energía, un 4% (1) son de infraestructura y el otro 4% (1) de minería (**Tabla 372**). En etapa de operación se evidencia el 77% del total de proyectos, en desmantelamiento y/o abandono un 15% y en construcción un 8%. Por tipo de proyecto se destaca la presencia de líneas de

transmisión de energía, infraestructura vial, transporte y conducción de hidrocarburos, así como también bloques y puntos de extracción de estos últimos (**Figura 525**).

Tabla 371. *Lista de proyectos licenciados por la ANLA en el área de estudio*

Sector	Tipo de Proyecto	Tipo	Expediente	Proyecto	Etapa
Energía	Líneas de Transmisión	Lineal	LAM0304	Línea de Interconexión Eléctrica Betania-Mirolindo	Operación
Energía	Distritos de Riego	Lineal	LAM1020	Distrito de Riego Triangulo del Tolima	Construcción
Energía	Subestaciones	Área - Lineal	LAV0016-00-2016	Subestación Tuluní 230 Kv y Las Líneas de Transmisión Asociadas - Proyecto Upme 03-2013	Operación
Energía	Líneas de Transmisión	Lineal	LAV0081-14	Estudio de Impacto Ambiental para el Proyecto: Línea de Transmisión Tesalia Alférez 230 Kv y sus módulos de conexión asociados, obras que hacen parte de la convocatoria UPME 05 – 2009	Construcción
Hidrocarburos	Transporte y Conducción	Lineal	LAM0022	Oleoducto del Valle del Magdalena Tenay Vasconia Coveñas	Operación
Hidrocarburos	Transporte y Conducción	Lineal	LAM0069	Operación y Mantenimiento del Gasoducto Centro Oriente	Operación
Hidrocarburos	Explotación	Área	LAM0093	Cpr Espinal Campo Purificación	Operación
Hidrocarburos	Exploración	Punto	LAM0108	Perforación del Pozo Guácimo 2	Operación
Hidrocarburos	Transporte y Conducción	Lineal	LAM0170	Poliducto Gualanday Natagaima (Cruce Rio Saldaña)	Operación
Hidrocarburos	Explotación	Lineal	LAM0457	Líneas de Flujo Venganza 1-Revancha 1-Ppf	Operación
Hidrocarburos	Explotación	Punto	LAM1366	Reanudación de Labores de La Asociación Tolima B. Para Los Campo Río Saldaña y Olini.	Operación
Hidrocarburos	Exploración	Área	LAM1547	Área de Perforación Exploratoria Alameda	Desmantelamiento y/o abandono
Hidrocarburos	Exploración	Área	LAM1800	Bloque de Perforación Exploratoria Chipalo	Desmantelamiento y/o abandono
Hidrocarburos	Explotación	Área	LAM2344	Establecimiento del Plan de Manejo Ambiental para El Campo Quimbaya	Operación
Hidrocarburos	Exploración	Área	LAM2796	Área de Interés de Perforación Exploratoria Estambul	Desmantelamiento y/o abandono
Hidrocarburos	Explotación	Área	LAM3328	Campo de Desarrollo Chenche	Operación
Hidrocarburos	Explotación	Área - Punto	LAM3432	Áreas de Perforación Exploratoria Guácimo	Operación

Sector	Tipo de Proyecto	Tipo	Expediente	Proyecto	Etapa
Hidrocarburos	Exploración	Área	LAM3457	Área de Perforación Exploratoria en el Sector Este del Bloque El Queso	Desmantelamiento y/o abandono
Hidrocarburos	Exploración	Lineal	LAM3717	Gasoducto Área Ortega Saldaña	Operación
Hidrocarburos	Explotación	Área	LAM3803	Bloque Andino Sur	Operación
Hidrocarburos	Exploración	Área	LAM3929	Área de Perforación Exploratoria Doima-Ortega	Operación
Hidrocarburos	Explotación	Área - Punto	LAM4878	Explotación y Desarrollo del Bloque de Asociación Tolima B	Operación
Hidrocarburos	Explotación	Área	LAM5192	Área de Explotación del Bloque Guácimo	Operación
Hidrocarburos	Exploración	Área	LAV0091-13	Áreas de Perforación Exploratoria Vsm 9 (Huila - Tolima	Operación
Infraestructura	Carreteras	Lineal	LAM3346	Proyecto Vial Variante Natagaima, Departamento del Tolima	Operación
Minería	Materiales de construcción y arcillas o minerales industriales no metálicos	Área	LAM4924	Explotación Técnica de Materiales de Construcción - Contrato de Concesión Fd2-154.	Operación

Fuente: ANLA (2021).

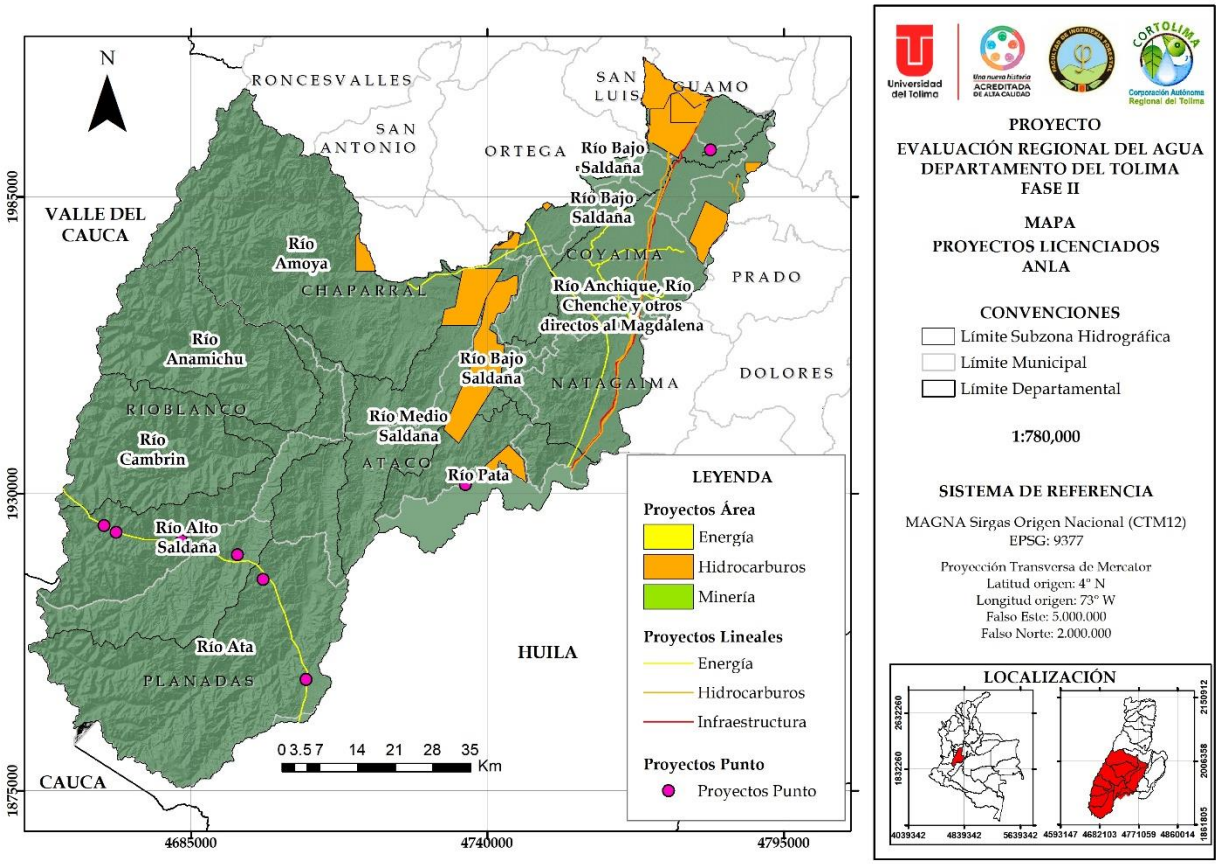


Figura 525. *Distribución de los proyectos licenciados por la ANLA en el área de estudio*

De los 26 proyectos de competencia de la ANLA relacionados en la **Tabla 371**, solo 3 de ellos cuentan con una o varias concesiones de agua las cuales se otorgaron para uso industrial (**Tabla 372**). En la **Figura 526** se presenta la distribución espacial de los puntos de captación de cada uno de estos proyectos. Se determina que del total de concesiones dadas (9), en la Subzona Hidrográfica (SZH) del río Alto Saldaña se encuentra el 67% (6) de ellas que demandan un caudal de 3.42 l/s, las demás se localizan en las SZH río Patá en un 22% (2) y Bajo Saldaña en un 11% (1) con un caudal de 10 l/s y 2.5 l/s, respectivamente (**Figura 526**). Teniendo en cuenta el nivel de detalle en que se presenta la información de estos proyectos no se consideraran dentro del proceso de revisión de expedientes.

Tabla 372. *Concesiones de agua superficial otorgados por la ANLA en el área de estudio*

Sector	Tipo Proyecto	Expediente	Proyecto	Operador	Etapa	Concesión	Uso	Subzona Hidrográfica	Fuente Hídrica
Minería	Materiales de construcción y arcillas o minerales	LAM4924	Explotación Técnica de Materiales de Construcción - Contrato de	Sociedad Concretos ARGOS S.A.S.	Operación	2.5	Industrial	Bajo Saldaña	Rio Saldaña

Sector	Tipo Proyecto	Expediente	Proyecto	Operador	Etapa	Concesión	Uso	Subzona Hidrográfica	Fuente Hídrica
	industriales no metálicos		Concesión Fd2-154.						
Energía	Líneas de Transmisión	LAV0081-14		Empresa de Energía de Bogotá - EEB	Construcción	0.57	Industrial	Alto Saldaña	Rio Herejé
Energía	Líneas de Transmisión	LAV0081-14	Estudio de Impacto Ambiental Para El Proyecto:	Empresa de Energía de Bogotá - EEB	Construcción	0.57	Industrial	Alto Saldaña	Quebrada El Bejuquero
Energía	Líneas de Transmisión	LAV0081-14	Línea De Transmisión Tesalia-	Empresa de Energía de Bogotá - EEB	Construcción	0.57	Industrial	Alto Saldaña	Rio Claro
Energía	Líneas de Transmisión	LAV0081-14	Alférez 230 Kv y sus módulos de conexión asociados, obras que	Empresa de Energía de Bogotá - EEB	Construcción	0.57	Industrial	Alto Saldaña	Quebrada El Triunfo
Energía	Líneas de Transmisión	LAV0081-14	hacen parte de la convocatoria UPME 05 – 2009z	Empresa de Energía de Bogotá - EEB	Construcción	0.57	Industrial	Alto Saldaña	Rio Siquila
Energía	Líneas de Transmisión	LAV0081-14		Empresa de Energía de Bogotá - EEB	Construcción	0.57	Industrial	Alto Saldaña	Quebrada Montalvo
Hidrocarburos	Exploración	LAV0091-13	Áreas de Perforación Exploratoria Vsm 9 (Huila - Tolima)	HOCOL S.A.	Operación	5	Industrial	Patá	Río Patá
Hidrocarburos	Exploración	LAV0091-13	Áreas de Perforación Exploratoria Vsm 9 (Huila - Tolima)	HOCOL S.A.	Operación	5	Industrial	Patá	Río Patá

Fuente: ANLA (2021).

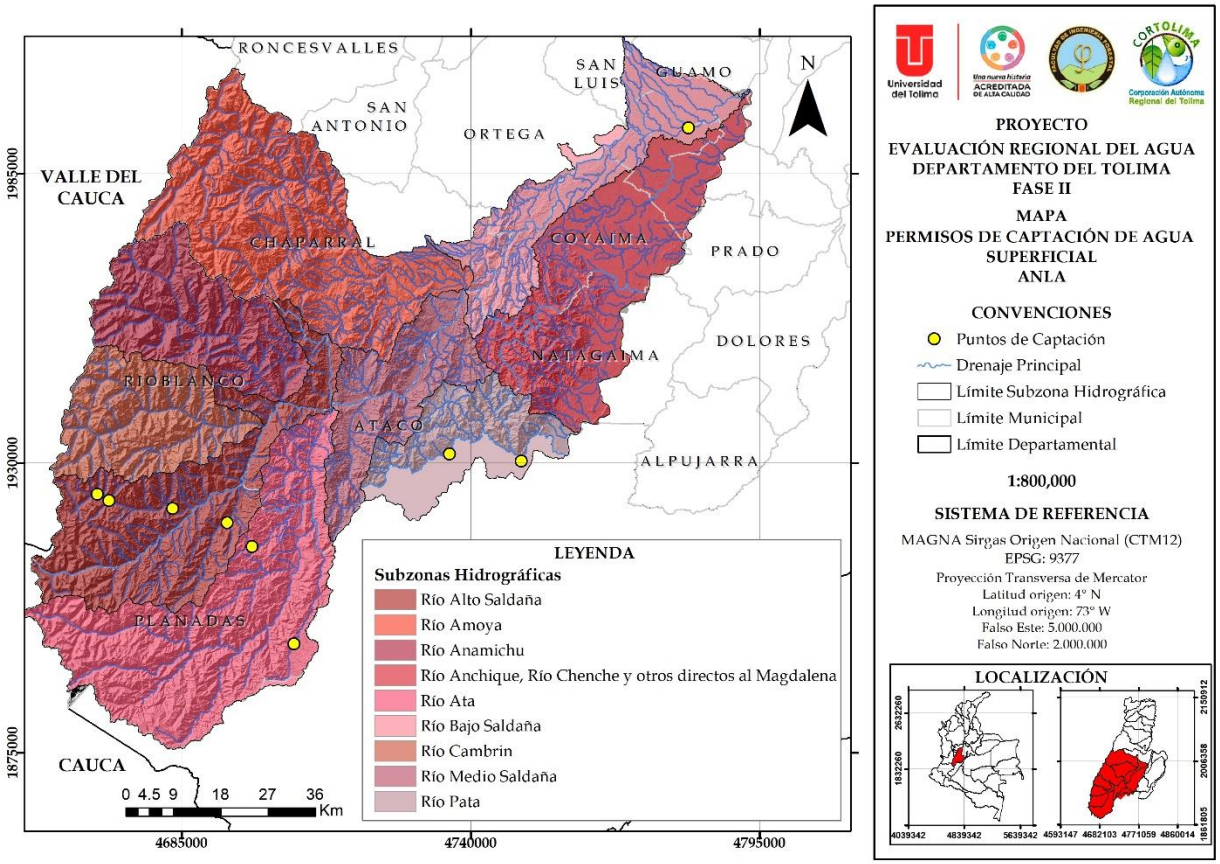


Figura 526. *Distribución de los permisos de captación otorgados por la ANLA en el área de estudio*

23.3. Revisión de expedientes

Teniendo en cuenta los resultados del análisis exploratorio de la información de concesiones hídricas, reportadas por la Corporación Autónoma Regional del Tolima (CORTOLIMA) en sus bases de datos (subsección 23.1.1), en este apartado se presentan los resultados del proceso de revisión de expedientes de concesiones hídricas, de las cuales se había encontrado vacíos e inconsistencias en la información reportada referente al caudal concesionado, la georreferenciación del punto de captación y usos del agua concesionada. Dado que no todos los expedientes fueron localizados en la Sede Centro de CORTOLIMA, ya sea por préstamo o inexistencia de estos, se requirió hacer la consulta de resoluciones otorgantes de concesiones hídricas reportadas en la página web de la corporación que se encuentra en el siguiente enlace: https://cortolima.gov.co/resoluciones-cortolima.

A continuación, se presenta el análisis general de la información recopilada:

23.3.1. Análisis general de resultados

Tras el proceso de revisión de expedientes se logra evidenciar un cambio del 19.53% de la información inicialmente registrada en la base de datos de concesiones hídricas por Subzona Hidrográfica. El principal cambio observado es la reducción del número de registros reportados inicialmente, los cuales obedecen al archivo del 86.72% de estos y la eliminación del 13.28% por parte de CORTOLIMA tal como se indicaba en su estado reportado. Lo anterior puede notarse en las Subzonas Hidrográficas de los ríos Bajo Saldaña, Anchique, Amoyá, Pata y Atá, en un 38.21%, 26.22%, 16.09%, 15.15%, 11.54% y 4.17%, respectivamente. El incremento en el número de concesiones solo se presenta en la Subzona Hidrográfica Medio Saldaña con el 5%. En total son 443 concesiones hídricas localizadas en el área de estudio, no se ha logrado determinar la SZH de 138 concesiones hídricas que representa el 11.54% de los datos (**Tabla 373**).

Tabla 373. *Cambios en el número de concesiones hídricas por Subzona Hidrográfica tras revisión de expedientes*

Subzona Hidrográfica	Registro actual	Registro anterior	% Cambio*
Alto Saldaña	17	17	0.00
Bajo Saldaña	76	123	-38.21
Medio Saldaña	21	20	5.00
Rio Amoya	146	174	-16.09
Rio Anamichu	8	8	0.00
Río Anchique, Río Chenche y Otros directos al Magdalena	121	164	-26.22
Rio Ata	23	24	-4.17
Rio Cambrin	3	3	0.00
Rio Pata	28	33	-15.15
Sin especificar	138	156	-11.54
Total	**581**	**722**	**-19.53**

* Los valores negativos indican las disminuciones de la demanda hídrica que se prevén para el 2032 mientras que los valores positivos señalan los incrementos de esta.

Los resultados por criterio evaluado fueron los siguientes:

- **Caudal total concesionado**:

Del total de puntos de captación evaluados, solo en el 3.84% (27) de los datos se realiza cambio del volumen de agua concesionado o captado de las fuentes hídricas superficiales. No se considera el caudal de 134 concesiones hídricas puesto que se evidencia que el 15.77% (111) se encuentran archivadas, el 2,41% (17) son registros que fueron eliminados por parte de la CORTOLIMA y no hacen parte del cobro de tasa por uso del agua, y por otro lado, el 0.85% (6) corresponden a concesiones repetidas en la misma base de datos (**Figura 527**).

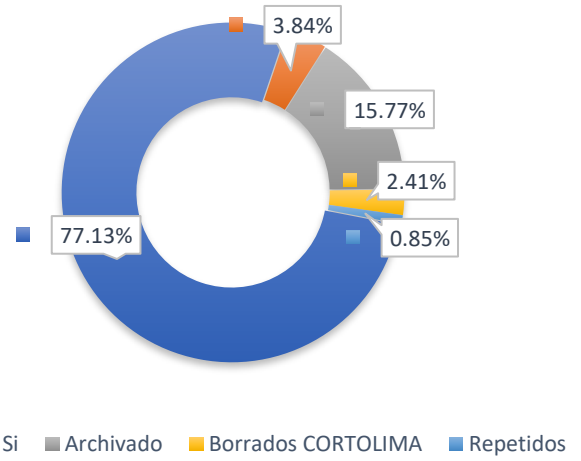


Figura 527. *Cambios registrados en el caudal concesionado*

- **Uso del agua con su respectivo caudal**:

Solo el 5.66% (30) de las concesiones hídricas evaluadas presentan un cambio en el tipo de uso de agua asignado al recurso hídrico. Las concesiones archivadas, eliminadas por CORTOLIMA, con registros repetidos, representan el 24.7%% del total de los datos (**Figura 528**).

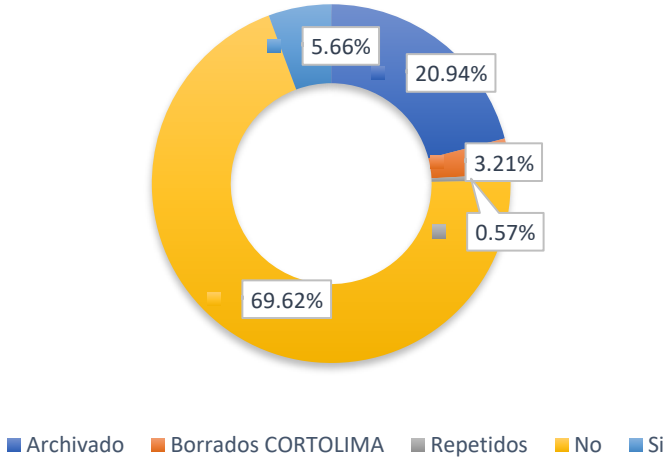


Figura 528. *Cambios registrados en el uso de agua asignado*

- **Fuente hídrica de abastecimiento**:

No se evidencian cambios en la fuente hídrica de captación en el 78.16% de las concesiones hídricas. Estos únicamente se realizan para 20 registros que representan

el 2.84%. De acuerdo con lo observado, 111 (15,74) concesiones hídricas se encuentran archivadas, 17 son registros eliminados por CORTOLIMA y 6 concesiones están repetidas en la base de datos (**Figura 529**).

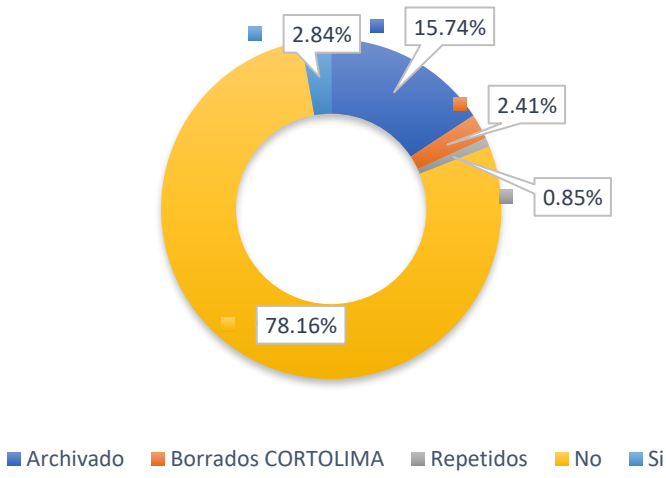


***Figura 529**. Cambios registrados en la fuente hídrica de abastecimiento*

- **Georreferenciación del punto de captación**:

Se observan cambios en el 9.86% (71) de los datos evaluados. Del 18.61% (134) reportado se observa que el 15.43% (111) corresponden a concesiones hídricas archivada, 2.36% (17) son registros eliminados por parte de CORTOLIMA y que no son objeto del cobro de la tasa por uso del agua, mientras que el 0.83% restante conciernen a concesiones repetidas en la base de datos compilada (**Figura 530**).

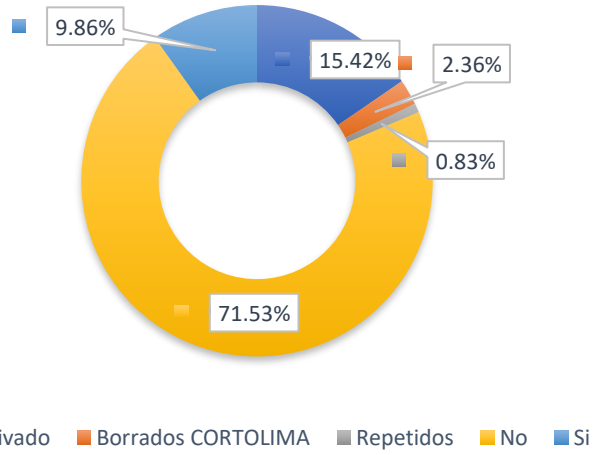


***Figura 530.** Cambios registrados en la georreferenciación del punto de captación*

24. Demanda Hídrica Superficial

24.1. Subzona Hidrográfica del río Atá

La demanda hídrica total para la Subzona Hidrográfica del río Atá se estima en 149.54 l/s, si bien, el caudal concesionado en las resoluciones otorgadas por la autoridad ambiental estipula un uso específico del mismo, en ocasiones este uso es combinado (más de un uso específico) en una misma captación; por tanto, al momento de definir los tipos de uso de caudales concesionados, fue necesario contemplar las posibles combinaciones o usos múltiples del recurso (Tabla 374). En las siguientes subsecciones se caracterizará la demanda de esta Subzona Hidrográfica por cada tipo de uso de agua.

Tabla 374. Caudal concesionado por tipo de uso en la Subzona Hidrográfica del río Atá

Tipo de Uso	Usuarios	Caudal concesionado (l/s)	Caudal Concesionado (Mm³/año)
Agrícola - Consumo Humano y Doméstico	1	3.00	0.09
Agrícola - Consumo Humano y Doméstico - Pecuario - Piscícola	1	6.37	0.20
Agrícola - Consumo Humano y Doméstico - Piscícola	1	1.01	0.03
Consumo Humano y Doméstico	16	127.22	4.01
Industrial	2	1.14	0.04
Pecuario	2	3.00	0.09
Piscícola	2	7.80	0.25
Total	**25**	**149.54**	**4.72**

En la Tabla 375 se presenta la distribución del caudal concesionado por fuente hídrica abastecedora en la Subzona Hidrográfica del río Atá. Se determina que la demanda hídrica se concentra principalmente en la quebrada San Pablo con el 45.10% (67.44 l/s) y el río Atá con el 32.97% (49.30 l/s), las demás fuentes hídricas solo suplen el 21.93% (32.80 l/s) de la demanda hídrica total en esta subzona hidrográfica.

Tabla 375. Caudal concesionado por fuente hídrica abastecedora en la Subzona Hidrográfica del río Atá

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Caudal concesionado (l/s)	Caudal concesionado (Mm³/año)	%
2202	Río Atá	49.30	1.55	32.97
2202.11	Quebrada San Pablo	67.44	2.13	45.10
2202.12	Quebrada El Quebradon	4.00	0.13	2.67
2202.13	Quebrada Las Palomas	6.01	0.19	4.02
2202.19	Río Claro	2.50	0.08	1.67
2202.22	Quebrada Aguadulce	2.00	0.06	1.34
2202.3	Quebrada Barranca	1.55	0.05	1.04

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Caudal concesionado (l/s)	Caudal concesionado (Mm³/año)	%
2202.9	Quebrada Montalvo	12.19	0.38	8.15
2202.9.5	Quebrada Colorada	4.55	0.14	3.04
Total		**149.54**	**4.72**	**100**

El equipo técnico de la ERA definió 15 Unidades Hidrológicas de Análisis (UHA) para esta Subzona Hidrográfica (**Figura 531**). Para lograr distribuir esta demanda hídrica por cada UHA se consideró la demanda hídrica asignada por cada fuente hídrica abastecedora y la localización del punto de captación de las concesiones (por coordenadas o por veredas, según el caso). En la **Tabla 376** se presenta la distribución de la demanda hídrica total por fuente hídrica abastecedora en cada UHA definida en la Subzona Hidrográfica del río Atá.

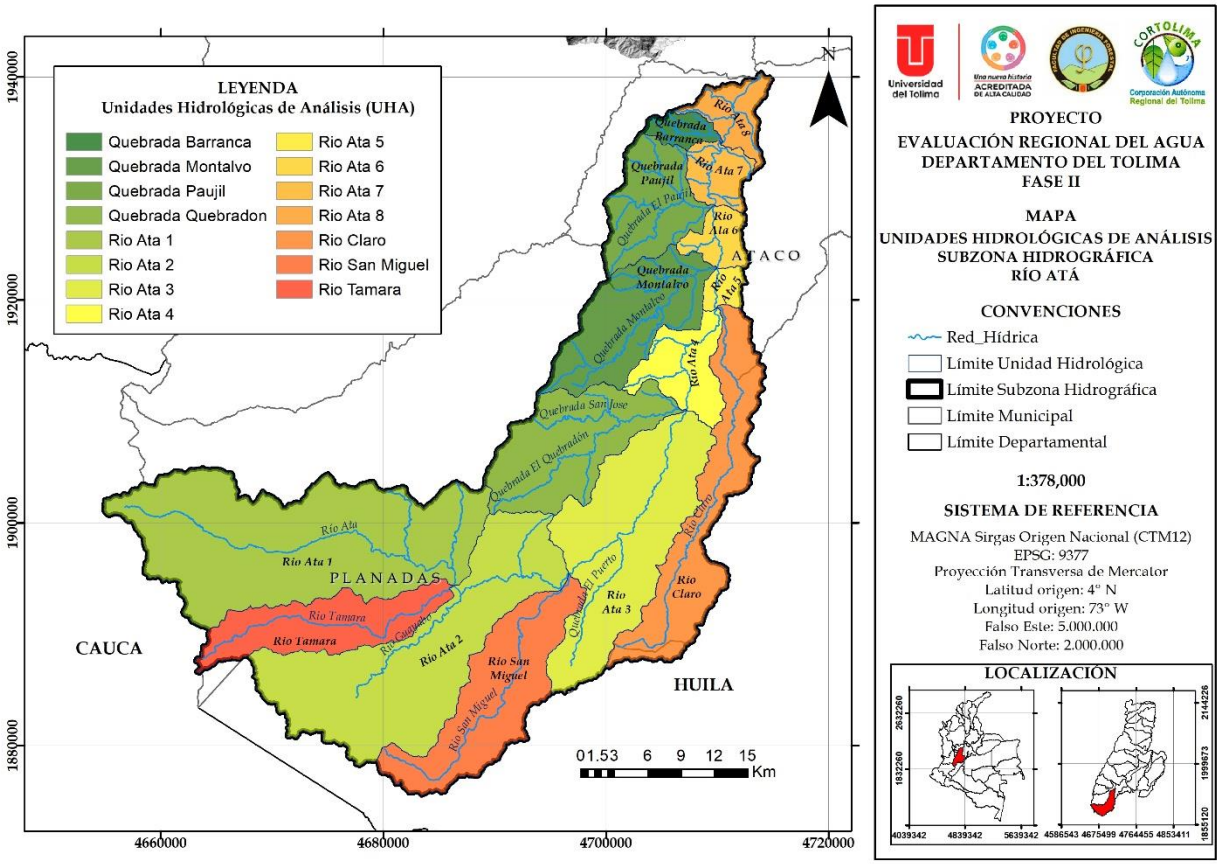


Figura 531. *Unidades Hidrológicas de Análisis (UHA) definidas para la Subzona Hidrográfica del río Atá*

Tabla 376. *Distribución de la demanda hídrica total por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Atá*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Total (l/s)	UHA DH Total (l/s)	UHA DH Total (Mm³/año)	% DH Total
Quebrada Barranca	2202.3	Quebrada Barranca	1.55	1.55	0.05	1.04
Quebrada Montalvo	2202.9.5	Quebrada Colorada	4.55	16.74	0.53	11.19
	2202.9	Quebrada Montalvo	12.19			
Quebrada Quebradon	2202.12	Quebrada El Quebradon	4.00	4.00	0.13	2.67
Rio Ata 2	2202	Río Atá	0.68	6.69	0.21	4.47
	2202.13	Quebrada Las Palomas	6.01			
Rio Ata 3	2202	Río Atá	41.65	41.65	1.31	27.85
Rio Ata 4	2202.11	Quebrada San Pablo	67.44	67.44	2.13	45.10
Rio Ata 6	2202	Río Atá	1.79	1.79	0.06	1.20
Rio Ata 7	2202	Río Atá	5.19	5.19	0.16	3.47
Rio Ata 8	2202.22	Quebrada Aguadulce	2.00	2.00	0.06	1.34
Rio Claro	2202.19	Río Claro	2.50	2.50	0.08	1.67
	Total		**149.54**	**149.54**	**4.72**	**100**

Se determinó que la demanda hídrica se concentra principalmente en la UHA Rio Ata 4 con el 45.10% (67.44 l/s), seguido por la UHA Río Ata 3 con el 27.85% (41.65 l/s) y la quebrada Montalvo con 11.19% (16.74 l/s); las demás fuentes hídricas cubren solo el 15.86% (23.72 l/s) de la demanda hídrica total en esta subzona hidrográfica en donde las UHA Río Atá 2, Río Atá 7 y quebrada Quebradon participan con el 4.47% (6.69 l/s), 3.47% (5.19 l/s) y 2.67% (4 l/s), respectivamente. (**Tabla 376**). En la **Figura 532** se presenta la distribución de la demanda hídrica total por Unidad Hidrológica de Análisis (UHA) en la Subzona Hidrográfica del río Atá. Las categorías y colores presentados corresponden a los sugeridos por IDEAM (2013). Como se puede observar la demanda hídrica de Subzona no ejerce mayor presión sobre el recurso.

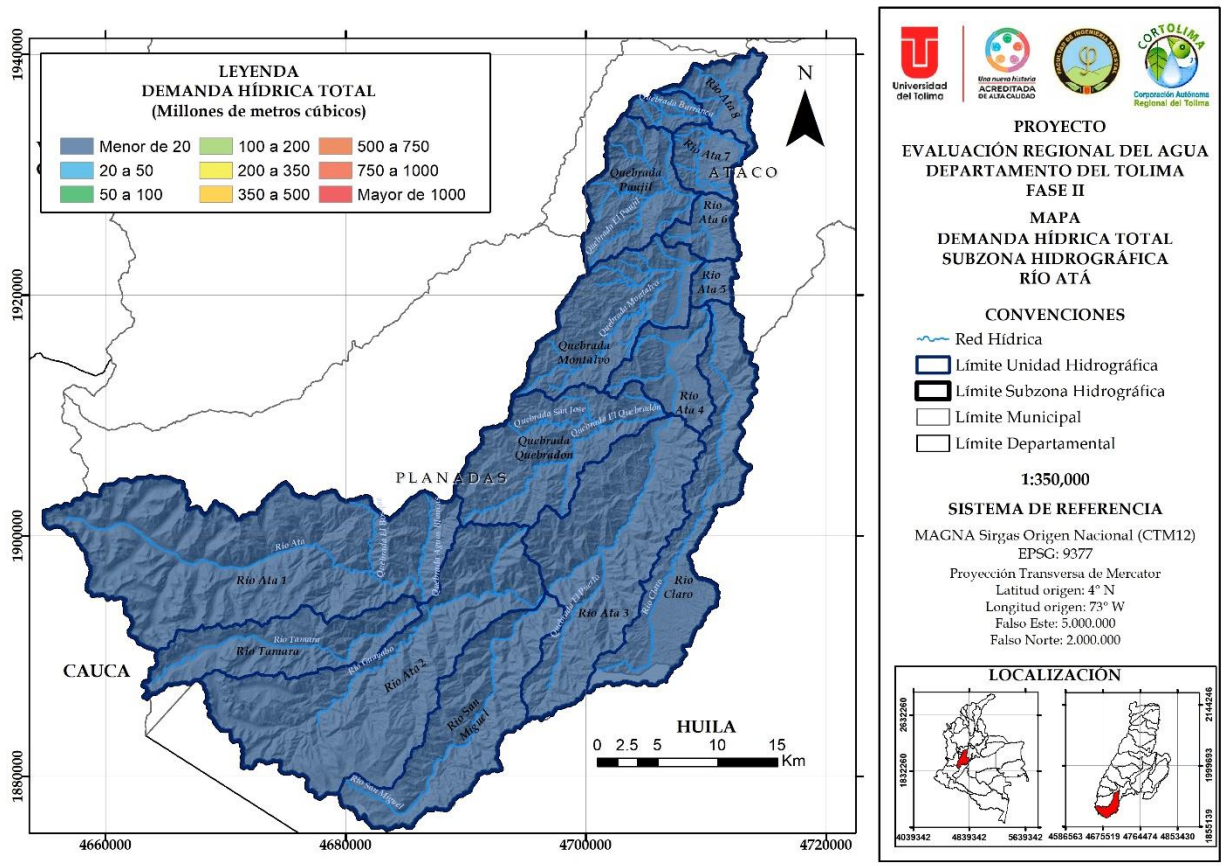


Figura 532. *Distribución de la demanda hídrica total en la Subzona Hidrográfica del río Atá*

24.1.1. Uso Agrícola

Teniendo en cuenta los usos considerados en el Decreto 3930 de 2010, según los lineamientos del IDEAM (2013) y los establecidos en el Decreto 1155 del 7 de julio de 2017 para efectos de la liquidación de la Tasa por Uso (TUA), dentro de este sector se reúnen los usos denominados por la Tasa por Uso como Agrícola (Riego y Silvicultura) y Riego – Distritos.

De acuerdo con la **Tabla 377** la demanda hídrica del sector agrícola para la Subzona Hidrográfica del río Atá corresponde a 3.34 l/s, la cual está localizada principalmente en las fuentes hídricas río Atá y quebrada San Pablo con el 44.97% (1.50 l/s), correspondiente a dos concesiones de las Juntas de Acción Comunal de la vereda San Isidro y San Pablo. En la quebrada Colorada se encuentra el 10.06% (0.34 l/s) de la demanda hídrica restante que pertenece a la concesión del señor Rodrigo Duran Castañeda propietario del predio Aguas Lindas en la vereda La Colorada de Planadas Tolima.

Tabla 377. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Agrícola en la Subzona Hidrográfica del río Atá*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Agrícola (l/s)	DH. Agrícola (Mm³/año)	%
2202	Río Atá	1	1.50	0.05	44.97
2202.11	Quebrada San Pablo	1	1.50	0.05	44.97
2202.9.5	Quebrada Colorada	1	0.34	0.01	10.06
Total		**3**	**3.34**	**0.11**	**100**

La distribución del anterior caudal por UHA se presenta en la **Tabla 378**. Como se puede observar la demanda hídrica del sector agrícola de esta Subzona Hidrográfica se distribuye en tres UHA, en donde la UHA Rio Ata 3 y Rio Ata 4 son la de mayor participación con el 45% cada una. La demanda agrícola de esta Subzona Hidrográfica representa el 2.23% de la demanda hídrica total de esta subzona (149.54 l/s), respectivamente. En la **Figura 533** se muestra la distribución espacial de los volúmenes de agua demandados para uso agrícola en cada UHA. Se identifica una baja presión de la demanda del sector agrícola sobre el recurso hídrico en esta Subzona Hidrográfica

Tabla 378. *Distribución de la demanda hídrica Agrícola por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Atá*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Agrícola (l/s)	UHA DH Agrícola (l/s)	UHA DH Agrícola (Mm³/año)	% DH Sector Agrícola SZH	% DH Total SZH
Quebrada Montalvo	2202.9.5	Quebrada Colorada	0.34	0.34	0.01	10.06	0.22
Rio Ata 3	2202	Río Atá	1.50	1.50	0.05	44.97	1.00
Rio Ata 4	2202.11	Quebrada San Pablo	1.50	1.50	0.05	44.97	1.00
	Total		**3.34**	**3.34**	**0.11**	**100**	**2.23**

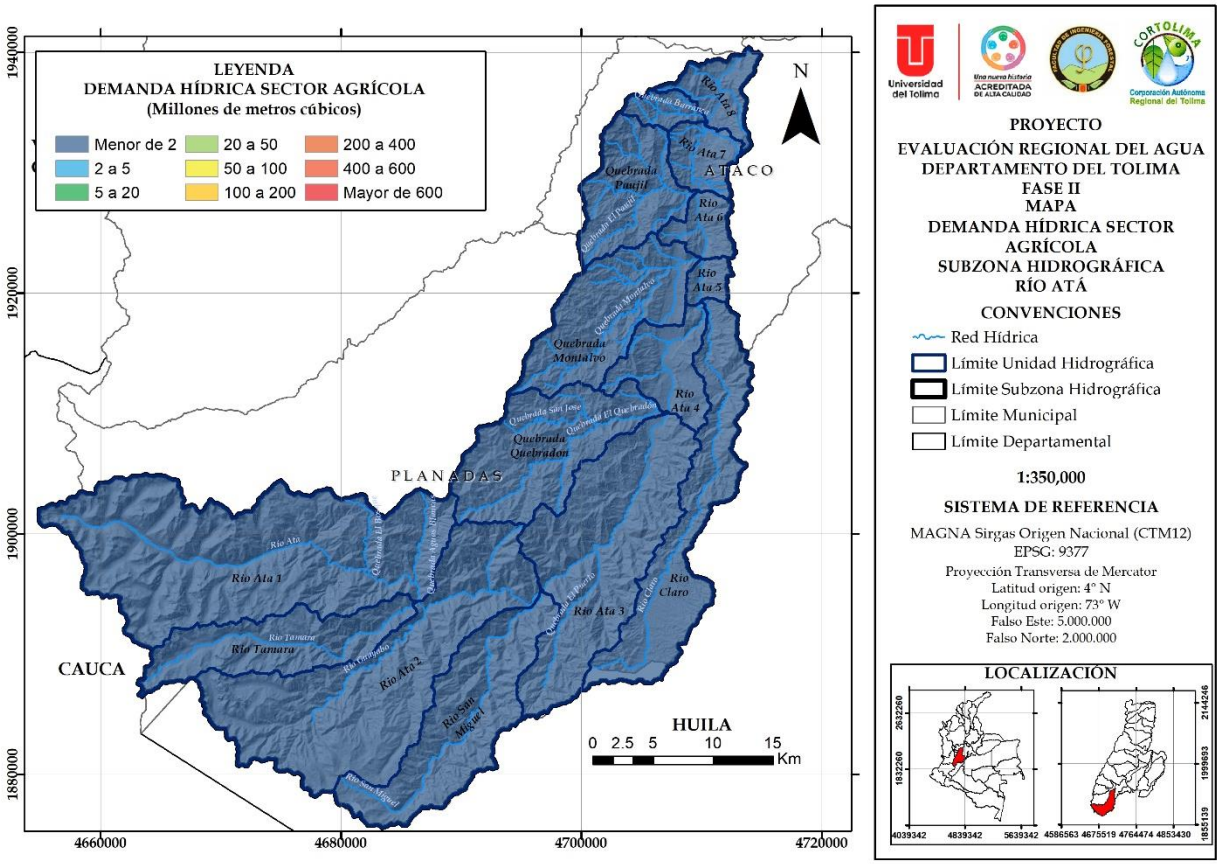


Figura 533. *Distribución de la demanda hídrica para uso Agrícola en la Subzona Hidrográfica del río Atá*

24.1.2. Uso Consumo Humano y Doméstico

La demanda de sector corresponde a los usos denominados en la TUA bajo Decreto 1155 del 7 de julio de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible como: Doméstico, Consumo Humano y Acueductos. Se estima que para la Subzona Hidrográfica del río Atá la demanda para Consumo Humano y Doméstico corresponde a 130.96 l/s distribuida en 19 usuarios cuyo principal demandante es el acueducto del Municipio de Planadas con 64 l/s, seguido por la Asociación de Usuarios del Acueducto Rural de Gaitania que demanda 29 l/s. De acuerdo con el volumen de agua concesionado, las fuentes hídricas con mayores demandas de caudal corresponden a: en primer lugar, la quebrada San Pablo con el 50.35% (65.94 l/s), y en según lugar, el río Atá con el 32.87% (43.04 l/s) (**Tabla 379**).

Tabla 379. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para Consumo Humano y Doméstico en la Subzona Hidrográfica del río Atá*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Consumo Humano y Doméstico (l/s)	DH. Consumo Humano y Doméstico (Mm³/año)	%
2202	Río Atá	8	43.04	1.36	32.87%
2202.11	Quebrada San Pablo	2	65.94	2.08	50.35
2202.12	Quebrada El Quebradon	1	4.00	0.13	3.05
2202.19	Río Claro	1	1.93	0.06	1.47
2202.22	Quebrada Aguadulce	1	2.00	0.06	1.53
2202.3	Quebrada Barranca	1	1.55	0.05	1.18
2202.9	Quebrada Montalvo	3	11.62	0.37	8.87
2202.9.5	Quebrada Colorada	2	0.88	0.03	0.67
Total		**19**	**130.96**	**4.13**	**100**

En relación con las UHA donde se concentra la mayor demanda hídrica del consumo humano y doméstico en esta Subzona Hidrográfica, a partir de la **Tabla 380** se puede deducir que corresponden al Rio Ata 3 y Rio Ata 4, en donde se registran demandas de 37.18 l/s (24.86%) y 65.94 l/s (44.10%). La **Figura 534** señala una baja presión de la demanda hídrica del consumo humano y doméstico sobre el recurso hídrico de la Subzona Hidrográfica del río Atá

Tabla 380. *Distribución de la demanda hídrica del Consumo Humano y Doméstico por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Atá*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH CH Doméstico (l/s)	UHA DH CH Doméstico (l/s)	UHA DH CH Doméstico (Mm³/año)	% DH Sector CH Doméstico SZH	% DH Total SZH
Quebrada Barranca	2202.3	Quebrada Barranca	1.55	1.55	0.05	1.18	1.04
Quebrada Montalvo	2202.9.5	Quebrada Colorada	0.88	12.50	0.39	9.54	8.36
	2202.9	Quebrada Montalvo	11.62				
Quebrada Quebradon	2202.12	Quebrada El Quebradon	4.00	4.00	0.13	3.05	2.67
Rio Ata 2	2202	Río Atá	0.68	0.68	0.02	0.52	0.45
	2202.13	Quebrada Las Palomas	0.00				
Rio Ata 3	2202	Río Atá	37.18	37.18	1.17	28.39	24.86
Rio Ata 4	2202.11	Quebrada San Pablo	65.94	65.94	2.08	50.35	44.10
Rio Ata 7	2202	Río Atá	5.19	5.19	0.16	3.96	3.47
Rio Ata 8	2202.22	Quebrada Aguadulce	2.00	2.00	0.06	1.53	1.34
Rio Claro	2202.19	Río Claro	1.93	1.93	0.06	1.47	1.29
Total			**130.96**	**130.96**	**4.13**	**100**	**87.57**

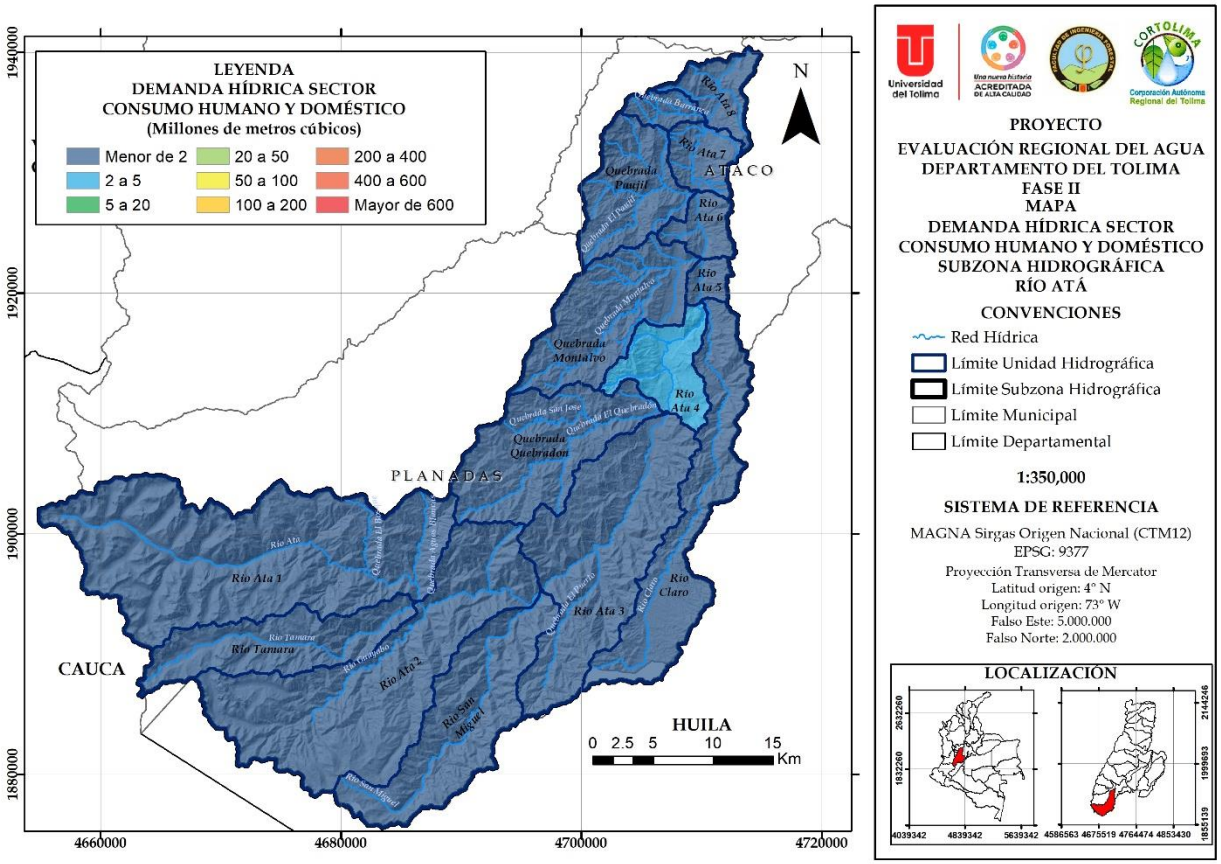


Figura 534. *Distribución de la demanda hídrica para Consumo Humano y Doméstico en la Subzona Hidrográfica del río Atá*

24.1.3. Uso Industrial

En la Subzona Hidrográfica del río Atá para el sector industrial actualmente se demanda un total de 1.14 l/s, localizada en las fuentes hídricas río Claro y la quebrada Montalvo, en el 50% cada una (0.57 l/s) (**Tabla 381**). La demanda de este sector es realizada por la Empresa de Energía de Bogotá S.A E.S.P quien utiliza el recurso hídrico para el proyecto Línea de transmisión 230 kV. Tesalia – Alférez.

Tabla 381. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Industrial en la Subzona Hidrográfica del río Atá*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Industrial (l/s)	DH. Industrial (Mm³/año)	%
2202.19	Río Claro	1	0.57	0.02	50
2202.9	Quebrada Montalvo	1	0.57	0.02	50
Total		**2**	**1.14**	**0.04**	**100**

De acuerdo con la **Tabla 382** las UHA en donde se localiza la demanda de agua con fines de uso industrial en la Subzona Hidrográfica del río Atá son la Quebrada Montalvo y Rio Claro, cuyo volumen de agua demandado representa el 0.76% de la demanda hídrica total de la Subzona. La representación espacial de la demanda hídrica industrial en las UHA de la Subzona Hidrográfica del río Atá se presenta en la **Figura 535**. Se evidencia que el grado de presión de la demanda de agua industrial en todas las UHA de esta subzona es muy bajo no superándose 2 Mm³/año.

Tabla 382. *Distribución de la demanda hídrica para uso Industrial por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Atá*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Industrial (l/s)	UHA DH Industrial (l/s)	UHA DH Industrial (Mm³/año)	% DH Sector Industrial SZH	% DH Total SZH
Quebrada Montalvo	**2202.9**	Quebrada Montalvo	0.57	0.57	0.02	50.00	0.38
Rio Claro	**2202.19**	Río Claro	0.57	0.57	0.02	50.00	0.38
	Total		**1.14**	**1.14**	**0.04**	**100**	**0.76**

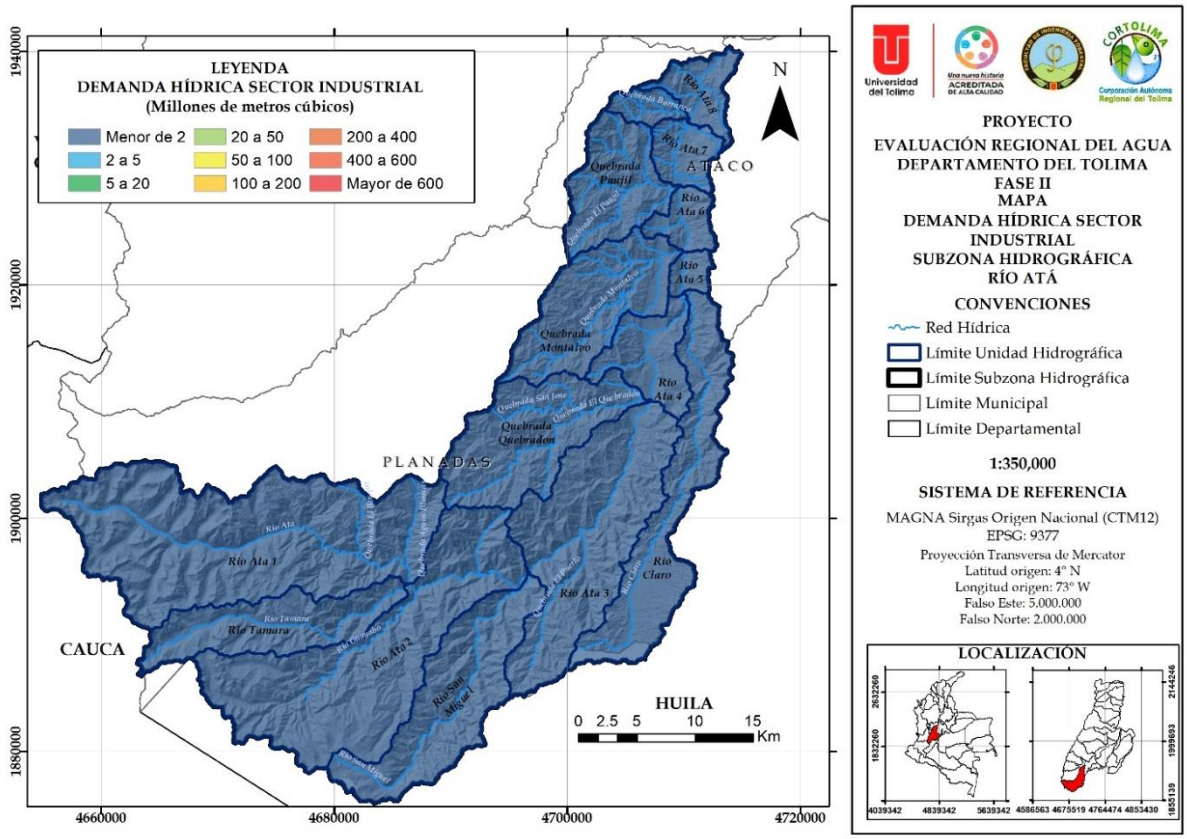


Figura 535. *Distribución de la demanda hídrica para uso Industrial en la Subzona Hidrográfica del río Atá*

24.1.4. Uso Pecuario

La demanda de este sector corresponde a los usos denominados en la TUA bajo Decreto 1155 del 7 de julio de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible como: Abrevaderos y Pecuario. En la Subzona Hidrográfica del río Atá se demandan un total de 3.67 l/s, de los cuales el 81.74% (3 l/s) corresponden a la quebrada Colorada (**Tabla 383**). El señor Dagoberto Olave Bermúdez es el mayor demandante en esta fuente hídrica abastecedora con una concesión de 2.28 l/s.

Tabla 383. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Pecuario en la Subzona Hidrográfica del río Atá*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Pecuario (l/s)	DH. Pecuario (Mm³/año)	%
2202	Río Atá	1	0.67	0.02	18.26
2202.9.5	Quebrada Colorada	2	3.00	0.09	81.74
Total		**3**	**3.67**	**0.12**	**100**

Por Unidad Hidrológica de Análisis (UHA) se observa que la mayor presión del recurso hídrico por el sector pecuario se centra en la UHA Quebrada Montalvo la cual integra el 81.74% (3 l/s) de la demanda hídrica pecuaria de esta Subzona Hidrográfica. En la **Figura 536** se puede evidenciar la baja presión de esta demanda sobre el recurso hídrico de la Subzona.

Tabla 384. *Distribución de la demanda hídrica para uso Pecuario por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Atá*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Pecuario (l/s)	UHA DH Pecuario (l/s)	UHA DH Pecuario (Mm³/año)	% DH Sector Pecuario SZH	% DH Total SZH
Quebrada Montalvo	2202.9.5	Quebrada Colorada	3.00	3.00	0.09	81.74	2.01
Rio Ata 3	2202	Río Atá	0.67	0.67	0.02	18.26	0.45
	Total		**3.67**	**3.67**	**0.12**	**100**	**2.45**

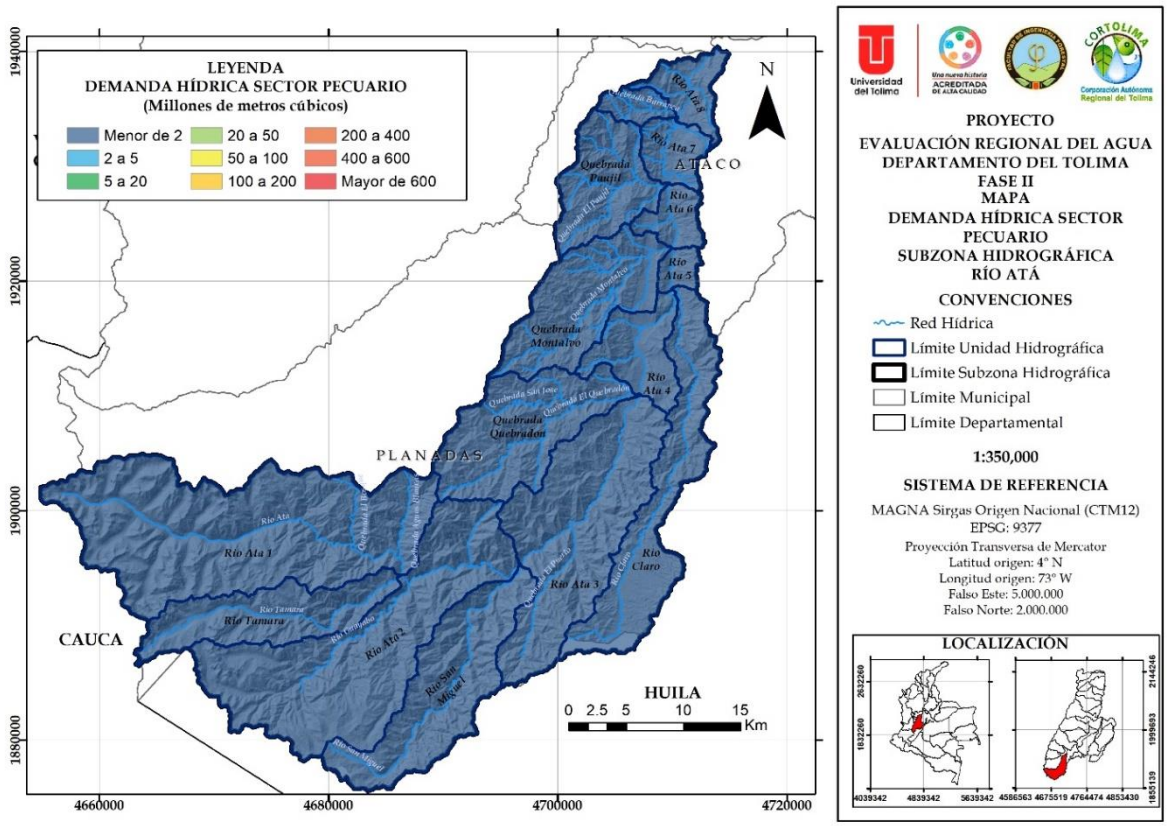


Figura 536. *Distribución de la demanda hídrica para uso Pecuario en la Subzona Hidrográfica del río Atá*

24.1.5. Uso Piscícola

En la Subzona Hidrográfica del río Atá la demanda para uso piscícola corresponde a 10.44 l/s, correspondiente a la categoría de uso Acuícultura y Pesca de la TUA según Decreto 1155 del 7 de julio de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. La fuente hídrica abastecedora donde se concentra la mayor demanda, con un 58%, corresponde a la quebrada La Palomas con 6.01 l/s la cual se relaciona a una concesión otorgada al Resguardo Indígena Wesx (**Tabla 385**).

Tabla 385. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Piscícola en la Subzona Hidrográfica del río Atá*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Piscícola (l/s)	DH. Piscícola (Mm³/año)	%
2202	Río Atá	2	4.09	0.13	39.19
2202.13	Quebrada Las Palomas	1	6.01	0.19	57.59
2202.9.5	Quebrada Colorada	1	0.34	0.01	3.21
Total		**4**	**10.44**	**0.33**	**100**

En relación con las UHA, la demanda del sector piscícola se localiza principalmente en las UHA Rio Ata 2 y Rio Ata 3 con 6.01 l/s y 2.30 l/s, respectivamente, correspondientes al 58% y 22% de la demanda hídrica total de este sector en la Subzona Hidrográfica del río Atá. La **Figura 537** permite identificar espacialmente que, en general, la presión por el uso del agua ejercida por el sector piscícola de la zona es relativamente baja con valores inferiores a 2 Mm^3/año.

Tabla 386. *Distribución de la demanda hídrica para uso Piscícola por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Atá*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Piscícola (l/s)	UHA DH Piscícola (l/s)	UHA DH Piscícola (Mm^3/año)	% DH Sector Piscícola SZH	% DH Total SZH
Quebrada Montalvo	2202.9.5	Quebrada Colorada	0.34	0.34	0.01	3.21	0.22
Rio Ata 2	2202.13	Quebrada Las Palomas	6.01	6.01	0.19	57.59	4.02
Rio Ata 3	2202	Río Atá	2.30	2.30	0.07	22.04	1.54
Rio Ata 6	2202	Río Atá	1.79	1.79	0.06	17.15	1.20
	Total		**10.44**	**10.44**	**0.33**	**100**	**6.98**

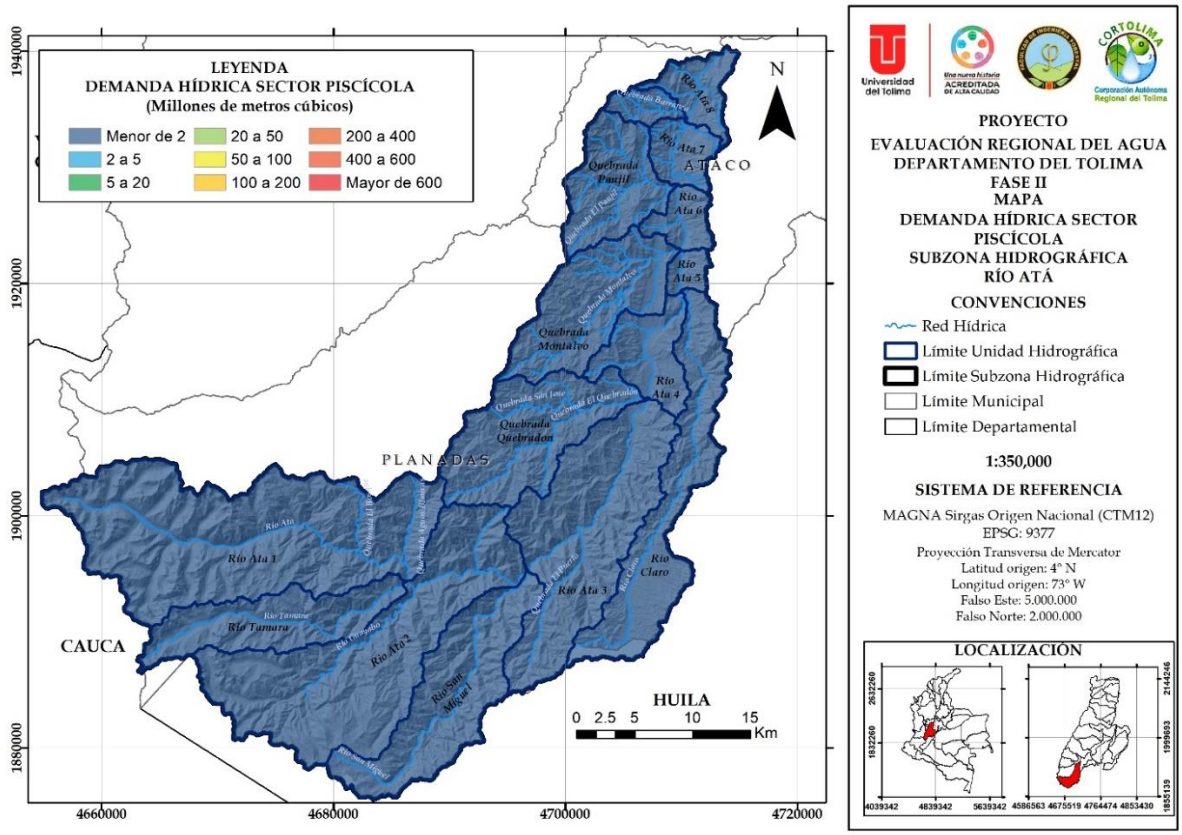


Figura 537. *Distribución de la demanda hídrica para uso Piscícola en la Subzona Hidrográfica del río Atá*

24.2. Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña

La demanda hídrica total para la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña se estima en 98.69 l/s, si bien, el caudal concesionado en las resoluciones otorgadas por la autoridad ambiental estipula un uso específico del mismo, en ocasiones este uso es combinado (más de un uso específico) en una misma captación; por tanto, al momento de definir los tipos de uso de caudales concesionados, fue necesario contemplar las posibles combinaciones o usos múltiples del recurso (**Tabla 387**). En las siguientes secciones se caracterizará la demanda de esta Subzona Hidrográfica por cada tipo de uso de agua.

Tabla 387. *Caudal concesionado por tipo de uso en la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña*

Tipo de Uso	Usuarios	Caudal concesionado (l/s)	Caudal Concesionado (Mm³/año)
Agrícola - Consumo Humano y Doméstico	2.00	11.29	0.36
Consumo Humano y Doméstico	12.00	42.78	1.35
Consumo Humano y Doméstico - Pecuario	1.00	0.02	0.00
Industrial	5.00	2.48	0.08
Piscícola	1.00	42.12	1.33
Total	**21.00**	**98.69**	**3.11**

En la **Tabla 388** se presenta la distribución de la demanda hídrica total por fuente hídrica abastecedora de la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña. Se determina que la demanda hídrica se concentra principalmente en la quebrada El Purgatorio con el 42.68% (42.12 l/s), seguido por la quebrada La Cristalina con el 20.34% (20.07 l/s) y la quebrada El Guayabo en un 15.02% (29 l/s), el resto de las fuentes hídricas que suplen esta demanda representan el 21.967% que corresponde a 21.67 l/s.

Tabla 388. *Caudal concesionado por fuente hídrica abastecedora en la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Caudal concesionado (l/s)	Caudal concesionado (Mm³/año)	%
2201-01.1	Río Mendarco	0.20	0.01	0.20
2201-01.12	Quebrada El Guayabo	14.82	0.47	15.02
2201-01.13	Río Hereje	0.58	0.02	0.59
2201-01.13.5	Quebrada El Bejuquero	0.57	0.02	0.58
2201-01.13.6	Quebrada El Purgatorio	42.12	1.33	42.68
2201-01.13.7	Quebrada El Triunfo	0.57	0.02	0.58
2201-01.15	Quebrada El Carmen	0.50	0.02	0.51
2201-01.29	Quebrada Patagonia	1.67	0.05	1.69
2201-01.30	Quebrada El Yarumo	7.14	0.23	7.23
2201-01.31	Quebrada San Jorge	4.15	0.13	4.21

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Caudal concesionado (l/s)	Caudal concesionado (Mm³/año)	%
2201-01.32	Río Siquila	1.47	0.05	1.49
2201-01.32.6	Quebrada Matanza	0.07	0.00	0.07
2201-01.32.7	Quebrada La Cristalina	20.07	0.63	20.34
2201-01.36	Quebrada Quebradon	0.02	0.00	0.02
2201-01.5	Quebrada La Pradera	4.18	0.13	4.23
2201-01.8	Quebrada El Topacio	0.55	0.02	0.56
Total		**98.69**	**3.11**	**100**

Para esta Subzona Hidrográfica se definieron 10 Unidades Hidrológicas de Análisis (UHA) (**Figura 538**). La distribución de la demanda hídrica por cada una de estas UHA se presenta en la **Tabla 389**. Se establece que la demanda hídrica se concentra principalmente en la UHA Rio Hereje con el 44.42% (43.84 l/s), seguido por las UHA Rio Saldaña 3 y Rio Siquila con el 28.15% (27.78 l/s) y 21.91% (21.62 l/s), respectivamente. En la **Figura 539** se muestra la distribución espacial de los volúmenes de agua demandados en la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña. Las categorías y colores presentados corresponden a los sugeridos por IDEAM (2013). Como se puede observar la demanda hídrica total en todas las UHA se encuentran por debajo de los 20 Mm³/año lo cual representa una baja presión por el uso del recurso hídrico en esta subzona.

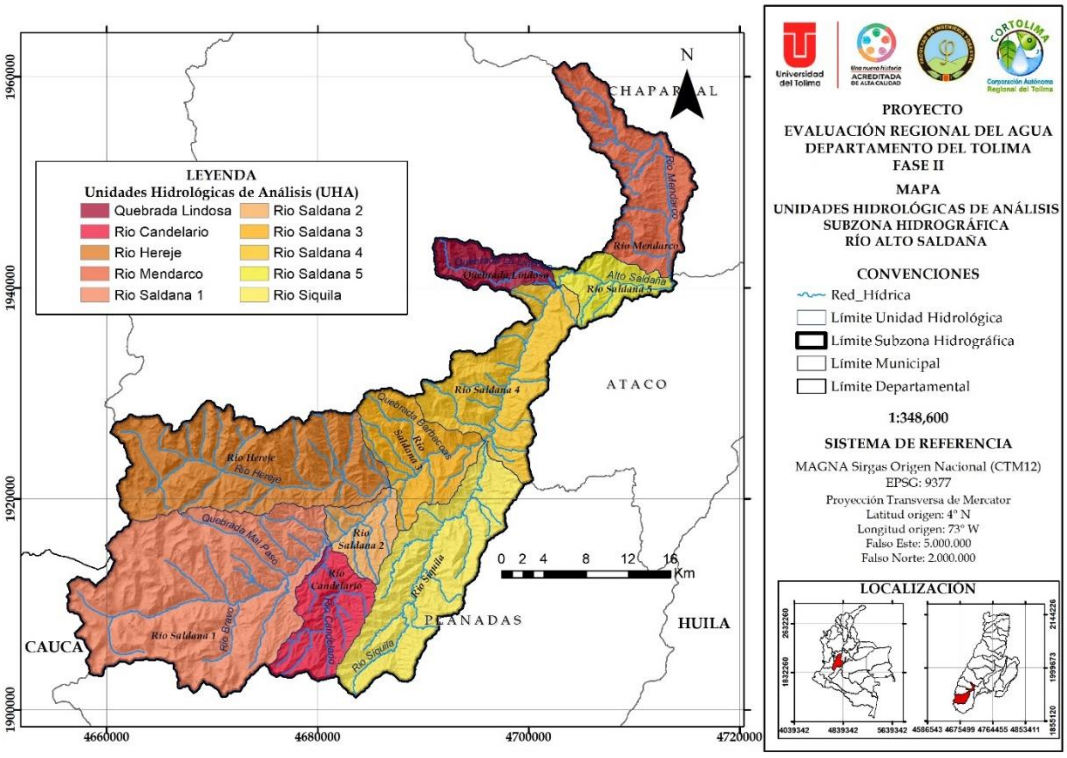


Figura 538. *Unidades Hidrológicas de Análisis (UHA) definidas para la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña*

Tabla 389. *Distribución de la demanda hídrica total por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Total (l/s)	UHA DH Total (l/s)	UHA DH Total (Mm³/año)	% DH Total
Rio Hereje	2201-01.13	Río Hereje	0.58	43.84	1.38	44.42
	2201-01.13.5	Quebrada El Bejuquero	0.57			
	2201-01.13.6	Quebrada El Purgatorio	42.12			
	2201-01.13.7	Quebrada El Triunfo	0.57			
Rio Mendarco	2201-01.1	Río Mendarco	0.20	0.20	0.01	0.20
Rio Saldana 2	2201-01.15	Quebrada El Carmen	0.50	0.50	0.02	0.51
Rio Saldana 3	2201-01.12	Quebrada El Guayabo	14.82	27.78	0.88	28.15
	2201-01.29	Quebrada Patagonia	1.67			
	2201-01.30	Quebrada El Yarumo	7.14			
	2201-01.31	Quebrada San Jorge	4.15			
Rio Saldana 4	2201-01.5	Quebrada La Pradera	4.18	4.73	0.15	4.79
	2201-01.8	Quebrada El Topacio	0.55			
Rio Saldana 5	2201-01.36	Quebrada Quebradon	0.02	0.02	0.001	0.02
Rio Siquila	2201-01.32	Río Siquila	1.47	21.62	0.68	21.91
	2201-01.32.6	Quebrada Matanza	0.07			
	2201-01.32.7	Quebrada La Cristalina	20.07			
	Total		**98.69**	**98.69**	**3.11**	**100**

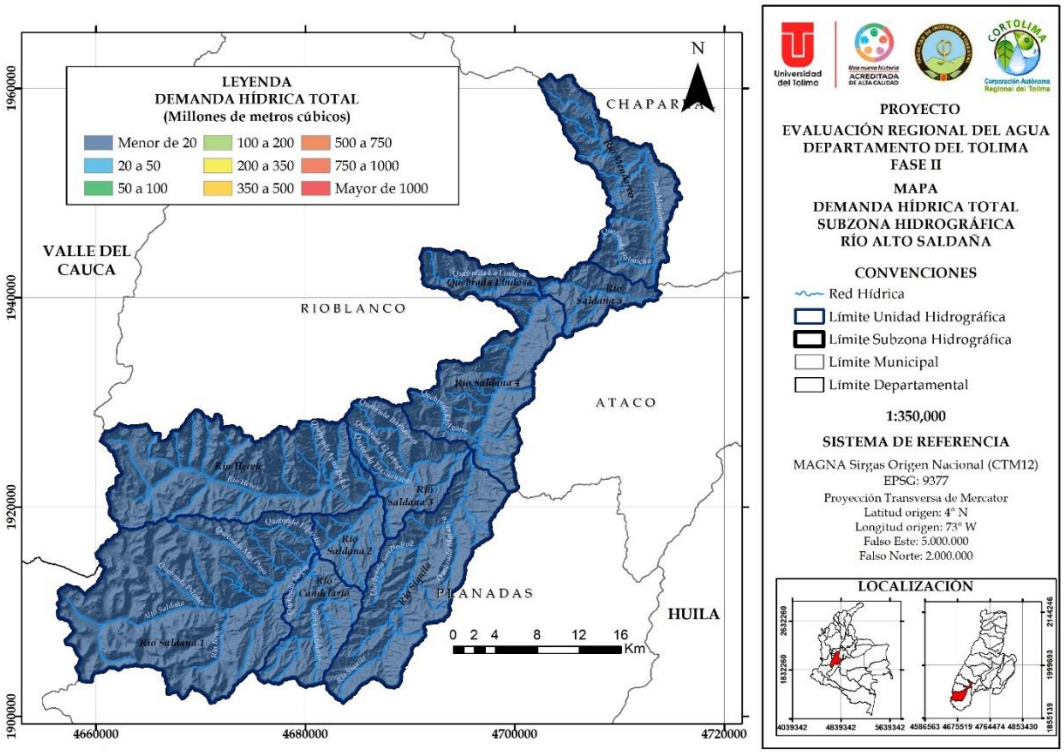


Figura 539. *Distribución de la demanda hídrica total en la SZH del río Alto Saldaña*

24.2.1. Uso Agrícola

Teniendo en cuenta los usos considerados en el Decreto 3930 de 2010, según los lineamientos del IDEAM (2013) y los establecidos en el Decreto 1155 del 7 de julio de 2017 para efectos de la liquidación de la Tasa por Uso (TUA), dentro de este sector se reúnen los usos denominados por la Tasa por Uso como Agrícola (Riego y Silvicultura) y Riego – Distritos.

Como se presenta en la **Tabla 390**, la demanda hídrica para la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña corresponde a 5.65 l/s, la cual está concentrada principalmente en un 63% en la fuente hídrica abastecedora quebrada El Yarumo con 3.57 l/s, correspondiente a la concesión hídrica de la J.A.C Vereda Buenos Aires del municipio de Planadas, Tolima.

Tabla 390. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Agrícola en la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Agrícola (l/s)	DH. Agrícola (Mm³/año)	%
2201-01.30	Quebrada El Yarumo	1	3.57	0.11	63.24
2201-01.31	Quebrada San Jorge	1	2.08	0.07	36.76
Total		**2**	**5.65**	**0.18**	**100**

La distribución del caudal demandando para uso agrícola por cada UHA se presenta en la **Tabla 391**. Se evidencia que la UHA Rio Saldaña 3 concentra toda la demanda de este sector cuya participación en la demanda hídrica total de la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña es del 5.72% (98.69 l/s). En la **Figura 540** se muestra la distribución espacial de los volúmenes de agua demandados esta UHA. Se identifica que la mayor presión por uso del recurso para el sector agrícola es muy baja respecto a la disponibilidad de agua en la Subzona del río Alto Saldaña.

Tabla 391. *Distribución de la demanda hídrica Agrícola por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Agrícola (l/s)	UHA DH Agrícola (l/s)	UHA DH Agrícola (Mm³/año)	% DH Sector Agrícola SZH	% DH Total SZH
Rio Saldana 3	2201-01.30	Quebrada El Yarumo	3.57	5.65	0.18	100	5.72
	2201-01.31	Quebrada San Jorge	2.08				
Total			**5.65**	**5.65**	**0.18**	**100**	**5.72**

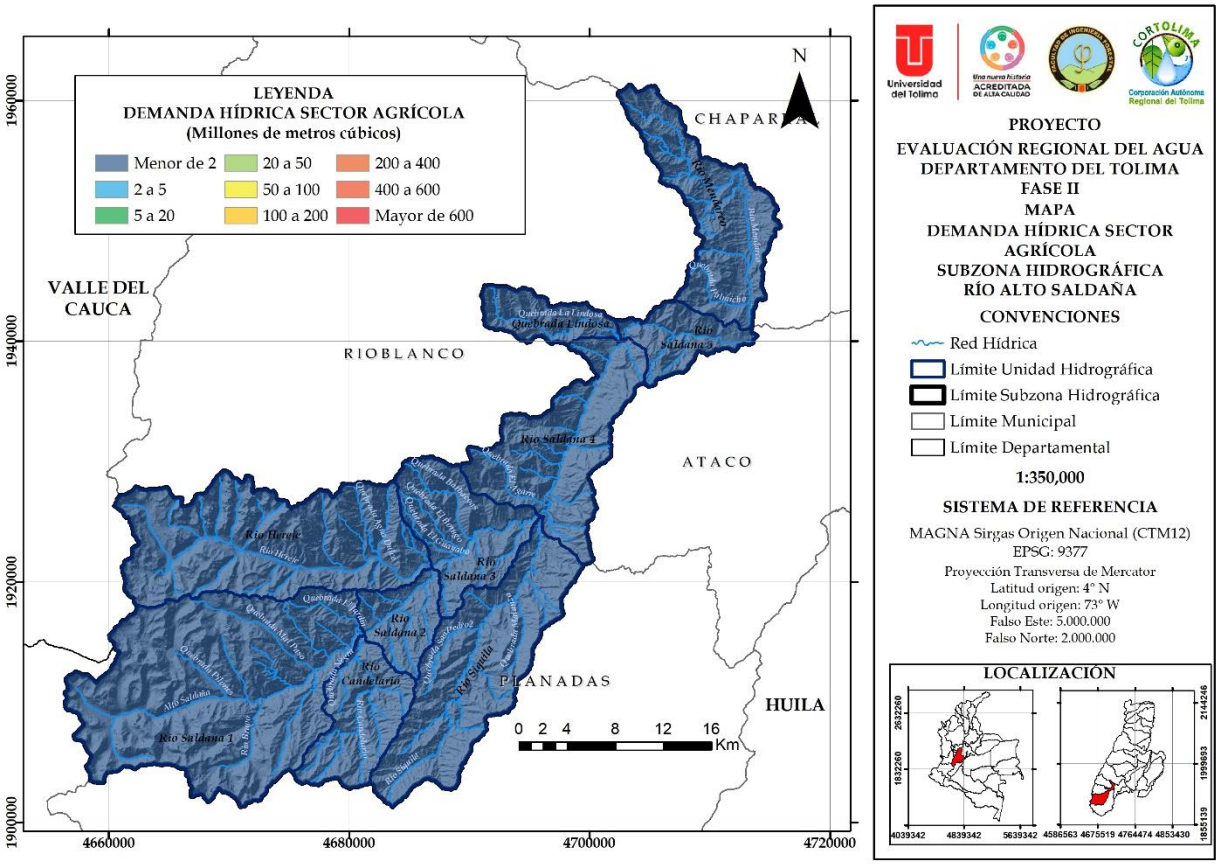


Figura 540. *Distribución de la demanda hídrica para uso Agrícola en la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña*

24.2.2. Uso Consumo Humano y Doméstico

La demanda hídrica de este sector corresponde a los usos denominados en la TUA bajo Decreto 1155 del 7 de julio de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible como: Doméstico, Consumo Humano y Acueductos.

De acuerdo con la **Tabla 392** la demanda hídrica para Consumo Humano y Doméstico de la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña corresponde a 48.43 l/s, la cual se distribuye en 12 fuentes hídricas, concentrándose principalmente en la quebrada La Cristalina con 20.07 l/s que representan el 41.45% de la demanda hídrica total, y la quebrada El Guayabo con 14.82 l/s que equivalen al 30.60%. Los principales usuarios demandantes son el Acueducto Comunitario Herrera, en la quebrada el Guayabo, con 14.82 l/s y, la Empresa de Servicios Públicos de Planadas, en el caso de la quebrada La Cristalina, con 10.07 l/s.

Tabla 392. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para Consumo Humano y Doméstico en la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Consumo Humano y Doméstico (l/s)	DH. Consumo Humano y Doméstico (Mm³/año)	%
2201-01.12	Quebrada El Guayabo	1	14.82	0.47	30.60
2201-01.13	Río Hereje	1	0.01	0.00	0.03
2201-01.15	Quebrada El Carmen	1	0.50	0.02	1.03
2201-01.29	Quebrada Patagonia	1	1.67	0.05	3.45
2201-01.30	Quebrada El Yarumo	1	3.57	0.11	7.37
2201-01.31	Quebrada San Jorge	1	2.08	0.07	4.28
2201-01.32	Río Siquila	2	0.90	0.03	1.86
2201-01.32.6	Quebrada Matanza	1	0.07	0.00	0.15
2201-01.32.7	Quebrada La Cristalina	3	20.07	0.63	41.45
2201-01.36	Quebrada Quebradon	1	0.01	0.00	0.02
2201-01.5	Quebrada La Pradera	1	4.18	0.13	8.62
2201-01.8	Quebrada El Topacio	1	0.55	0.02	1.14
Total		**15**	**48.43**	**1.53**	**100**

En relación con las UHA donde se concentra la mayor demanda hídrica del consumo humano y doméstico de la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña, se puede deducir a partir de la **Tabla 393** que estas corresponden, en primer lugar, a la UHA Rio Saldaña 3 con el 22.43% (22.14 l/s) y luego la UHA Rio Siquila con el 21.33% (21.05 l/s). En la **Figura 541** se evidencia una baja presión por el uso del recurso hídrico para el consumo humano y doméstico.

Tabla 393. *Distribución de la demanda hídrica del Consumo Humano y Doméstico por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH CH Doméstico (l/s)	UHA DH CH Doméstico (l/s)	UHA DH CH Doméstico (Mm³/año)	% DH Sector CH Doméstico SZH	% DH Total SZH
Rio Hereje	2201-01.13	Río Hereje	0.01	0.01	0.0004	0.03	0.01
Rio Saldana 2	2201-01.15	Quebrada El Carmen	0.50	0.50	0.02	1.03	0.51
Rio Saldana 3	2201-01.12	Quebrada El Guayabo	14.82	22.14	0.70	45.70	22.43
	2201-01.29	Quebrada Patagonia	1.67				
	2201-01.30	Quebrada El Yarumo	3.57				
	2201-01.31	Quebrada San Jorge	2.08				
Rio Saldana 4	2201-01.5	Quebrada La Pradera	4.18	4.73	0.15	9.76	4.79
	2201-01.8	Quebrada El Topacio	0.55				
Rio Saldana 5	2201-01.36	Quebrada Quebradon	0.01	0.01	0.0004	0.02	0.01
Rio Siquila	2201-01.32	Río Siquila	0.90	21.05	0.66	43.46	21.33
	2201-01.32.6	Quebrada Matanza	0.07				
	2201-01.32.7	Quebrada La Cristalina	20.07				

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH CH Doméstico (l/s)	UHA DH CH Doméstico (l/s)	UHA DH CH Doméstico (Mm³/año)	% DH Sector CH Doméstico SZH	% DH Total SZH
	Total		48.43	48.43	1.53	100	49.08

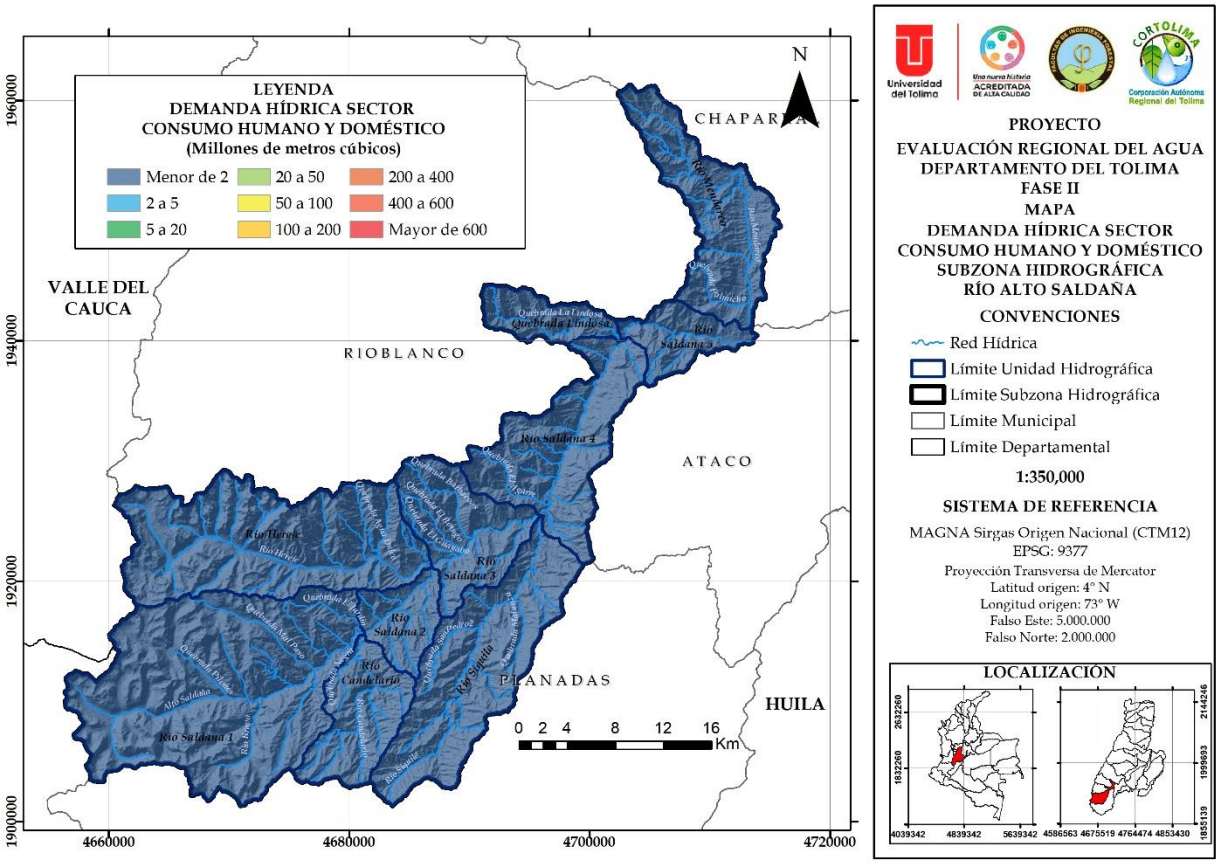


Figura 541. *Distribución de la demanda hídrica para Consumo Humano y Doméstico en la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña*

24.2.3. Uso Industrial

En la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña para el sector industrial actualmente se demanda un total de 2.48 l/s distribuidos en un 22.98% (0.57 l/s) en el río Hereje, quebrada El Bejuquero, quebrada el Triunfo y río Siquila, mientras que un 8.06% (0.20 l/) corresponden al río Mendarco (**Tabla 394**). La Empresa de Energía de Bogotá S.A E.S.P es la responsable del 92% de la demanda hídrica del sector industrial de esta Subzona Hidrográfica, en donde el recurso es asignado al proyecto "Línea de transmisión 230 kV. Tesalia – Alférez"

Tabla 394. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Industrial en la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Industrial (l/s)	DH. Industrial (Mm³/año)	%
2201-01.1	Río Mendarco	1	0.20	0.01	8.06
2201-01.13	Río Hereje	1	0.57	0.02	22.98
2201-01.13.5	Quebrada El Bejuquero	1	0.57	0.02	22.98
2201-01.13.7	Quebrada El Triunfo	1	0.57	0.02	22.98
2201-01.32	Río Siquila	1	0.57	0.02	22.98
Total		**5**	**2.48**	**0.08**	**100**

De acuerdo con la **Tabla 395** la UHA en donde se presenta la mayor demanda de agua para uso industrial es el Rio Hereje con el 68.95% (1.71 l/s). La representación espacial de la demanda hídrica industrial por UHA en la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña se presenta en la **Figura 542**; se evidencia que la demanda de agua para uso industrial en todas las UHA de esta subzona no ejerce una presión significativa sobre el recurso hídrico.

Tabla 395. *Distribución de la demanda hídrica para uso Industrial por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Industrial (l/s)	UHA DH Industrial (l/s)	UHA DH Industrial (Mm³/año)	% DH Sector Industrial SZH	% DH Total SZH
	2201-01.13	Río Hereje	0.57				
Rio Hereje	2201-01.13.5	Quebrada El Bejuquero	0.57	1.71	0.05	68.95	1.73
	2201-01.13.7	Quebrada El Triunfo	0.57				
Rio Mendarco	2201-01.1	Río Mendarco	0.2	0.2	0.01	8.06	0.20
Rio Siquila	2201-01.32	Río Siquila	0.57	0.57	0.02	22.98	0.58
Total			**2.48**	**2.48**	**0.08**	**100**	**2.51**

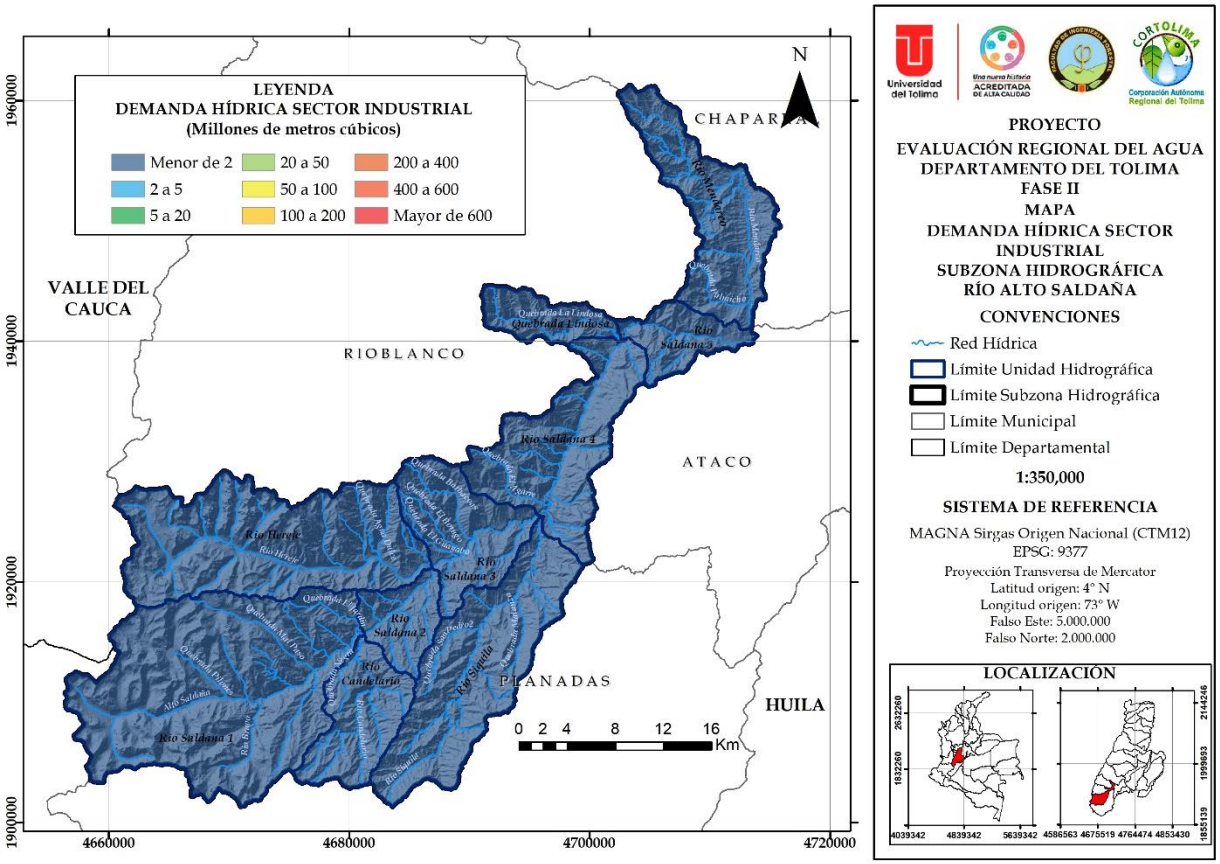


Figura 542. *Distribución de la demanda hídrica para uso Industrial en la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña*

24.2.4. Uso Pecuario

La demanda de este sector corresponde a los usos denominados en la TUA bajo Decreto 1155 del 7 de julio de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible como: Abrevaderos y Pecuario. En la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña se demanda para uso pecuario un total de 0.01 l/s provenientes de la quebrada Quebradon (**Tabla 408**), la cual hace parte de la UHA Rio Saldana 5 (**Tabla 409**). Esta demanda eta relacionada con la concesión de aguas otorgada al señor Otoniel Manjarrez Aroca bajo resolución 221 del 11 de agosto de 2020 de CORTOLIMA. En la **Figura 543** se evidencia que la presión del recurso hídrico por este tipo de uso no es representativa en la subzona.

Tabla 396. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Pecuario en la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Pecuario (l/s)	DH. Pecuario (Mm³/año)	%

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Pecuario (l/s)	DH. Pecuario (Mm³/año)	%
2201-01.36	Quebrada Quebradon	1	0.01	0.0004	100
Total		**1**	**0.01**	**0.0004**	**100**

Tabla 397. *Distribución de la demanda hídrica para uso Pecuario por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Pecuario (l/s)	UHA DH Pecuario (l/s)	UHA DH Pecuario (Mm³/año)	% DH Sector Pecuario SZH	% DH Total SZH
Rio Saldana 5	**2201-01.36**	Quebrada Quebradon	0.01	0.01	0.0004	100	0.01
	Total		**0.01**	**0.01**	**0.0004**	**100**	**0.01**

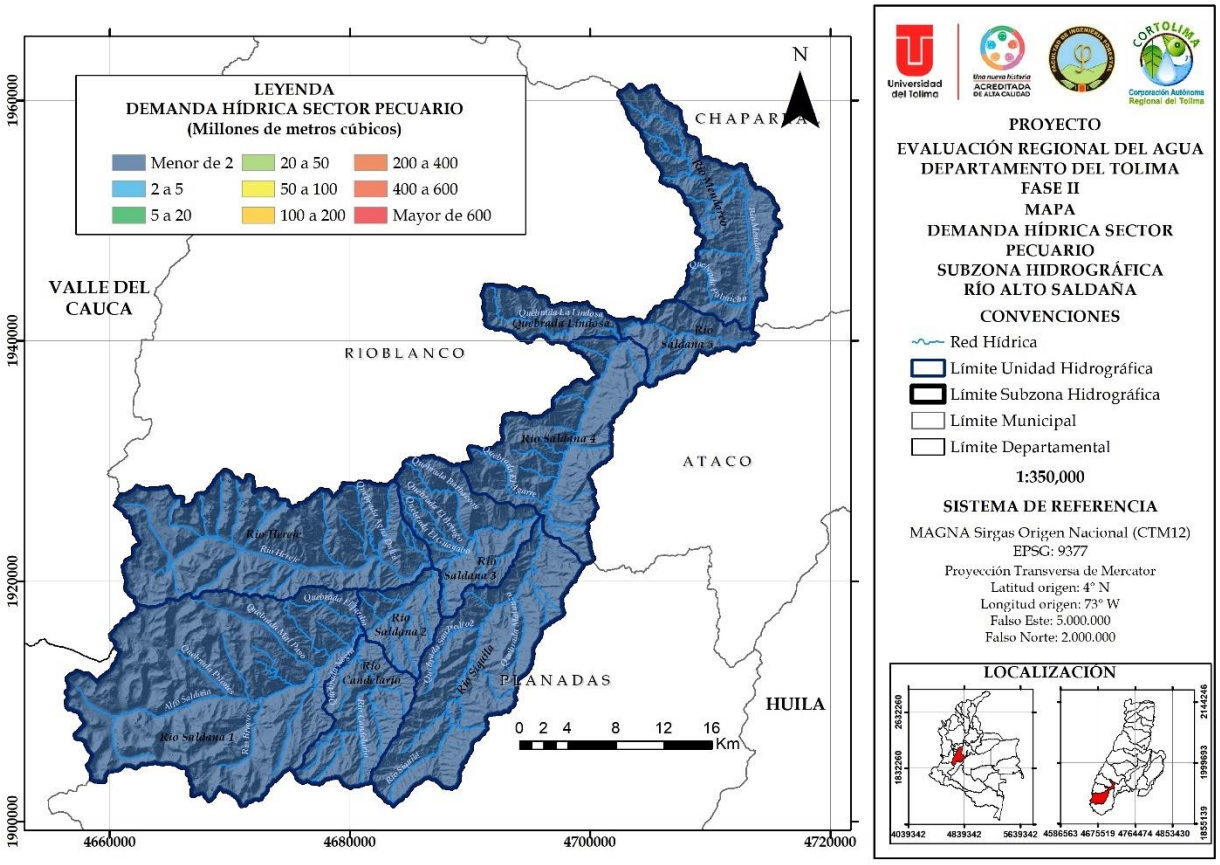


Figura 543. *Distribución de la demanda hídrica para uso Pecuario en la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña*

24.2.5. Uso Piscícola

La demanda para el sector Piscícola en la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña, corresponde a la categoría de uso Acuícultura y Pesca de la TUA, según Decreto 1155

del 7 de julio de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Como se presenta en la **Tabla 398** y T**abla 399** esta demanda corresponde a un volumen de 42.12 l/s que es captado de la fuente hídrica quebrada El Purgatorio e integra solo una UHA de esta subzona, la cual corresponde a la UHA Rio Hereje. Según las bases de datos de Tasa por Uso y el Maestro de Concesiones de CORTOLIMA este caudal se relaciona a una concesión otorgada a la Asociación de Truchas El Triunfo bajo la resolución 94 del 23 de octubre del 2008. En la **Figura 544** se evidencia que la presión del recurso hídrico por este tipo de uso no es representativa en la subzona.

Tabla 398. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Piscícola en la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Piscícola (l/s)	DH. Piscícola (Mm³/año)	%
2201-01.13.6	Quebrada El Purgatorio	1	42.12	1.33	100
Total		**1**	**42.12**	**1.33**	**100**

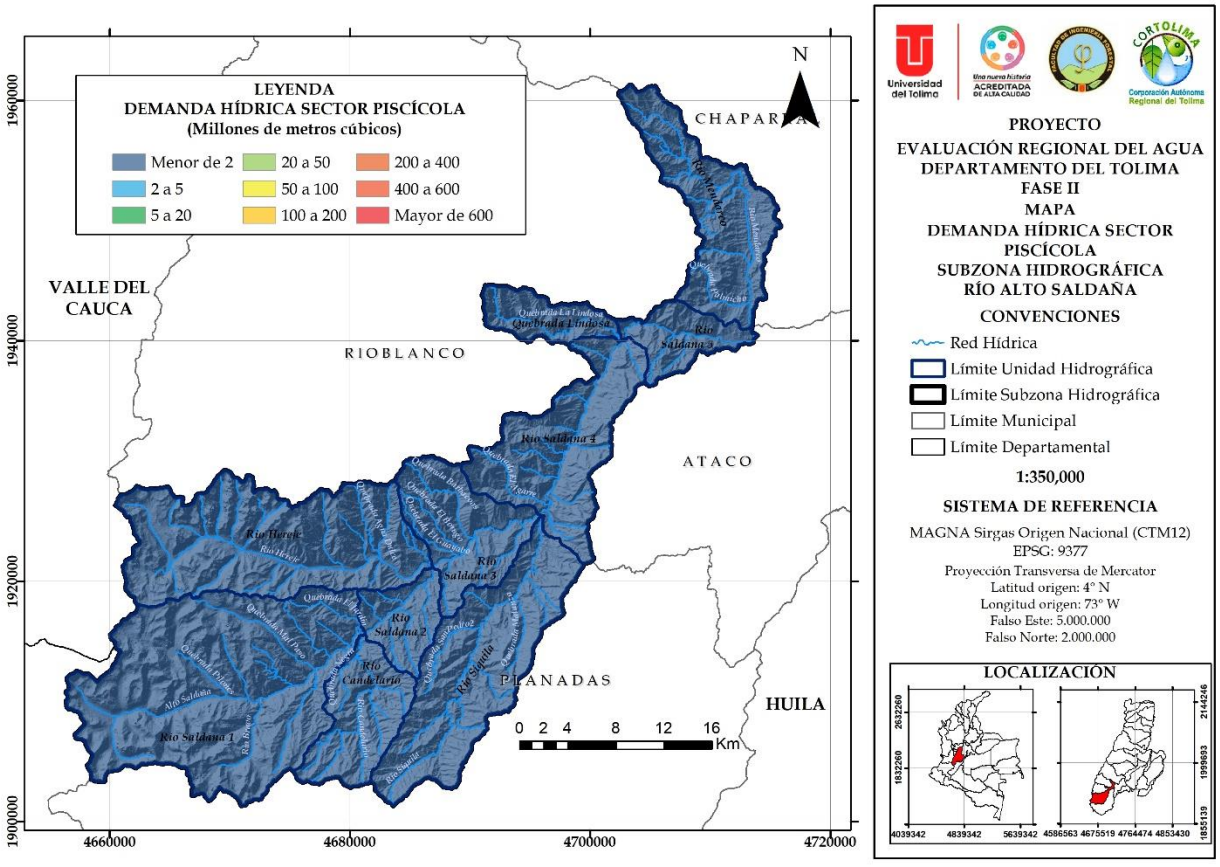


Figura 544. *Distribución de la demanda hídrica para uso Piscícola en la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña*

Tabla 399. Distribución de la demanda hídrica para uso Piscícola por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Piscícola (l/s)	UHA DH Piscícola (l/s)	UHA DH Piscícola (Mm³/año)	% DH Sector Piscícola SZH	% DH Total SZH
Rio Hereje	2201-01.13.6	Quebrada El Purgatorio	42.12	42.12	1.33	100	42.68
Total			**42.12**	**42.12**	**1.33**	**100**	**42.68**

24.3. Subzona Hidrográfica del río Cambrín

De acuerdo con las bases de datos de concesiones de CORTOLIMA la demanda hídrica total para la Subzona Hidrográfica del río Cambrín se estima en 7.44 l/s que corresponde a tres concesiones hídricas relacionados en la **Tabla 400**, sin embargo al consultar la información registrada en la resolución que otorga la concesión y las coordenadas del punto de captación, estas concesiones corresponden a las Subzonas Hidrográficas de los ríos Lagunilla (llave de agua 2376), Coello (llave de agua 3882) y Luisa (llave 2943). Por lo anterior, se determina una demanda hídrica nula (0 l/s) para la Subzona Hidrográfica del río Cambrín.

***Tabla 400.** Concesiones registradas por CORTOLIMA en la Subzona Hidrográfica del río Cambrín*

Llave	Usuario	Predio	Municipio	Caudal	Exp.	No. Resolución	Fecha de la resolución	Fuente Hídrica
2376	Lucila Rodríguez de Solanilla y Otros	Buenos Aires	Rovira, Tolima	1.89	1863 T6	1494	10/23/2000	2201-02.8.1 Quebrada El Hoyo
3882	Asousuarios Serv-Agua Potable Vda El Toche Libano	Acueducto Veredal y de 50 Familias Usuarias	Líbano, Tolima	3.63	267	79	11/26/2007	2201-02.1 Quebrada La Laguna
2943	Junta Administradora Acueducto Las Mangas	Acueducto Comunal	Rovira, Tolima	1.92	2813	450	4/25/2005	2201-02.8.1 Quebrada El Hoyo

24.4. Subzona Hidrográfica del río Anamichú

La demanda hídrica total para la Subzona Hidrográfica del río Anamichú se estima en 26.76 l/s, si bien, el caudal concesionado en las resoluciones otorgadas por la autoridad ambiental estipula un uso específico del mismo, en ocasiones este uso es combinado (más de un uso específico) en una misma captación; por tanto, al momento de definir los tipos de uso de caudales concesionados, fue necesario contemplar las posibles combinaciones o usos múltiples del recurso (**Tabla 401**). En las siguientes

secciones se caracterizará la demanda de esta Subzona Hidrográfica por cada tipo de uso de agua.

Tabla 401. *Caudal concesionado por tipo de uso en la Subzona Hidrográfica del río Anamichú*

Tipo de Uso	Usuarios	Caudal concesionado (l/s)	Caudal Concesionado (Mm³/año)
Agrícola - Consumo Humano y Doméstico - Pecuario	1.00	0.36	0.01
Consumo Humano y Doméstico	5.00	26.39	0.83
Total	**6.00**	**26.76**	**0.84**

En la **Tabla 402** se presenta la distribución de la demanda hídrica total por fuente hídrica abastecedora en la Subzona Hidrográfica del río Anamichú. Se determina que la demanda se concentra principalmente en la quebrada Quebradon en un 86.71% (23.20 l/s), el río Blanco y la quebrada El Bosque representan el 12.90% (3.45 l/s) y 0.39% (0.10 l/s) respectivamente, de la demanda restante.

Tabla 402. *Caudal concesionado por fuente hídrica abastecedora en la Subzona Hidrográfica del río Anamichú*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Caudal concesionado (l/s)	Caudal concesionado (Mm³/año)	%
2201-03.1	Río Blanco	3.45	0.11	12.90
2201-03.1.2	Quebrada Quebradon	23.20	0.73	86.71
2201-03.4	Quebrada El Bosque	0.10	0.00	0.39
Total		**26.76**	**0.84**	**100**

Para esta Subzona Hidrográfica se definieron 22 Unidades Hidrológicas de Análisis (UHA) (**Figura 545**). En la **Tabla 403** se presenta la distribución de la demanda hídrica total por fuente hídrica abastecedora en cada UHA definida en la Subzona Hidrográfica del río Anamichú. Se determina que la demanda hídrica se distribuye solamente en 2 UHA siendo la UHA Rio Blanco en donde hay mayor demanda del recurso hídrico con el 99.61% (26.65 l/s). En la **Figura 546** se presenta la distribución de la demanda hídrica total por Unidad Hidrológica de Análisis (UHA) en la Subzona Hidrográfica del río Anamichú. Las categorías y colores presentados corresponden a los sugeridos por IDEAM (2013).

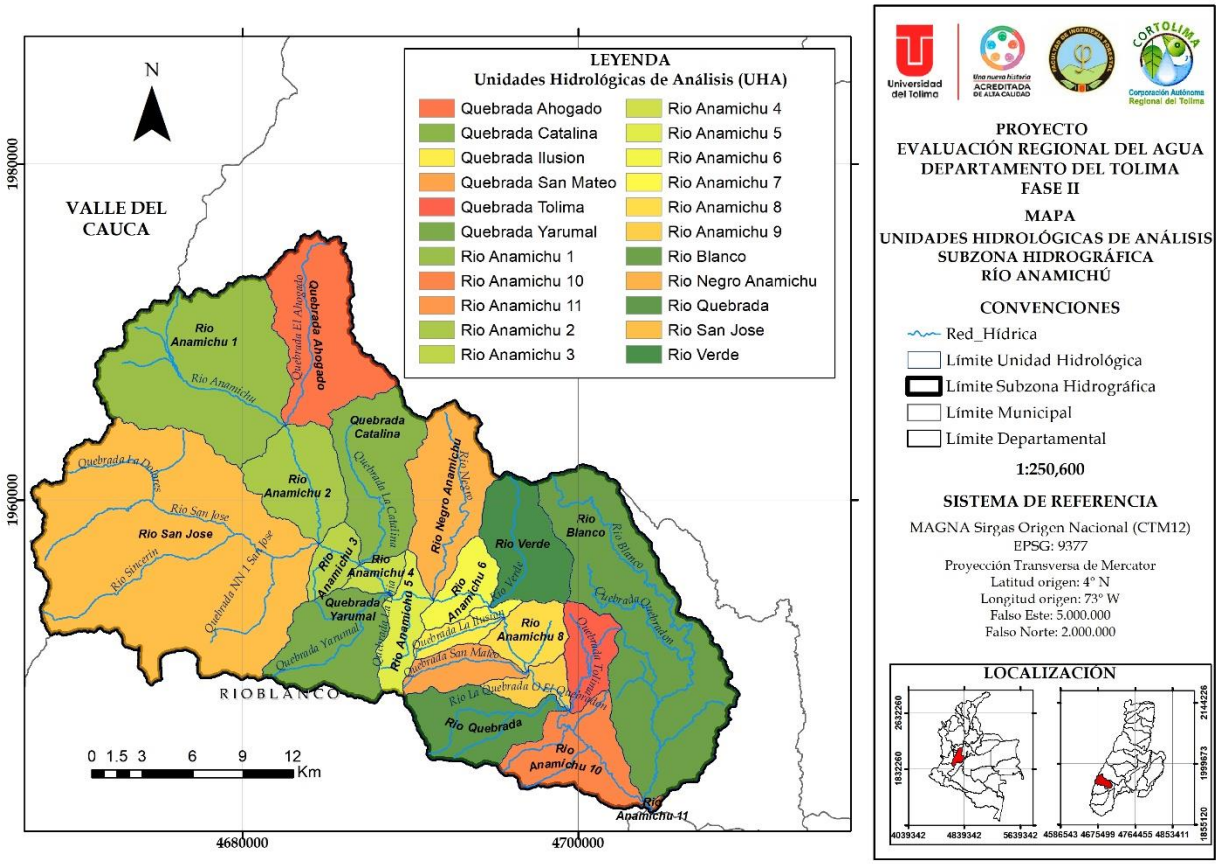


Figura 545. *Unidades Hidrológicas de Análisis (UHA) definidas para la Subzona Hidrográfica del río Anamichú*

Tabla 403. *Distribución de la demanda hídrica total por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Anamichú*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Total (l/s)	UHA DH Total (l/s)	UHA DH Total (Mm³/año)	% DH Total
Rio Anamichu 8	2201-03.4	Quebrada El Bosque	0.10	0.10	0.003	0.39
Rio Blanco	2201-03.1	Río Blanco	3.45	26.65	0.84	99.61
	2201-03.1.2	Quebrada Quebradon	23.2			
	Total		**26.76**	**26.76**	**0.844**	**100**

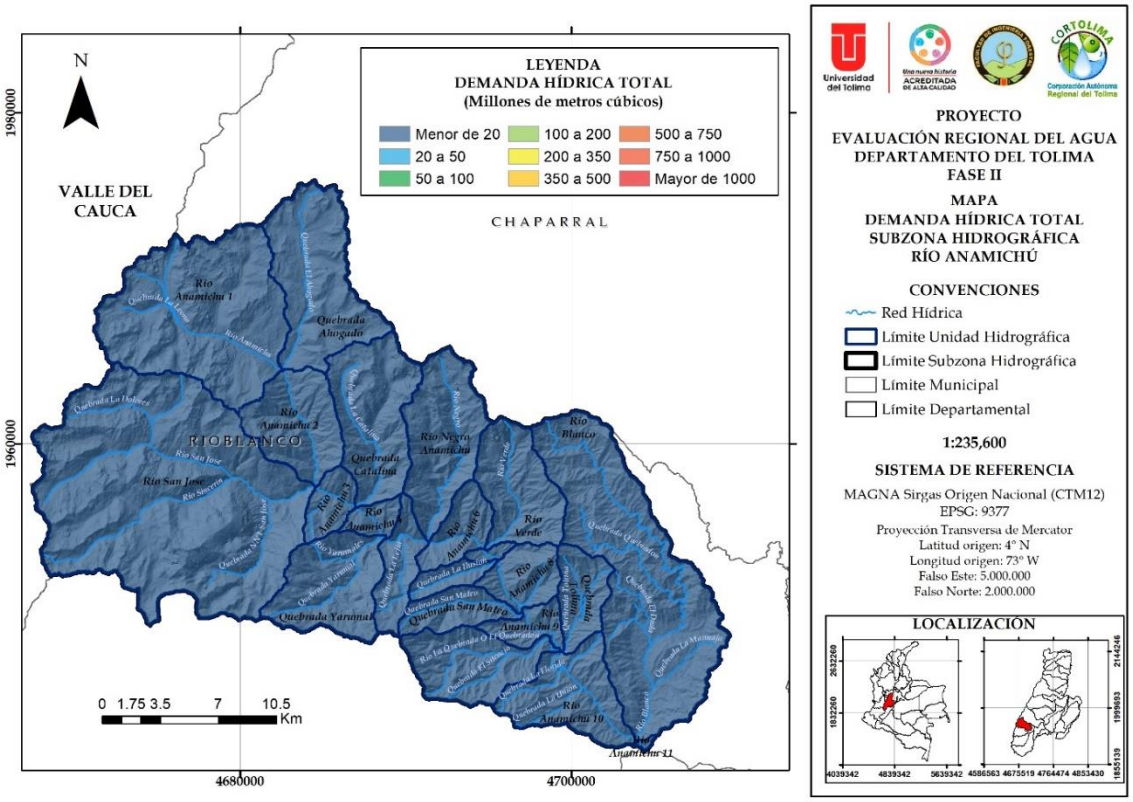


Figura 546. *Distribución de la demanda hídrica total en la Subzona Hidrográfica del río Anamichú*

24.4.1. Uso Agrícola

Teniendo en cuenta los usos considerados en el Decreto 3930 de 2010, según los lineamientos del IDEAM (2013), en este sector se reúnen los usos denominados por la Tasa por Uso como Agrícola (Riego y Silvicultura) y Riego – Distritos, reglamentados en el Decreto 1155 del 7 de julio de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. De acuerdo con lo anterior, la demanda para uso agrícola en la Subzona Hidrográfica del río Anamichú se determina en 0.12 l/s localizada sobre el río Blanco (**Tabla 404**). La demanda hídrica de este sector corresponde a la concesión de aguas otorgada al señor Álvaro Flórez Montilla de la vereda la Union de Rioblanco Tolima, bajo la resolución No. 3 del 9 de enero de 2018.

Tabla 404. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Agrícola en la Subzona Hidrográfica del río Anamichú*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Agrícola (l/s)	DH. Agrícola (Mm³/año)	%
2201-03.1	Río Blanco	1	0.12	0.004	100
Total		**1**	**0.12**	**0.004**	**100**

La distribución del caudal demandando para uso agrícola por cada UHA se presenta en la **Tabla 405**. Se evidencia que esta demanda se localiza en la UHA Rio Blanco. El caudal de esta UHA representa el 0.45% de la demanda hídrica total de la Subzona Hidrográfica del río Anamichú (26.76 l/s). En la **Figura 547** se muestra la distribución espacial del volumen de agua demandado en la UHA. Se evidencia que la demanda de agua para uso agrícola de esta subzona no ejerce una presión significativa sobre el recurso hídrico.

Tabla 405. *Distribución de la demanda hídrica Agrícola por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Anamichú*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Agrícola (l/s)	UHA DH Agrícola (l/s)	UHA DH Agrícola (Mm³/año)	% DH Sector Agrícola SZH	% DH Total SZH
Rio Blanco	**2201-03.1**	Río Blanco	0.12	0.12	0.004	100	0.45
	Total		**0.12**	**0.12**	**0.004**	**100**	**0.45**

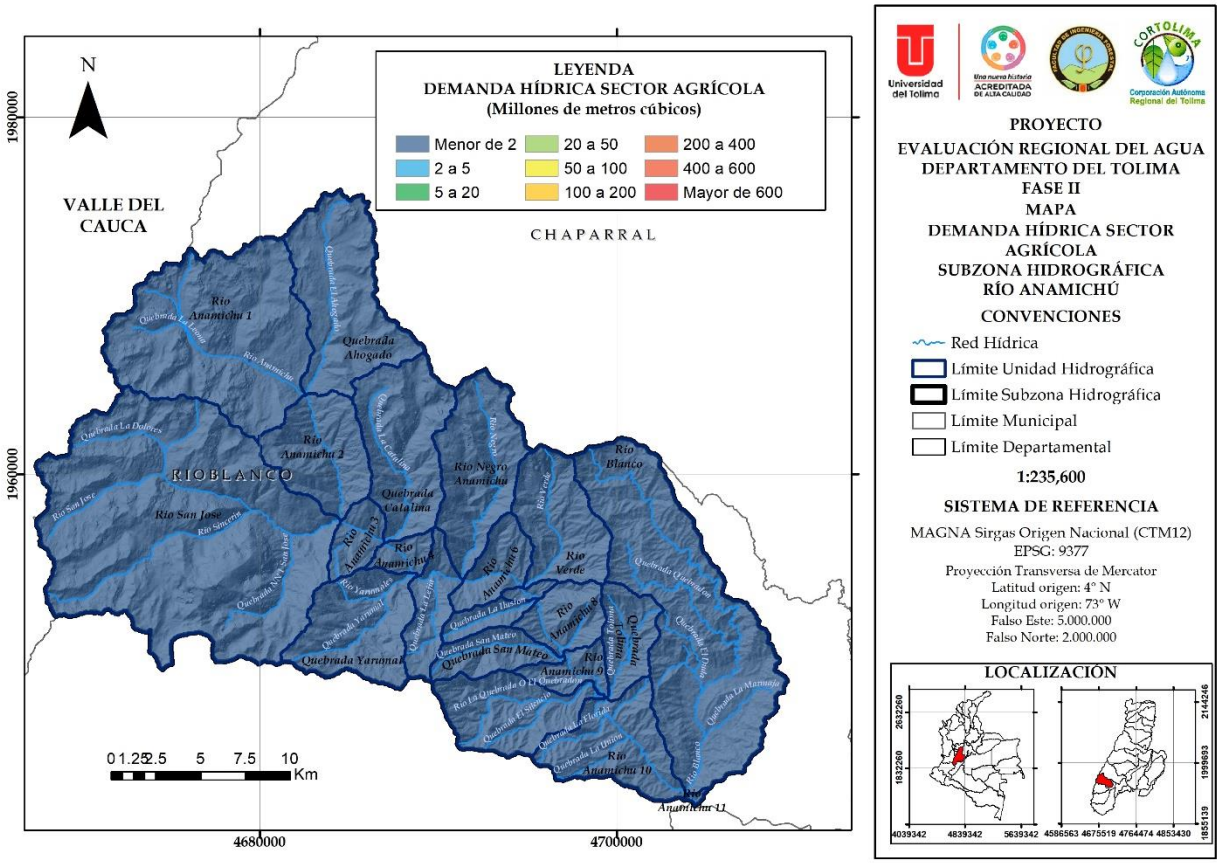


Figura 547. *Distribución de la demanda hídrica para uso Agrícola en la Subzona Hidrográfica del río Anamichú*

24.4.2. Uso Consumo Humano y Doméstico

La demanda de este sector corresponde a los usos denominados en la TUA bajo Decreto 1155 del 7 de julio de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible como: Doméstico, Consumo Humano y Acueductos. Para la Subzona Hidrográfica del río Anamichú la demanda para Consumo Humano y Doméstico corresponde a 26.51 l/s distribuida en 6 usuarios (**Tabla 406**). Son tres fuentes hídricas las que suplen esta demanda, sin embargo, la mayor participación la tiene la quebrada Quebradon con el 87.50% (23.20 l/s), en donde se localiza la concesión del Acueducto Municipal de Rioblanco.

Tabla 406. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para Consumo Humano y Doméstico en la Subzona Hidrográfica del río Anamichú*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Consumo Humano y Doméstico (l/s)	DH. Consumo Humano y Doméstico (Mm³/año)	%
2201-03.1	Río Blanco	3	3.21	0.10	12.11
2201-03.1.2	Quebrada Quebradon	1	23.20	0.73	87.50
2201-03.4	Quebrada El Bosque	2	0.10	0.00	0.39
	Total	**6**	**26.51**	**0.84**	**100**

En relación con las UHA donde se concentra la mayor demanda hídrica del consumo humano y doméstico de la Subzona Hidrográfica del río Anamichú, se determina que la UHA Rio Blanco integra el 99.61% (26.41 l/s) de la demanda de este sector y a su vez, el 98.71% de la demanda hídrica total de la Subzona. En la **Figura 548** se puede evidenciar a través de la escala de colores sugeridos por el IDEAM (2013) la baja presión que ejerce la demanda de estas UHA sobre el recurso hídrico de la Subzona Hidrográfica del río Anamichú.

Tabla 407. *Distribución de la demanda hídrica del Consumo Humano y Doméstico por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Anamichú*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH CH Doméstico (l/s)	UHA DH CH Doméstico (l/s)	UHA DH CH Doméstico (Mm³/año)	% DH Sector CH Doméstico SZH	% DH Total SZH
Rio Anamichu 8	2201-03.4	Quebrada El Bosque	0.10	0.10	0.003	0.39	0.39
Rio Blanco	2201-03.1	Río Blanco	3.21	26.41	0.83	99.61	98.71
	2201-03.1.2	Quebrada Quebradon	23.20				
	Total		**26.51**	**26.51**	**0.84**	**100**	**99.10**

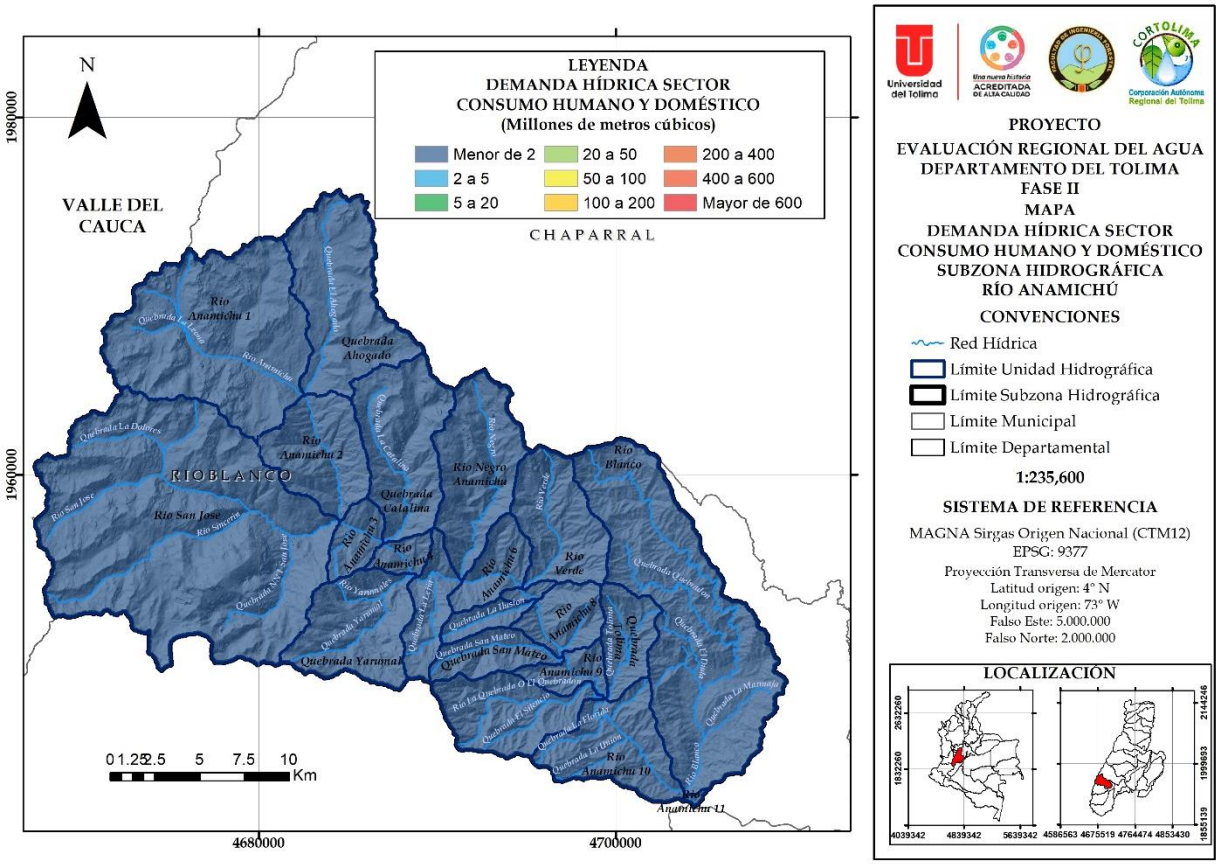


Figura 548. *Distribución de la demanda hídrica para Consumo Humano y Doméstico en la Subzona Hidrográfica del río Anamichú*

24.4.3. Uso Pecuario

La demanda de este sector corresponde a los usos denominados en la TUA bajo Decreto 1155 del 7 de julio de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible como: Abrevaderos y Pecuario. En la Subzona Hidrográfica del río Anamichú se demandan 0.12 l/s provenientes de la fuente hídrica río Blanco (**Tabla 408**) y UHA Rio Blanco (**Tabla 409**. El señor Álvaro Flórez Montilla es el propietario de esta concesión. En la **Figura 549** se puede evidenciar la baja presión que ejerce la demanda del sector pecuario sobre el recurso hídrico de la Subzona Hidrográfica del río Anamichú.

Tabla 408. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Pecuario en la Subzona Hidrográfica del río Anamichú*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Pecuario (l/s)	DH. Pecuario (Mm^3/año)	%
2201-03.1	Río Blanco	1	0.12	0.004	100
Total		**1**	**0.12**	**0.004**	**100**

Tabla 409. *Distribución de la demanda hídrica para uso Pecuario por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Anamichú*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Pecuario (l/s)	UHA DH Pecuario (l/s)	UHA DH Pecuario (Mm³/año)	% DH Sector Pecuario SZH	% DH Total SZH
Rio Blanco	2201-03.1	Río Blanco	0.12	0.12	0.004	100	0.45
	Total		**0.12**	**0.12**	**0.004**	**100**	**0.45**

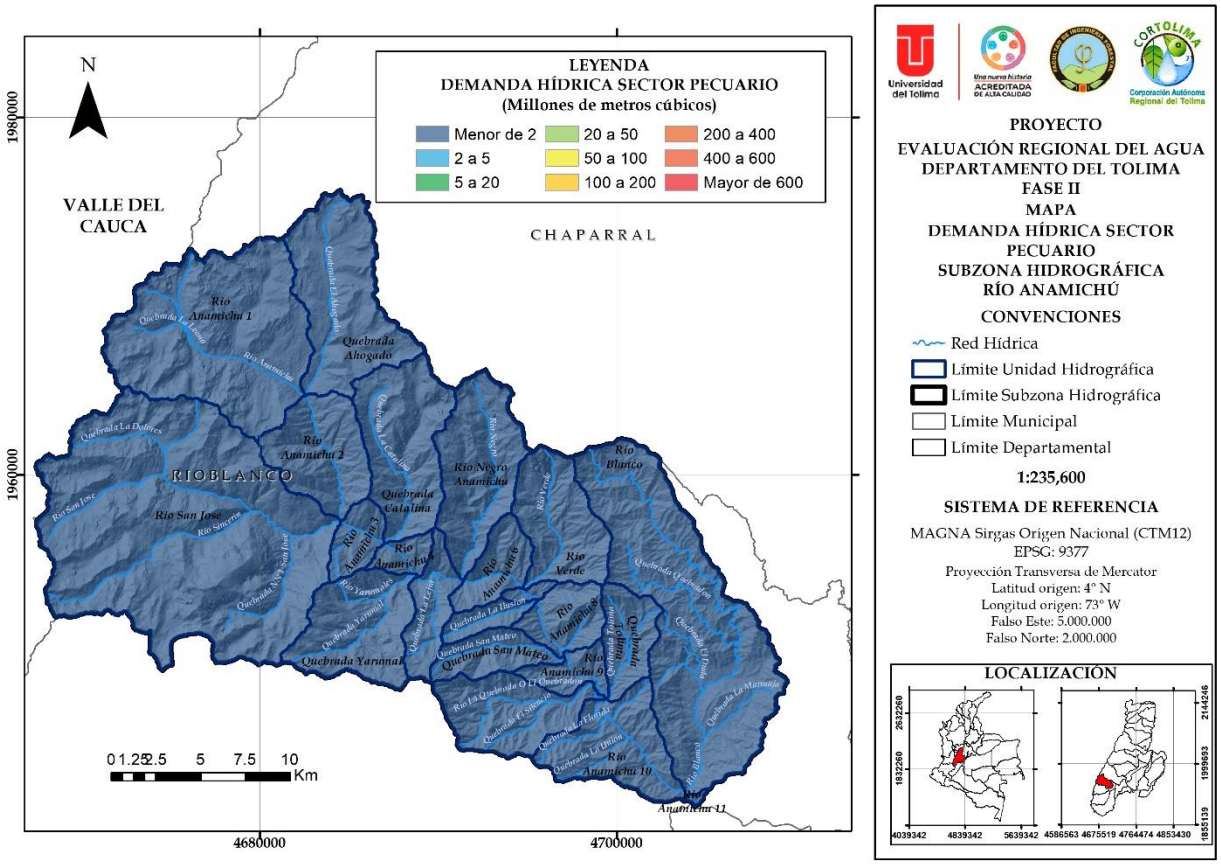


Figura 549. *Distribución de la demanda hídrica para uso Pecuario en la Subzona Hidrográfica del río Anamichú*

24.5. Subzona Hidrográfica del río Patá

La demanda hídrica total para la Subzona Hidrográfica del río Patá se estima en 489.34 l/s, si bien, el caudal concesionado en las resoluciones otorgadas por la autoridad ambiental estipula un uso específico del mismo, en ocasiones este uso es combinado (más de un uso específico) en una misma captación; por tanto, al momento de definir los tipos de uso de caudales concesionados, fue necesario contemplar las posibles combinaciones o usos múltiples del recurso (**Tabla 410**). En las siguientes

secciones se caracterizará la demanda de esta Subzona Hidrográfica por cada tipo de uso de agua.

Tabla 410. *Caudal concesionado por tipo de uso en la Subzona Hidrográfica del río Patá*

Tipo de Uso	Usuarios	Caudal concesionado (l/s)	Caudal Concesionado (Mm³/año)
Agrícola	7	293.07	9.24
Consumo Humano y Doméstico	4	2.57	0.08
Pecuario	7	193.70	6.11
Total	**18**	**489.34**	**15.43**

En la **Tabla 411** se presenta la distribución de la demanda hídrica total por fuente hídrica abastecedora en esta Subzona Hidrográfica. Se determina que la demanda hídrica se concentra principalmente en el río Patá (jurisdicción del departamento del Huila) con 366.98 l/s (74.99%) seguido por el río Pata Tolima con 112.12 l/s (22.91%). Las fuentes hídricas río Pata – Directos Magdalena, quebrada Monte Frío, quebrada Canoas, quebrada El Guamito, y quebrada San Miguel, solo suplen el 2.10% (10.25 l/s) de la demanda hídrica total en esta subzona hidrográfica.

Tabla 411. *Caudal concesionado por fuente hídrica abastecedora en la Subzona Hidrográfica del río Patá*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Caudal concesionado (l/s)	Caudal concesionado (Mm³/año)	%
2113-02.1.1	Rio Pata - Directos Magdalena	7.55	0.24	1.54
2113-02.1.2	Río Pata Tolima	112.12	3.54	22.91
2113-02.1.2.11.2	Quebrada Monte Frio	0.37	0.01	0.08
2113-02.1.2.3	Quebrada Canoas	1.00	0.03	0.20
2113-02.1.2.6.1	Quebrada El Guamito	0.18	0.01	0.04
2113-02.1.2.6.2	Quebrada San Miguel	1.15	0.04	0.24
	Río Pata (Huila)	366.98	11.57	74.99
Total		**489.34**	**15.43**	**100**

En la ERA se definieron para esta Subzona 16 Unidades Hidrológicas de Análisis (UHA) (**Figura 550**). En la **Tabla 412** se presenta la distribución de la demanda hídrica total por fuente hídrica abastecedora en cada UHA definida. Se determina que la demanda hídrica se concentra principalmente en la UHA Rio Pata 8 con el 97.91% (479.10 l/s). En la **Figura 551** se presenta la distribución de la demanda hídrica total por Unidad Hidrológica de Análisis (UHA) en la Subzona Hidrográfica del Patá. Las categorías y colores presentados corresponden a los sugeridos por IDEAM (2013).

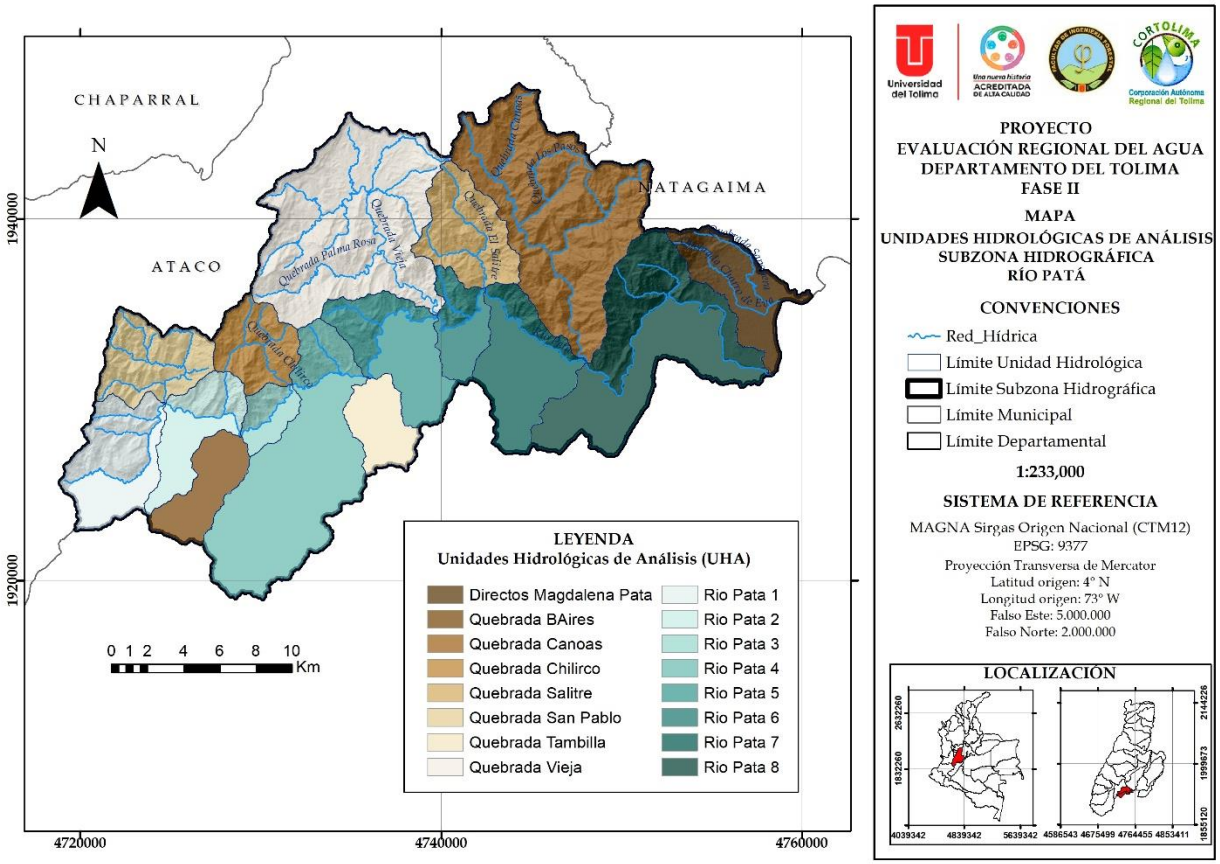


Figura 550. *Unidades Hidrológicas de Análisis (UHA) definidas para la Subzona Hidrográfica del río Patá*

Tabla 412. *Distribución de la demanda hídrica total por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Patá*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Total (l/s)	UHA DH Total (l/s)	UHA DH Total (Mm³/año)	% DH Total
Directos Magdalena Pata	**2113-02.1.1**	Rio Pata - Directos Magdalena	7.55	7.55	0.24	1.54
Quebrada Canoas	**2113-02.1.2.3**	Quebrada Canoas	1.00	1.00	0.03	0.20
Quebrada San Pablo	**2113-02.1.2.11.2**	Quebrada Monte Frio	0.37	0.37	0.01	0.08
Quebrada Vieja	**2113-02.1.2.6.1**	Quebrada El Guamito	0.18	1.33	0.04	0.27
	2113-02.1.2.6.2	Quebrada San Miguel	1.15			
Rio Pata 8	**2113-02.1.2**	Río Pata Tolima	112.12	479.10	15.11	97.91
		Río Pata	366.98			
	Total		**489.34**	**489.34**	**15.43**	**100**

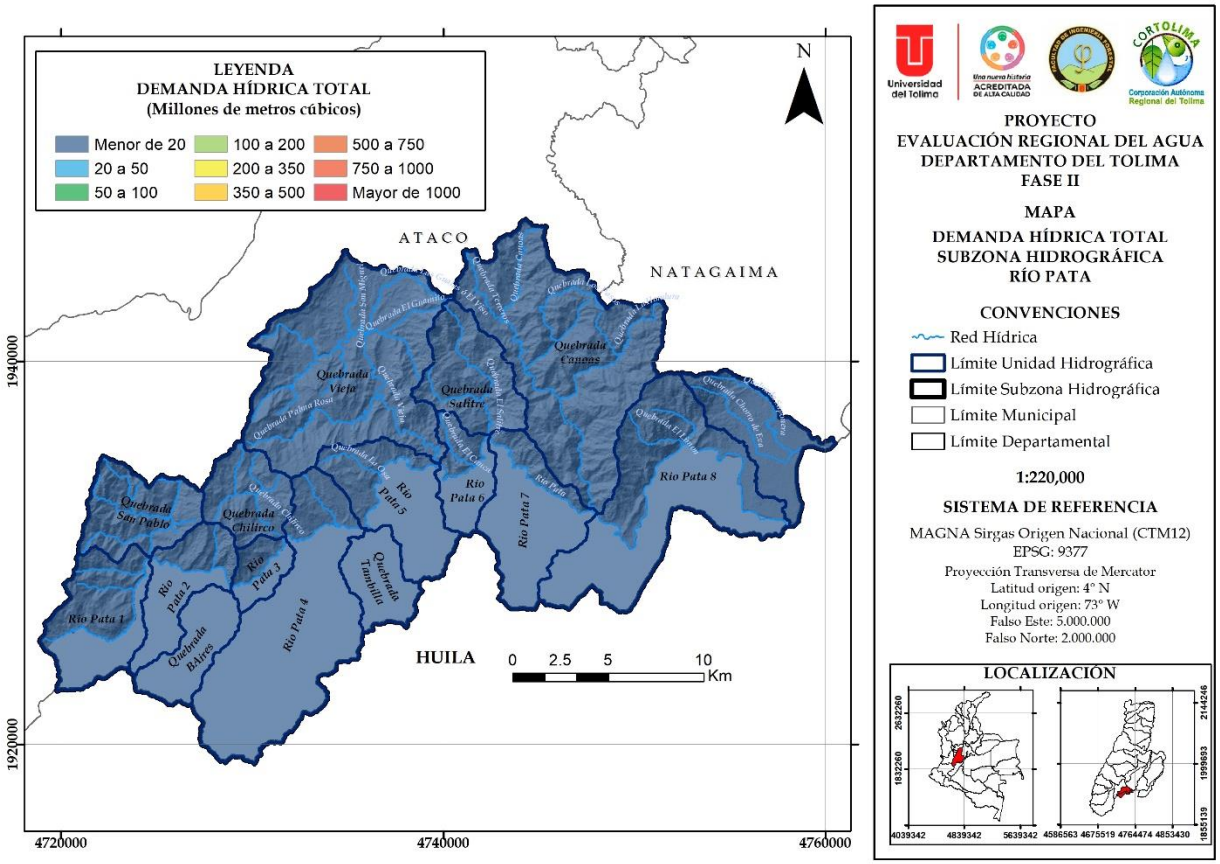


Figura 551. *Distribución de la demanda hídrica total en la Subzona Hidrográfica del río Patá*

24.5.1. Uso Agrícola

Considerando los usos establecidos en el Decreto 3930 de 2010, según los lineamientos del IDEAM (2013) y los señalados en el Decreto 1155 del 7 de julio de 2017 para efectos de la liquidación de la Tasa por Uso (TUA), dentro de este sector se reúnen los usos denominados por la TUA como Agrícola (Riego y Silvicultura) y Riego – Distritos. Con base en lo anterior, la demanda agrícola para la Subzona Hidrográfica del río Patá se determina en 293.07 l/s, de los cuales el río Patá (jurisdicción del departamento del Huila) participa con el 59.18% (173.45 l/s) y el río Pata Tolima con el 38.26% (112.12 l/s) (**Tabla 413**). La empresa Molino San Isidro del Huila Ltda junto con la señora Alvarez Quesada Nelly, propietaria del predio El Tominejo de Natagaima Tolima, son los mayores demandantes del recurso hídrico para uso agrícola en esta Subzona Hidrográfica, con 160.65 l/s y 92.12 l/s, respectivamente.

Tabla 413. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Agrícola en la Subzona Hidrográfica del río Patá*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Agrícola (l/s)	DH. Agrícola (Mm³/año)	%
2113-02.1.1	Río Pata - Directos Magdalena	1	7.50	0.24	2.56
2113-02.1.2	Río Pata Tolima	3	112.12	3.54	38.26
	Río Pata	3	173.45	5.47	59.18
Total		**7**	**293.07**	**9.24**	**100**

La distribución del caudal demandando para uso agrícola por cada UHA se presenta en la **Tabla 414**. Se evidencia que la UHA Rio Pata 8 integra el 97.44% de la demanda hídrica del sector agrícola de la Subzona Hidrográfica del río Patá, cuyo caudal representa el 58.36% de la demanda hídrica total de la misma. En la **Figura 552** se muestra la distribución espacial de los volúmenes de agua demandados en cada UHA. Se identifica que la demanda de la UHA Rio Pata 8 ejerce una leve presión sobre el recurso hídrico de esta Subzona Hidrográfica.

Tabla 414. *Distribución de la demanda hídrica Agrícola por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Patá*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Agrícola (l/s)	UHA DH Agrícola (l/s)	UHA DH Agrícola (Mm³/año)	% DH Sector Agrícola SZH	% DH Total SZH
Directos Magdalena Pata	**2113-02.1.1**	Rio Pata - Directos Magdalena	7.50	7.50	0.24	2.56	1.53
Rio Pata 8	**2113-02.1.2**	Río Pata Tolima	112.12	285.57	9.01	97.44	58.36
		Río Pata	173.45				
Total			**293.07**	**293.07**	**9.24**	**100**	**59.89**

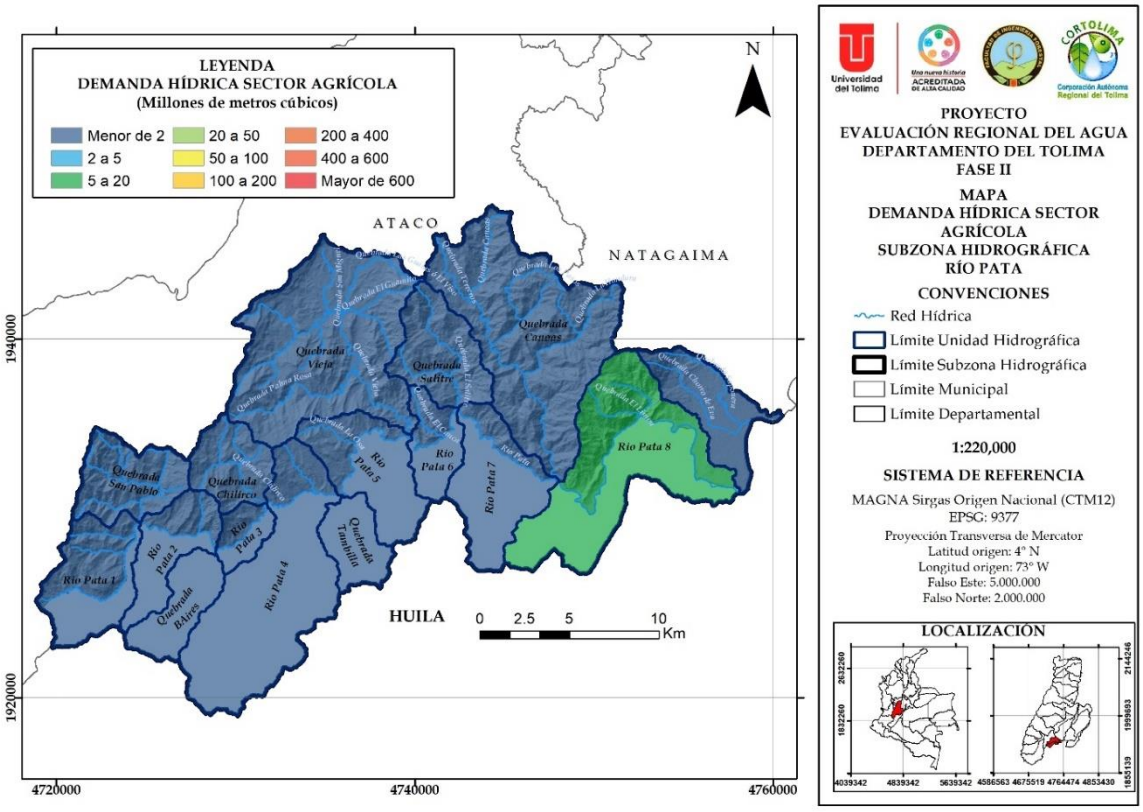


Figura 552. *Distribución de la demanda hídrica para uso Agrícola en la Subzona Hidrográfica del río Patá*

24.5.2. Uso Consumo Humano y Doméstico

La demanda de sector corresponde a los usos denominados en la TUA bajo Decreto 1155 del 7 de julio de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible como: Doméstico, Consumo Humano y Acueductos. Se estima que para la Subzona Hidrográfica del río Patá la demanda para Consumo Humano y Doméstico corresponde a 2.57 l/s, la cual se concentra en un 44.75% en la quebrada San Miguel con 1.15 l/s y en un 38.91 % (1 l/s) en la quebrada Canoas; el 16.35% (0.42 l/s) lo integran la quebrada Monte Frío y río Pata – Directos Magdalena (**Tabla 415**). Los principales demandantes son la J.A.C. Vereda Hato Viejo de Chaparral Tolima y la J.A.C Vereda Canoas de Ataco Tolima con 1.15 l/s y 1 l/s, respectivamente.

Tabla 415. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para Consumo Humano y Doméstico en la Subzona Hidrográfica del río Patá*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Consumo Humano y Doméstico (l/s)	DH. Consumo Humano y Doméstico (Mm³/año)	%
2113-02.1.1	Rio Pata - Directos Magdalena	1	0.05	0.00	1.95

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Consumo Humano y Doméstico (l/s)	DH. Consumo Humano y Doméstico (Mm^3/año)	%
2113-02.1.2.11.2	Quebrada Monte Frio	1	0.37	0.01	14.40
2113-02.1.2.3	Quebrada Canoas	1	1.00	0.03	38.91
2113-02.1.2.6.2	Quebrada San Miguel	1	1.15	0.04	44.75
Total		**4**	**2.57**	**0.08**	**100**

En relación con las UHA donde se evidencia la mayor demanda hídrica para consumo humano y doméstico en la Subzona Hidrográfica del río Patá, se determina que estas corresponden, en su orden, a la UHA Quebrada Vieja con el 44.75% (1.15 l/s) y Río Anchique 1 (1 l/s) (**Tabla 416**). En la **Figura 553** se puede evidenciar a través de la escala de colores sugeridos por el IDEAM (2013) el grado de presión que ejerce la demanda de estas UHA sobre el recurso hídrico de la Subzona Hidrográfica del río Patá.

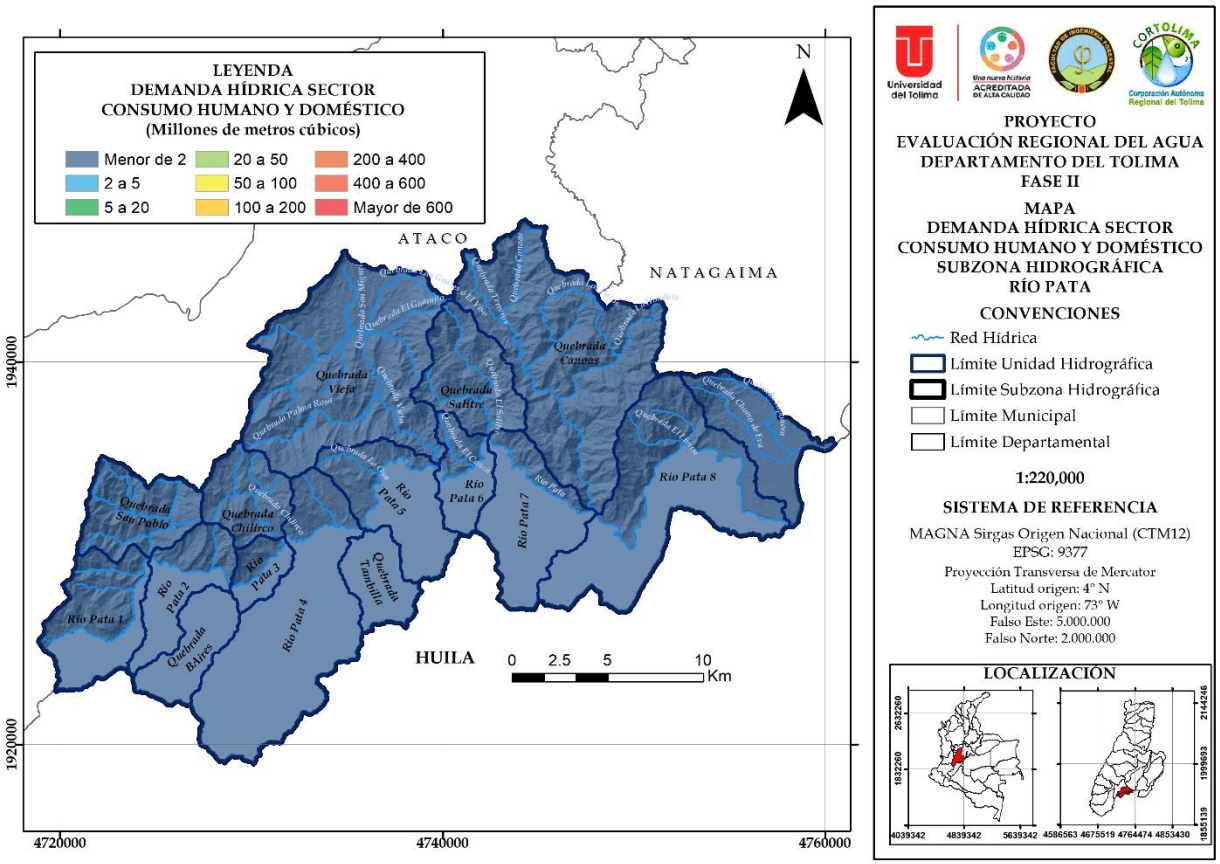


Figura 553. *Distribución de la demanda hídrica para Consumo Humano y Doméstico en la Subzona Hidrográfica del río Patá*

Tabla 416. *Distribución de la demanda hídrica del Consumo Humano y Doméstico por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Patá*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH CH Doméstico (l/s)	UHA DH CH Doméstico (l/s)	UHA DH CH Doméstico (Mm³/año)	% DH Sector CH Doméstico SZH	% DH Total SZH
Directos Magdalena Pata	2113-02.1.1	Rio Pata - Directos Magdalena	0.05	0.05	0.002	1.95	0.04
Quebrada San Pablo	2113-02.1.2.11.2	Quebrada Monte Frio	0.37	0.37	0.01	14.40	0.30
Quebrada Vieja	2113-02.1.2.6.2	Quebrada San Miguel	1.15	1.15	0.04	44.75	0.94
Rio Anchique 1	2113-02.1.2.3	Quebrada Canoas	1.00	1.00	0.03	38.91	0.82
	Total		**2.57**	**2.57**	**0.08**	**100**	**2.10**

24.5.3. Uso Pecuario

La demanda de este sector corresponde a los usos denominados en la TUA bajo Decreto 1155 del 7 de julio de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible como: Abrevaderos y Pecuario. En la Subzona Hidrográfica del río Patá se demandan un total de 193.70 l/s provenientes de las fuentes hídricas río Patá (jurisdicción del departamento del Huila) y quebrada El Guamito (**Tabla 417**). El señor Jesús Antonio Navarro Lozano, propietario de los predios El Pantano y Piedra Ancha de Aipe Huila, es el usuario con mayor demanda del recurso hídrico para este uso, con caudales de 58.21 l/s y 41.41 l/s, respectivamente.

Tabla 417. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Pecuario en la Subzona Hidrográfica del río Patá*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Pecuario (l/s)	DH. Pecuario (Mm³/año)	%
2113-02.1.2.6.1	Quebrada El Guamito	1	0.18	0.01	0.09
	Río Pata	6	193.53	6.10	99.91
Total		**7**	**193.70**	**6.11**	**100**

Por Unidad Hidrológica de Análisis (UHA) se observa que la mayor presión del recurso hídrico por el sector pecuario se centra en la UHA Rio Pata 8 la cual integra el 99.91% (193.53 l/s) de la demanda hídrica pecuaria de esta Subzona Hidrográfica (**Tabla 418**). En la **Figura 554** se puede evidenciar la leve presión que ejerce la demanda hídrica de este sector en la Subzona Hidrográfica del río Patá.

Tabla 418. *Distribución de la demanda hídrica para uso Pecuario por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Patá*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Pecuario (l/s)	UHA DH Pecuario (l/s)	UHA DH Pecuario (Mm³/año)	% DH Sector Pecuario SZH	% DH Total SZH
Quebrada Vieja	**2113-02.1.2.6.1**	Quebrada El Guamito	0.18	0.18	0.01	0.09	0.04
Rio Pata 8		Río Pata	193.53	193.53	6.10	99.91	39.55
	Total		**193.70**	**193.70**	**6.11**	**100**	**39.58**

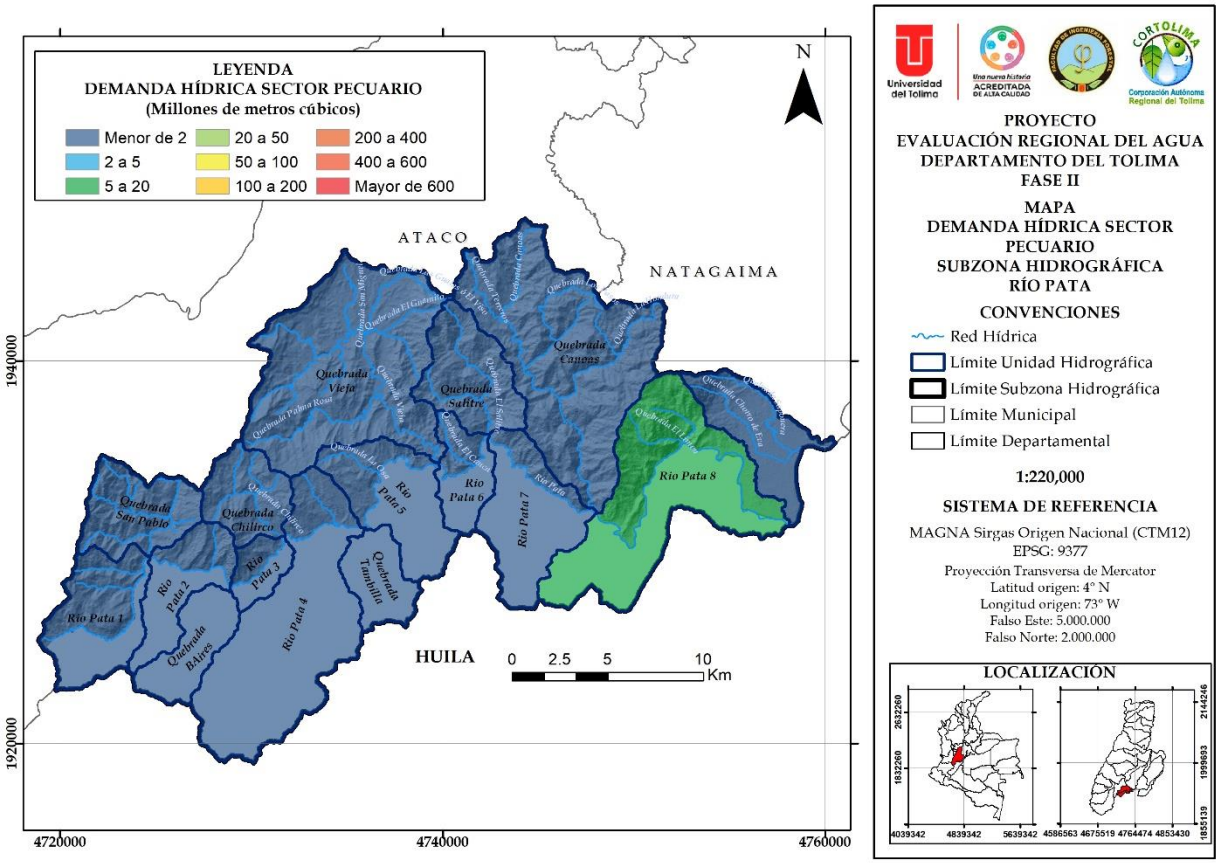


Figura 554. *Distribución de la demanda hídrica para uso Pecuario en la Subzona Hidrográfica del río Patá*

24.6. Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña

La demanda hídrica total para la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña se estima en 588.48 l/s, si bien, el caudal concesionado en las resoluciones otorgadas por la autoridad ambiental estipula un uso específico del mismo, en ocasiones este uso es combinado (más de un uso específico) en una misma captación; por tanto, al momento de definir los tipos de uso de caudales concesionados, fue necesario contemplar las posibles combinaciones o usos múltiples del recurso (**Tabla 419**). En las siguientes

secciones se caracterizará la demanda de esta Subzona Hidrográfica por cada tipo de uso de agua.

Tabla 419. *Caudal concesionado por tipo de uso en la SZH Medio Saldaña*

Tipo de Uso	Usuarios	Caudal concesionado (l/s)	Caudal Concesionado (Mm³/año)
Agrícola	7	426.59	13.45
Agrícola - Consumo Humano y Doméstico - Pecuario	1	0.83	0.03
Agrícola - Pecuario	1	60.24	1.90
Consumo Humano y Doméstico	10	76.65	2.42
Consumo Humano y Doméstico - Generación Eléctrica	1	15.00	0.47
Consumo Humano y Doméstico - Industrial	1	1.61	0.05
Consumo Humano y Doméstico - Pecuario	1	5.00	0.16
Industrial	1	1.36	0.04
Minería	1	0.20	0.01
Pecuario	1	1.00	0.03
Total	**25**	**588.48**	**18.56**

En la **Tabla 420** se presenta la distribución de la demanda hídrica total por fuente hídrica abastecedora en esta Subzona Hidrográfica. Se determina que la demanda hídrica se concentra principalmente en el río Medio Saldaña en un 68.72% (404.39 l/s). La quebrada Copete y Nacedero participan con el 10.24% (60.24 l/s) y 9.18% (54.0 l/s), respectivamente, las otras 10 fuentes hídricas suplen el 11.87% (69.85 l/s) de la demanda hídrica total de esta subzona hidrográfica.

Tabla 420. *Caudal concesionado por fuente hídrica abastecedora en la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Caudal concesionado (l/s)	Caudal concesionado (Mm³/año)	%
2203	Medio Saldaña	404.39	12.75	68.72
2203.11	Quebrada Anape	0.35	0.01	0.06
2203.12	Quebrada Paipa	1.36	0.04	0.23
2203.4	Quebrada Nacedero	54.00	1.70	9.18
2203.7	Quebrada De Pole	8.35	0.26	1.42
2203.12.1	Quebrada El Tigre	0.20	0.01	0.03
2203.12.6	Quebrada Canoitas	34.75	1.10	5.91
2203.5.1	Quebrada San Isidro	15.83	0.50	2.69
2203.6.1	Quebrada Copete	60.24	1.90	10.24
2203.7.1	Quebrada Polecito	2.07	0.07	0.35
2203.7.2	Quebrada Monte Frío	1.39	0.04	0.24
2203.7.5	Quebrada San Francisco	0.55	0.02	0.09
2203.7.8	Quebrada Agua Fria	5.00	0.16	0.85
Total		**588.48**	**18.56**	**100**

La demanda agrícola se distribuyó en las 7 UHA asignada para esta Subzona Hidrográfica (**Figura 555**). A partir de esta distribución se determina que la demanda hídrica se concentra principalmente en la UHA Rio Saldana 8 con el 63.94% (376.28 l/s) (**Tabla 421**). En la **Figura 556** se presenta la distribución de la demanda hídrica total por Unidad Hidrológica de Análisis (UHA) en la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña. Las categorías y colores presentados corresponden a los sugeridos por IDEAM (2013). Como se puede observar existe una baja presión por el recurso hídrico de esta Subzona Hidrográfica.

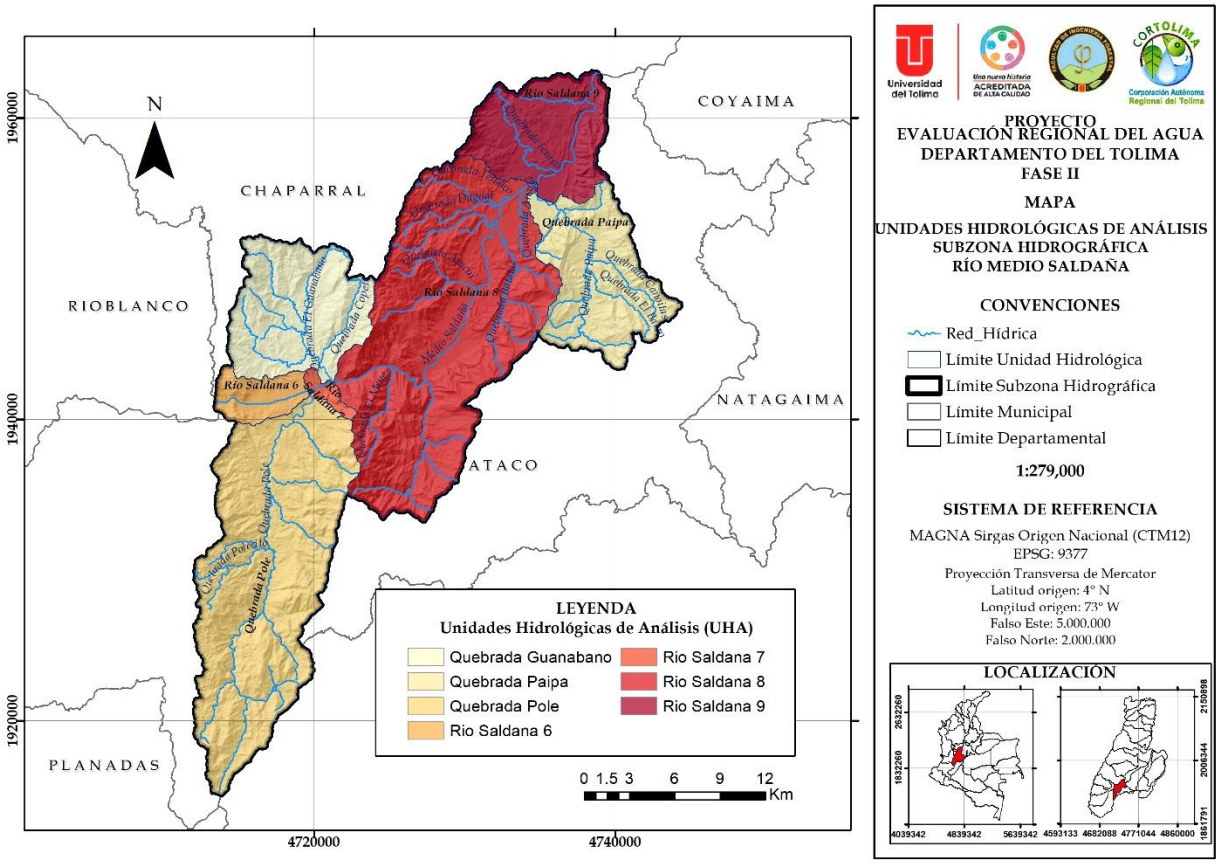


Figura 555. *Unidades Hidrológicas de Análisis (UHA) definidas para la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña*

Tabla 421. *Distribución de la demanda hídrica total por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Total (l/s)	UHA DH Total (l/s)	UHA DH Total (Mm³/año)	% DH Total
Quebrada Guanabano	2203.6.1	Quebrada Copete	60.24	60.24	1.90	10.24
Quebrada Paipa	2203.12	Quebrada Paipa	1.36	36.31	1.15	6.17

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Total (l/s)	UHA DH Total (l/s)	UHA DH Total (Mm³/año)	% DH Total
	2203.12.1	Quebrada El Tigre	0.20			
	2203.12.6	Quebrada Canoitas	34.75			
	2203.7	Quebrada De Pole	8.35			
	2203.7.1	Quebrada Polecito	2.07			
Quebrada Pole	2203.7.2	Quebrada Monte Frío	1.39	17.36	0.55	2.95
	2203.7.5	Quebrada San Francisco	0.55			
	2203.7.8	Quebrada Agua Fria	5.00			
Rio Saldana 6	2203	Medio Saldaña	66.11	66.11	2.08	11.23
	2203	Medio Saldaña	306.10			
Rio Saldana 8	2203.11	Quebrada Anape	0.35	376.28	11.87	63.94
	2203.4	Quebrada Nacedero	54.00			
	2203.5.1	Quebrada San Isidro	15.83			
Rio Saldana 9	2203	Medio Saldaña	32.18	32.18	1.01	5.47
	Total		**588.48**	**588.48**	**18.56**	**100**

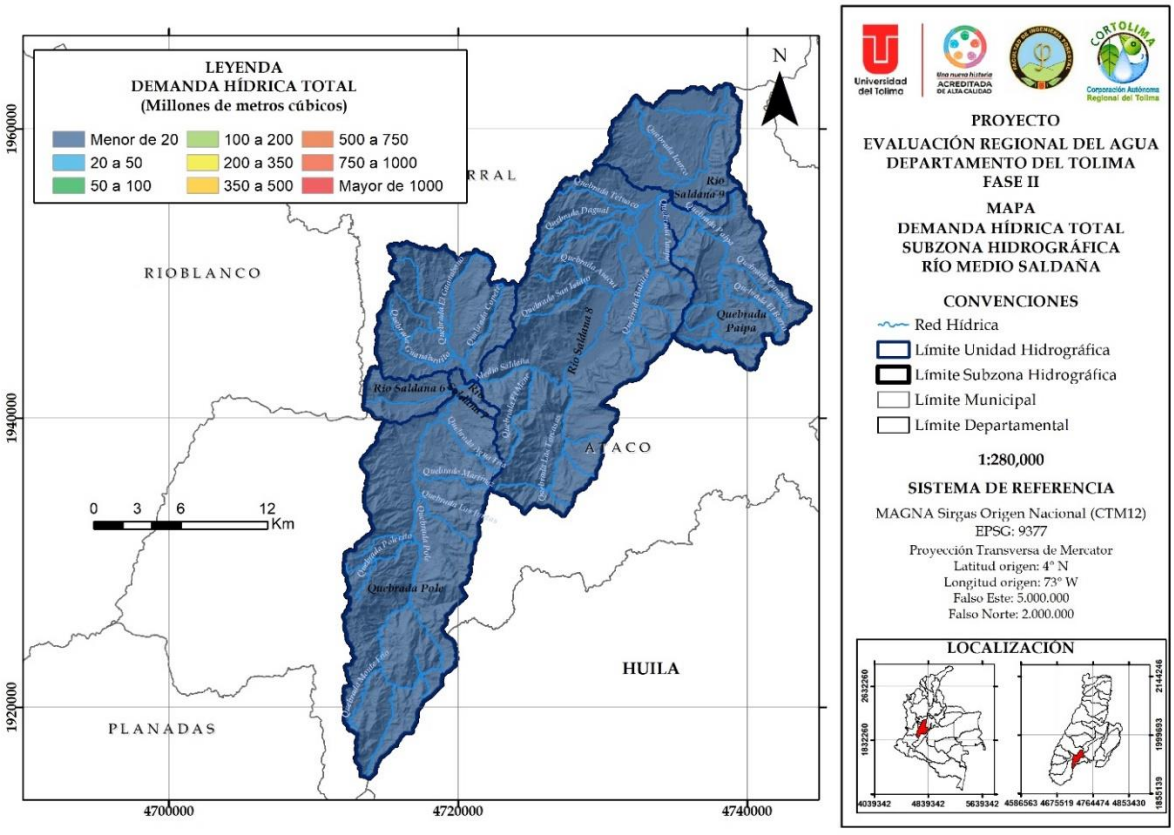


Figura 556. *Distribución de la demanda hídrica total en la SZH Medio Saldaña*

24.6.1. Uso Agrícola

Teniendo en cuenta los usos considerados en el Decreto 3930 de 2010, según los lineamientos del IDEAM (2013) y los establecidos en el Decreto 1155 del 7 de julio de 2017 para efectos de la liquidación de la Tasa por Uso (TUA), dentro de este sector se reúnen los usos denominados como Agrícola (Riego y Silvicultura) y Riego – Distritos. De acuerdo con lo anterior, la demanda agrícola para la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña corresponde a 456.99 l/s, distribuida en 5 fuentes hídricas abastecedoras de las cuales el río Medio Saldaña comprende el 80.86% (369.50 l/s) de esta demanda, seguido por la quebrada Nacedero con el 11.82% (54 l/s) y la quebrada Copete con 6.59% (30.12 l/s) (**Tabla 422**). Los usuarios con mayor demanda en estas fuentes hídricas son Lozano Trujillo Natasha con 160 l/s, Nazario Vergara Vidales con 100 l/s, el Instituto Nacional de Adecuación de Tierras en Liquidación (INAT) con 54 l/s, la Empresa Comunitaria La Planicie con 52.50 l/s, Diego Fernando Zambrano Diaz con 45 l/s y la compañía Goliat S.A. y/o Héctor Fernando Garzon A con 30.12 l/s.

Tabla 422. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Agrícola en la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Agrícola (l/s)	DH. Agrícola (Mm³/año)	%
2203	Medio Saldaña	5	369.50	11.65	80.86
2203.4	Quebrada Nacedero	1	54.00	1.70	11.82
2203.7	Quebrada De Pole	1	3.09	0.10	0.68
2203.5.1	Quebrada San Isidro	1	0.28	0.01	0.06
2203.6.1	Quebrada Copete	1	30.12	0.95	6.59
Total		**9**	**456.99**	**14.41**	**100**

La distribución del caudal demandando para uso agrícola por cada UHA se presenta en la **Tabla 423**. Se evidencia que en la UHA Rio Saldana 8 se genera la mayor demanda del recurso hídrico para este tipo de uso (78.62%; 359.28 l/s) y esta demanda representa el 61.05% de la demanda hídrica total de la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña (588.48 l/s). En la **Figura 557** se muestra el grado de presión que ejerce la demanda de estas UHA sobre el recurso hídrico de la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña.

Tabla 423. *Distribución de la demanda hídrica Agrícola por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Agrícola (l/s)	UHA DH Agrícola (l/s)	UHA DH Agrícola (Mm³/año)	% DH Sector Agrícola SZH	% DH Total SZH
Quebrada Guanabano	**2203.6.1**	Quebrada Copete	30.12	30.12	0.95	6.59	5.12
Quebrada Pole	**2203.7**	Quebrada De Pole	3.09	3.09	0.10	0.68	0.53

Rio Saldana 6	**2203**	Medio Saldaña	64.50	64.50	2.03	14.11	10.96
	2203	Medio Saldaña	305.00				
Rio Saldana 8	**2203.4**	Quebrada Nacedero	54.00	359.28	11.33	78.62	61.05
	2203.5.1	Quebrada San Isidro	0.28				
	Total		**456.99**	**456.99**	**14.41**	**100**	**77.65**

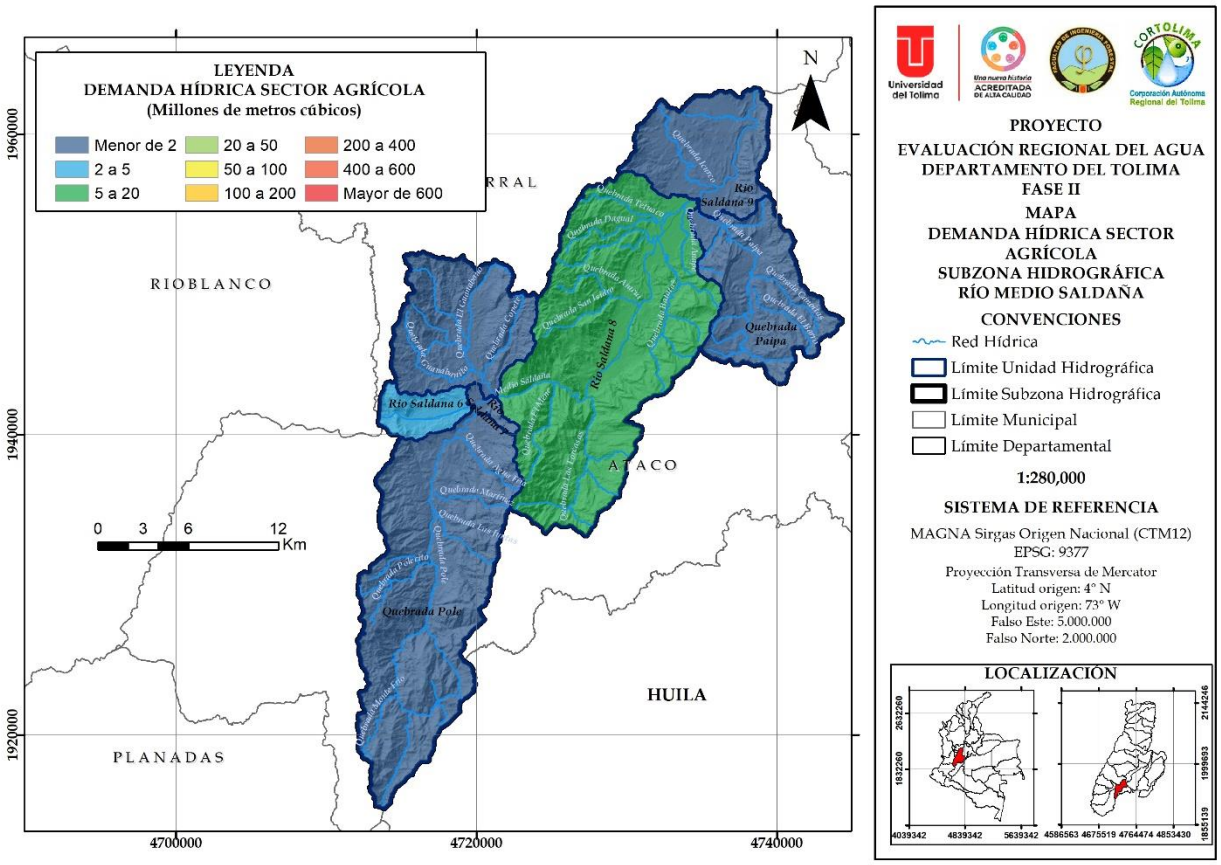


Figura 557. *Distribución de la demanda hídrica para uso Agrícola en la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña*

24.6.2. Uso Consumo Humano y Doméstico

La demanda de este sector corresponde a los usos establecidos en la TUA bajo Decreto 1155 del 7 de julio de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible como: Doméstico, Consumo Humano y Acueductos. Se estima que para la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña la demanda para Consumo Humano y Doméstico corresponde a 80.77 l/s, la cual está distribuida en 14 usuarios (**Tabla 424**). Las fuentes hídricas que surten la mayor parte de esta demanda son la quebrada Canoitas con 43.03% (34.75 l/s) y el río Medio Saldaña con 40.96% (33.09 l/s). El principal demandante, según la base de datos de CORTOLIMA, es el acueducto del municipio de

Ataco Tolima quien tiene dos concesiones de agua, una de 34.75 l/s y la otra de 32.18 l/s.

Tabla 424. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para Consumo Humano y Doméstico en la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Consumo Humano y Doméstico (l/s)	DH. Consumo Humano y Doméstico (Mm³/año)	%
2203	Medio Saldaña	3	33.09	1.04	40.96
2203.11	Quebrada Anape	1	0.35	0.01	0.43
2203.7	Quebrada De Pole	2	5.26	0.17	6.52
2203.12.6	Quebrada Canoitas	1	34.75	1.10	43.03
2203.5.1	Quebrada San Isidro	2	0.31	0.01	0.38
2203.7.1	Quebrada Polecito	2	2.07	0.07	2.56
2203.7.2	Quebrada Monte Frío	1	1.39	0.04	1.72
2203.7.5	Quebrada San Francisco	1	0.55	0.02	0.68
2203.7.8	Quebrada Agua Fria	1	3.00	0.09	3.71
	Total	**14**	**80.77**	**2.55**	**100**

La distribución del caudal demandando para uso agrícola por cada UHA se presenta en la **Tabla 425**. Se evidencia que entre las UHA Quebrada Paipa, Rio Saldana 9 y Quebrada Pole se concentra el 98.1% del total de la demanda de agua destinado para uso agrícola en esta subzona hidrográfica, con caudales de 34.75 l/s, 32.18 l/s y 12.27 l/s, respectivamente. En la **Figura 558** se muestra la distribución espacial de los volúmenes de agua demandados en cada UHA. Se determina que la presión que ejerce la demanda hídrica de este sector sobre el recurso de la subzona es muy baja no superándose 2 Mm³/año.

Tabla 425. *Distribución de la demanda hídrica del Consumo Humano y Doméstico por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH CH Doméstico (l/s)	UHA DH CH Doméstico (l/s)	UHA DH CH Doméstico (Mm³/año)	% DH Sector CH Doméstico SZH	% DH Total SZH
Quebrada Paipa	2203.12.6	Quebrada Canoitas	34.75	34.75	1.10	43.03	7.11
	2203.7	Quebrada De Pole	5.26				
	2203.7.1	Quebrada Polecito	2.07				
Quebrada Pole	2203.7.2	Quebrada Monte Frío	1.39	12.27	0.39	15.20	2.51
	2203.7.5	Quebrada San Francisco	0.55				
	2203.7.8	Quebrada Agua Fria	3.00				
Rio Saldana 6	2203	Medio Saldaña	0.81	0.81	0.03	1.00	0.16
	2203.5.1	Quebrada San Isidro	0.31				
Rio Saldana 8	2203	Medio Saldaña	0.10	0.76	0.02	0.94	0.15
	2203.11	Quebrada Anape	0.35				

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH CH Doméstico (l/s)	UHA DH CH Doméstico (l/s)	UHA DH CH Doméstico (Mm³/año)	% DH Sector CH Doméstico SZH	% DH Total SZH
Rio Saldana 9	2203	Medio Saldaña	32.18	32.18	1.01	39.84	6.59
	Total		**80.77**	**80.77**	**2.55**	**100**	**16.53**

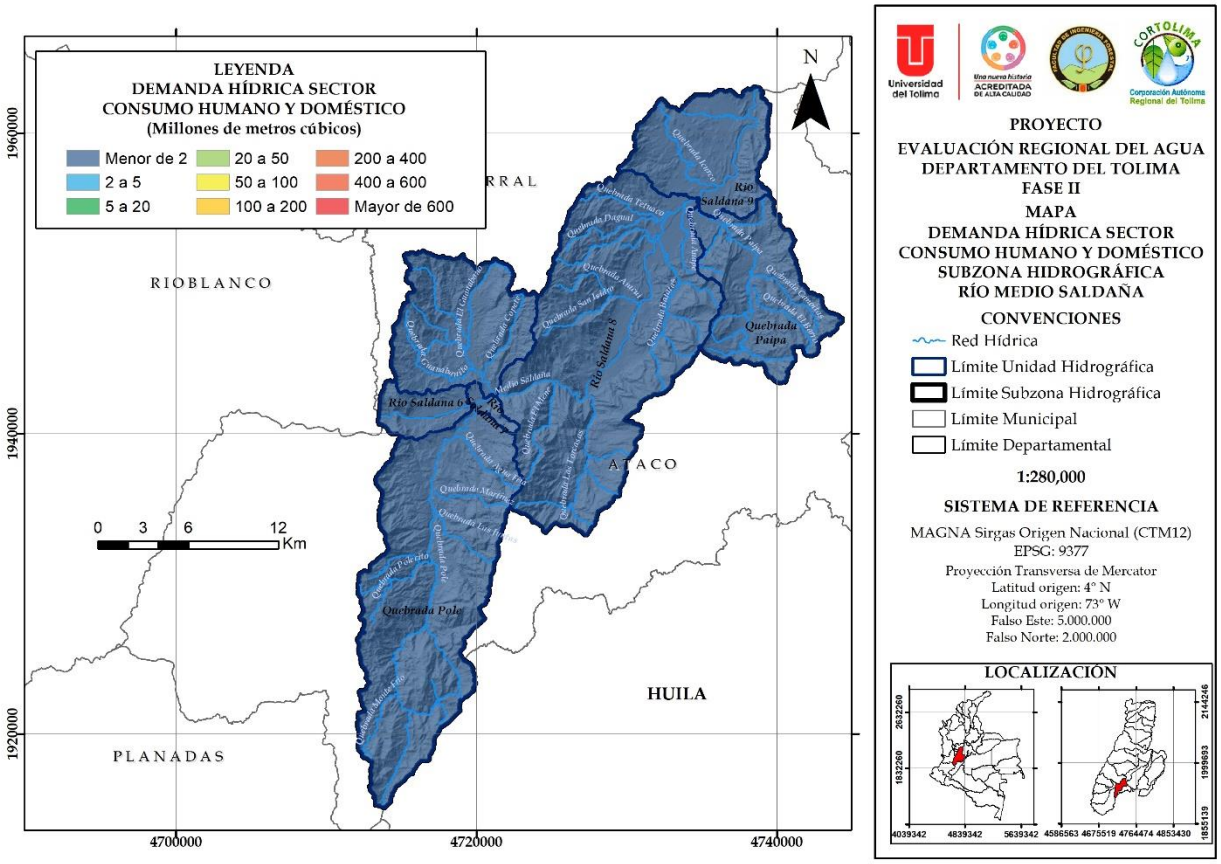


Figura 558. *Distribución de la demanda hídrica para Consumo Humano y Doméstico en la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña*

24.6.3. Uso Generación de Energía

En la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña la demanda hídrica para generación de energía corresponde a 14.97 l/s que son extraídos de la quebrada San Isidro (**Tabla 426**) y se localizan sobre la UHA Rio Saldana 8 (**Tabla 427**). Este volumen de agua se asignó al señor Jose Hoover Herrera Montoya para generar la fuerza hidráulica requerida de un trapiche panelero. En la **Figura 559** se evidencia que la demanda hídrica de este sector no ejerce presión significativa sobre el recurso de la Subzona.

Tabla 426. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para Generación de Energía en la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Generación de Energía (l/s)	DH. Generación de Energía (Mm³/año)	%
2203.5.1	Quebrada San Isidro	1	14.97	0.47	100
Total		**1**	**14.97**	**0.47**	**100**

Tabla 427. *Distribución de la demanda hídrica para Generación de Energía por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Generación Energía (l/s)	UHA DH Generación Energía (l/s)	UHA DH Generación Energía (Mm³/año)	% DH Sector Generación Energía SZH	% DH Total SZH
Rio Saldana 8	2203.5.1	Quebrada San Isidro	14.97	14.97	0.47	100	3.06
Total			**14.97**	**14.97**	**0.47**	**100**	**3.06**

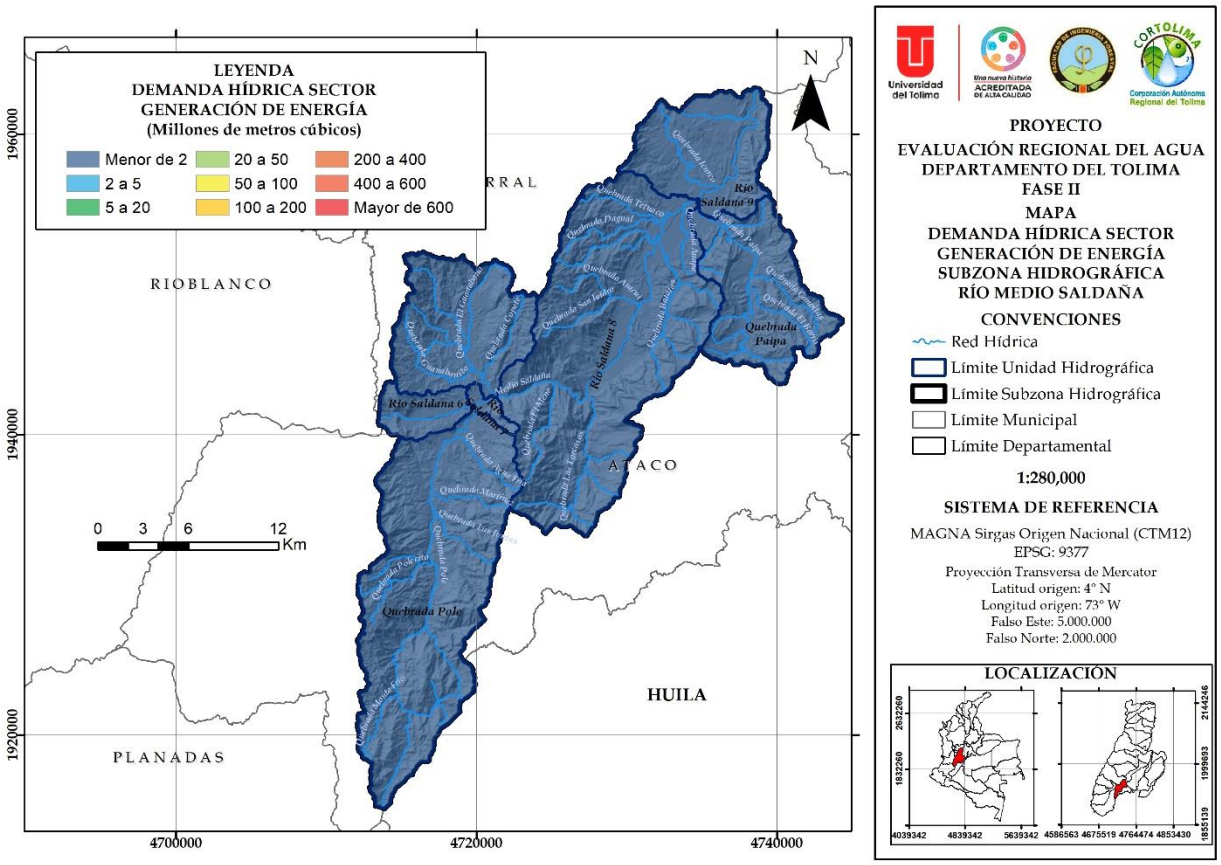


Figura 559. *Distribución de la demanda hídrica para Generación de Energía en la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña*

24.6.4. Uso Industrial

Para uso industrial solo se demandan 2.17 l/s en la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña, provenientes en un 62.82% de la quebrada Paipa y un 37.18% del río Medio Saldaña **Tabla 428**. Esta demanda corresponde a dos usuarios del municipio de Ataco Tolima correspondientes a: el Consorcio Carretero con 1.36 l/s y la empresa Ingeniería de Vías S.A con 0.81 l/s.

Tabla 428. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Industrial en la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Industrial (l/s)	DH. Industrial (Mm³/año)	%
2203	Medio Saldaña	1	0.81	0.03	37.18
2203.12	Quebrada Paipa	1	1.36	0.04	62.82
Total		**2**	**2.17**	**0.07**	**100**

En relación con las UHA donde se concentra la demanda hídrica del sector industrial de la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña, se deduce que estas corresponden a la UHA Quebrada Paila con el 62.82% (1.36 l/s) y Rio Saldana 8 con el 37.18% (0.81 l/s). La demanda de este sector representa el 0.44% del total de la demanda hídrica de la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña (488.48 l/s) (**Tabla 429**). En la **Figura 560** se evidencia que la presión del recurso hídrico por este tipo de uso no es representativa en la subzona.

Tabla 429*. Distribución de la demanda hídrica para uso Industrial por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Industrial (l/s)	UHA DH Industrial (l/s)	UHA DH Industrial (Mm³/año)	% DH Sector Industrial SZH	% DH Total SZH
Quebrada Paipa	2203.12	Quebrada Paipa	1.36	1.36	0.04	62.82	0.28
Rio Saldana 6	2203	Medio Saldaña	0.81	0.81	0.03	37.18	0.16
	Total		**2.17**	**2.17**	**0.07**	**100**	**0.44**

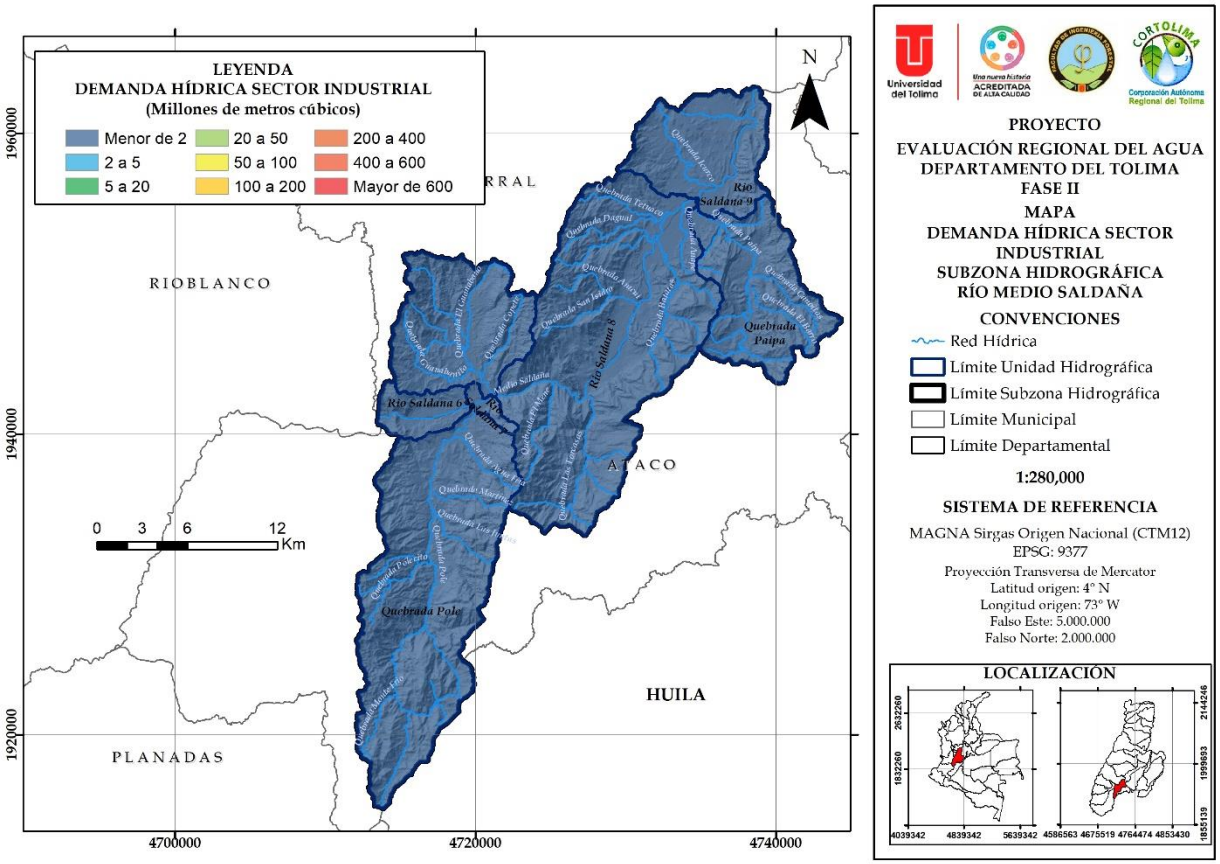


Figura 560. *Distribución de la demanda hídrica para uso Industrial en la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña*

24.6.5. Uso Minería

En la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña, la demanda para Minería es de 0.20 l/s provenientes de la quebrada El Tigre (**Tabla 430**), la cual hace parte de la UHA quebrada Paipa definida en la ERA para esta subzona hidrográfica (**Tabla 431**). Esta demanda corresponde a la señora Elsy Pacheco de Ospina según la resolución 4344 del 12 de enero de 2010, tal como se registra en las bases de datos (TUA – SIRH) de CORTOLIMA. En la **Figura 561** se evidencia que la presión del recurso hídrico por este tipo de uso no es representativa en la subzona.

Tabla 430. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para Minería en la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Minería (l/s)	DH. Minería (Mm^3/año)	%
2203.12.1	Quebrada El Tigre	1	0.20	0.01	100
Total		**1**	**0.20**	**0.01**	**100**

***Tabla 431**. Distribución de la demanda hídrica para Minería por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Minería (l/s)	UHA DH Minería (l/s)	UHA DH Minería (Mm³/año)	% DH Sector Minería SZH	% DH Total SZH
Quebrada Paipa	**2203.12.1**	Quebrada El Tigre	0.20	0.20	0.01	100	0.04
	Total		**0.20**	**0.20**	**0.01**	**100**	**0.04**

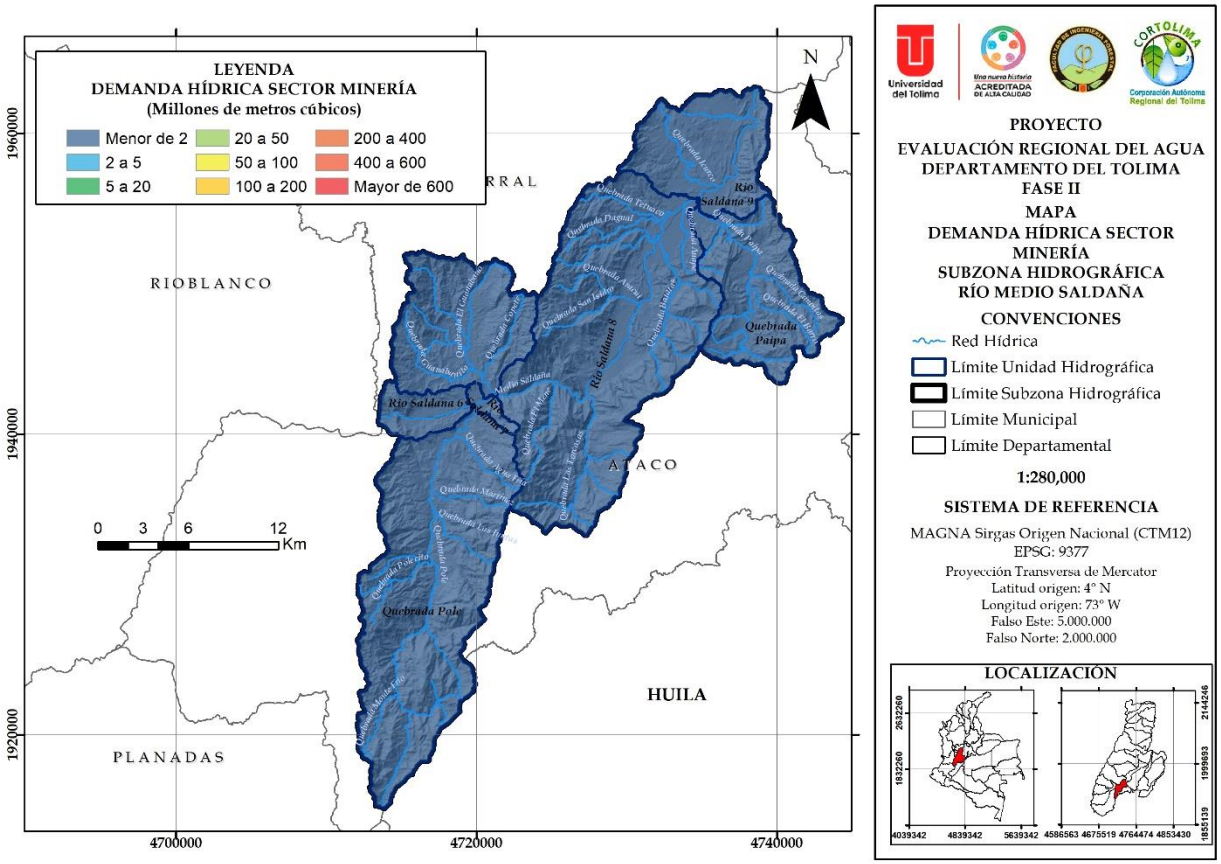


***Figura 561**. Distribución de la demanda hídrica para Minería en la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña*

24.6.6. Uso Pecuario

La demanda de este sector corresponde a los usos denominados en la TUA bajo Decreto 1155 del 7 de julio de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible como: Abrevaderos y Pecuario. En la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña se demandan 33.40 l/s, de los cuales el 90.19% (30.12 l/s), corresponden a la quebrada Copete **Tabla 432**, que corresponden a la concesión de aguas otorgada por CORTOLIMA a la compañía Goliat S.A. y/o Héctor Fernando Garzon A., bajo resolución 543 del 4 de agosto del 2021.

Tabla 432. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Pecuario en la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Pecuario (l/s)	DH. Pecuario (Mm³/año)	%
2203	Medio Saldaña	1	1.00	0.03	2.99
2203.5.1	Quebrada San Isidro	1	0.28	0.01	0.83
2203.6.1	Quebrada Copete	1	30.12	0.95	90.19
2203.7.8	Quebrada Agua Fria	1	2.00	0.06	5.99
Total		**4**	**33.40**	**1.05**	**100**

Por Unidad Hidrológica de Análisis (UHA) se observa que la mayor presión del recurso hídrico por el sector pecuario se presenta en la UHA Quebrada Guanabano en donde se genera el 90.19% (30.12 l/s) de la demanda hídrica pecuaria de esta Subzona Hidrográfica. De acuerdo con la **Figura 562** la presión que ejerce la demanda hídrica de este sector es muy baja respecto a la disponibilidad del recuso en la Subzona Hidrográfica.

Tabla 433. *Distribución de la demanda hídrica para uso Pecuario por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Pecuario (l/s)	UHA DH Pecuario (l/s)	UHA DH Pecuario (Mm³/año)	% DH Sector Pecuario SZH	% DH Total SZH
Quebrada Guanabano	2203.6.1	Quebrada Copete	30.12	30.12	0.95	90.19	6.17
Quebrada Pole	2203.7.8	Quebrada Agua Fria	2.00	2.00	0.06	5.99	0.41
Rio Saldana 8	2203.5.1	Quebrada San Isidro	0.28	1.28	0.04	3.82	0.26
	2203	Medio Saldaña	1.00				
	Total		**33.40**	**33.40**	**1.05**	**100**	**6.84**

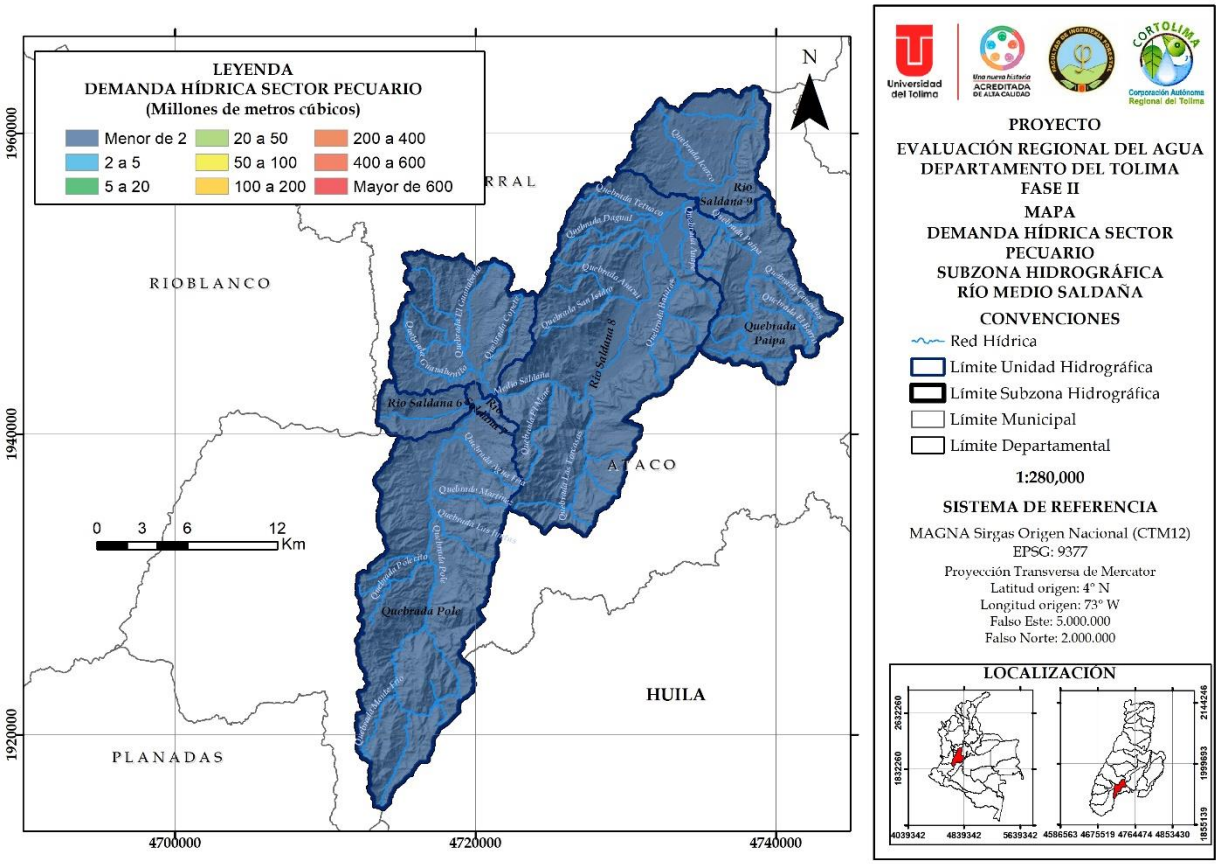


Figura 562. *Distribución de la demanda hídrica para uso Pecuario en la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña*

24.7. Subzona Hidrográfica del río Amoyá

La demanda hídrica total para la Subzona Hidrográfica del río Amoyá se estima en 19316.22 l/s, si bien, el caudal concesionado en las resoluciones otorgadas por la autoridad ambiental estipula un uso específico del mismo, en ocasiones este uso es combinado (más de un uso específico) en una misma captación; por tanto, al momento de definir los tipos de uso de caudales concesionados, fue necesario contemplar las posibles combinaciones o usos múltiples del recurso (**Tabla 434**). En las siguientes secciones se caracterizará la demanda de esta Subzona Hidrográfica por cada tipo de uso de agua.

Tabla 434. *Caudal concesionado por tipo de uso en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá*

Tipo de Uso	Usuarios	Caudal concesionado (l/s)	Caudal Concesionado (Mm³/año)
Agrícola	44.00	926.65	29.22
Agrícola - Consumo Humano y Doméstico	3.00	10.40	0.33

Tipo de Uso	Usuarios	Caudal concesionado (l/s)	Caudal Concesionado (Mm³/año)
Agrícola - Consumo Humano y Doméstico - Pecuario	1.00	23.42	0.74
Consumo Humano y Doméstico	52.00	317.76	10.02
Consumo Humano y Doméstico - Pecuario	3.00	0.49	0.02
Consumo Humano y Doméstico - Pecuario - Piscícola	1.00	0.50	0.02
Consumo Humano y Doméstico - Piscícola	1.00	1.70	0.05
Generación de Energía	1.00	18000.00	567.65
Industrial	20.00	28.72	0.91
Pecuario	3.00	0.65	0.02
Piscícola	3.00	5.33	0.17
Recreativo	1.00	0.60	0.02
Total	**133.00**	**19316.22**	**609.16**

En la **Tabla 435** se presenta la distribución de la demanda hídrica total por fuente hídrica abastecedora en esta Subzona Hidrográfica. Se determina que la demanda hídrica se concentra principalmente en el río Amoyá en un 96.86% (18710.47 l/s), las demás fuentes hídricas solo participan con menos del 1% del volumen total demandado, lo cual en conjunto representan 605.75 l/s que equivalen al 3.14% de la demanda hídrica total de la subzona.

Tabla 435. *Caudal concesionado por fuente hídrica abastecedora en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Caudal concesionado (l/s)	Caudal concesionado (Mm³/año)	%
2204	Río Amoya	18710.47	590.05	96.86
2204.1	Quebrada Guani	131.22	4.14	0.68
2204.10	Quebrada El Quebradon	1.02	0.03	0.01
2204.11	Quebrada El Horizonte	0.52	0.02	0.003
2204.2	Quebrada El Neme	61.00	1.92	0.32
2204.28	Quebrada Tequendama	1.44	0.05	0.01
2204.3	Quebrada Apa	0.40	0.01	0.002
2203.30	Quebrada San Pablo	0.32	0.01	0.002
2204.31	Quebrada Grande	2.56	0.08	0.01
2204.32	Río Ambeima	11.99	0.38	0.06
2204.33	Quebrada Irco	5.65	0.18	0.03
2204.34	Quebrada Tuluni	154.66	4.88	0.80
2204.6	Quebrada El Cedral	2.62	0.08	0.01
2204.7	Quebrada San Jorge	134.43	4.24	0.70
2204.8	Río Negro	0.41	0.01	0.002
2204.9	Quebrada La Arenosa	0.95	0.03	0.005
2204.1.4	Quebrada La Palmita	2.50	0.08	0.01
2204.1.5	Quebrada Madroñal	2.47	0.08	0.01
2204.2.1	Quebrada Guabinas	0.67	0.02	0.003

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Caudal concesionado (l/s)	Caudal concesionado (Mm³/año)	%
2204.2.5	Quebrada Chicona	0.13	0.00	0.001
2204.29.7	Quebrada Janeiro	1.15	0.04	0.01
2204.30.1	Quebrada San Francisco	0.57	0.02	0.003
2204.32.1	Quebrada Cafuche	0.25	0.01	0.001
2204.32.2	Quebrada San Pablo	4.24	0.13	0.02
2204.33.2	Quebrada Linday	59.69	1.88	0.31
2204.33.3	Quebrada Providencia	0.36	0.01	0.002
2204.33.5	Quebrada El Chorro	1.53	0.05	0.01
2204.34.1.3	Quebrada Los Ángeles	0.26	0.01	0.001
2204.34.12	Quebrada Mulicu	17.00	0.54	0.09
2204.34.13	Quebrada El Totumo	1.80	0.06	0.01
2204.34.8.1	Quebrada El Chunchullo	0.73	0.02	0.004
2204.34.9	Quebrada Icarco	0.75	0.02	0.004
2204.7.1	Quebrada Chinchina	1.01	0.03	0.01
2204.7.2	Quebrada Agua Bonita	0.50	0.02	0.003
2204.8.1	Quebrada La Estación	0.95	0.03	0.005
	Total	**19316.22**	**609.16**	**100**

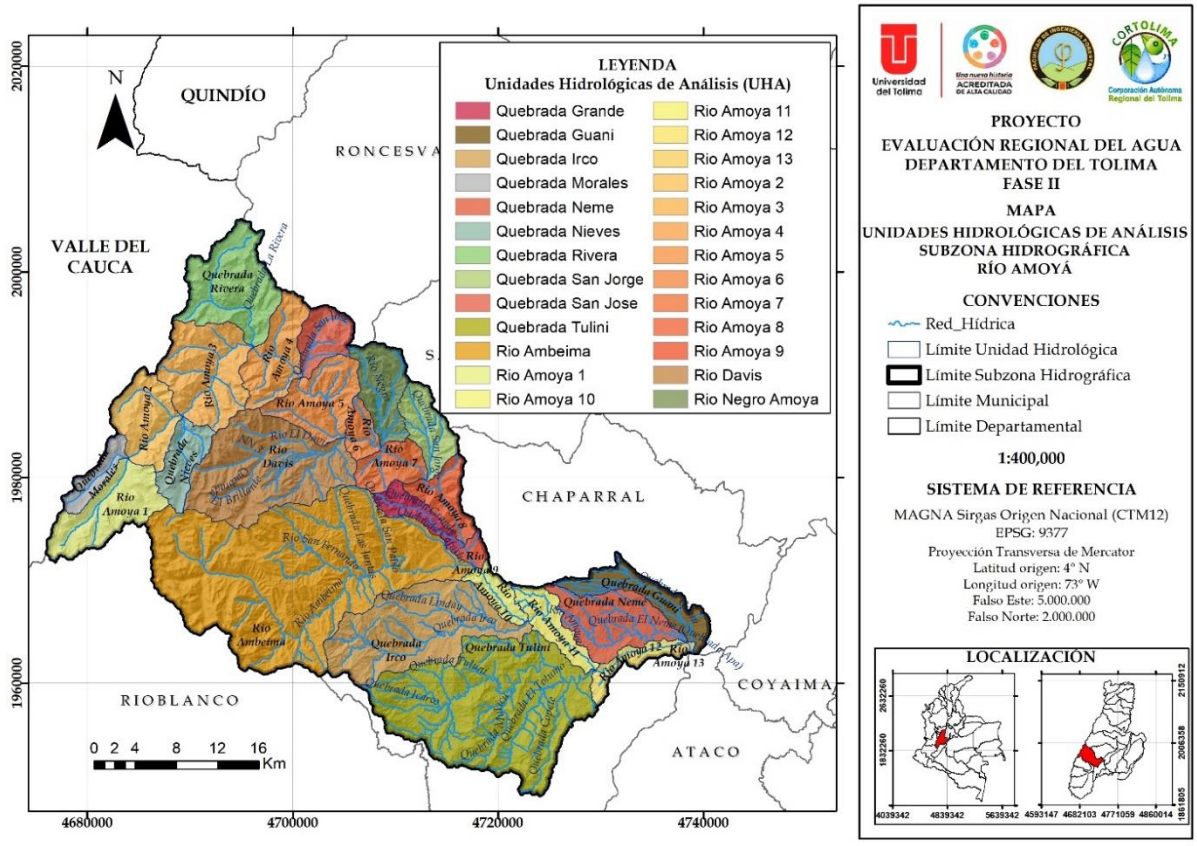


Figura 563. *Unidades Hidrológicas de Análisis (UHA) definidas para la SZH del río Amoyá*

La demanda hídrica se distribuyó en las 26 Unidades Hidrológicas de Análisis (UHA) que el equipo técnico del ERA definió para esta SZH (**Figura 563**). En la **Tabla 436** se presenta la distribución de la demanda hídrica total por fuente hídrica abastecedora en cada UHA definida en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá. Se determina que la demanda hídrica se concentra principalmente en la UHA Rio Amoyá 6 con el 93.23% que representan 18008.54 l/s. En la **Figura 564** se presenta la distribución de la demanda hídrica total por UHA en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá Las categorías y colores presentados corresponden a los sugeridos por IDEAM (2013). Se evidencia que en el municipio de Chaparral es donde mayor demanda se hace del recurso hídrico de esta Subzona Hidrográfica.

Tabla 436. *Distribución de la demanda hídrica total por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Amoyá*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Total (l/s)	UHA DH Total (l/s)	UHA DH Total (Mm³/año)	% DH Total
Quebrada Grande	2204.32.1	Quebrada Cafuche	0.25	2.81	0.09	0.01
	2204.31	Quebrada Grande	2.56			
Quebrada Guani	2204.1.4	Quebrada La Palmita	2.50	136.19	4.29	0.71
	2204.1.5	Quebrada Madroñal	2.47			
	2204.1	Quebrada Guani	131.22			
Quebrada Irco	2204.33	Quebrada Irco	5.65	67.24	2.12	0.35
	2204.33.2	Quebrada Linday	59.69			
	2204.33.3	Quebrada Providencia	0.36			
	2204.33.5	Quebrada El Chorro	1.53			
Quebrada Neme	2204.2.1	Quebrada Guabinas	0.67	61.80	1.95	0.32
	2204.2.5	Quebrada Chicona	0.13			
	2204.2	Quebrada El Neme	61.00			
	2204	Río Amoya	0.87			
Quebrada San Jorge	2204.7.1	Quebrada Chinchina	1.01	135.96	4.29	0.70
	2204.7.2	Quebrada Agua Bonita	0.50			
	2204.7	Quebrada San Jorge	133.58			
Quebrada Tulini	2204.34.1.3	Quebrada Los Angeles	0.26	175.20	5.53	0.91
	2204.34.12	Quebrada Mulicu	17.00			
	2204.34.13	Quebrada El Totumo	1.80			
	2204.34.8.1	Quebrada El Chunchullo	0.73			
	2204.34.9	Quebrada Icarco	0.75			
	2204.34	Quebrada Tuluni	154.66			
Rio Ambeima	2204.32	Río Ambeima	11.99	16.23	0.51	0.08
	2204.32.2	Quebrada San Pablo	4.24			
Rio Amoya 10	2204	Río Amoya	0.10	0.10	0.003	0.001
Rio Amoya 11	2204.3	Quebrada Apa	0.40	0.40	0.01	0.002

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Total (l/s)	UHA DH Total (l/s)	UHA DH Total (Mm³/año)	% DH Total
Rio Amoya 12	2204	Río Amoya	555.30	555.30	17.51	2.87
	2204.1	Quebrada El Quebradon	1.02			
Rio Amoya 5	2204.28	Quebrada Tequendama	1.44	2.98	0.09	0.02
	2204.11	Quebrada El Horizonte	0.52			
Rio Amoya 6	2204	Río Amoya	18007.60	18008.54	567.92	93.23
	2204.9	Quebrada La Arenosa	0.95			
Rio Amoya 7	2204	Río Amoya	134.34	136.09	4.29	0.70
	2204.30.1	Quebrada San Francisco	0.57			
	2204.3	Quebrada San Pablo	0.32			
	2204.7	Quebrada San Jorge	0.85			
Rio Amoya 8	2204	Río Amoya	11.76	14.38	0.45	0.07
	2204.6	Quebrada El Cedral	2.62			
Rio Amoya 9	2204	Río Amoya	0.50	0.50	0.02	0.003
Rio Davis	2204.29.7	Quebrada Janeiro	1.15	1.15	0.04	0.01
Rio Negro Amoya	2204.8.1	Quebrada La Estacion	0.95	1.36	0.04	0.01
	2204.8	Río Negro	0.41			
	Total		**19316.22**	**19316.22**	**609.16**	**100**

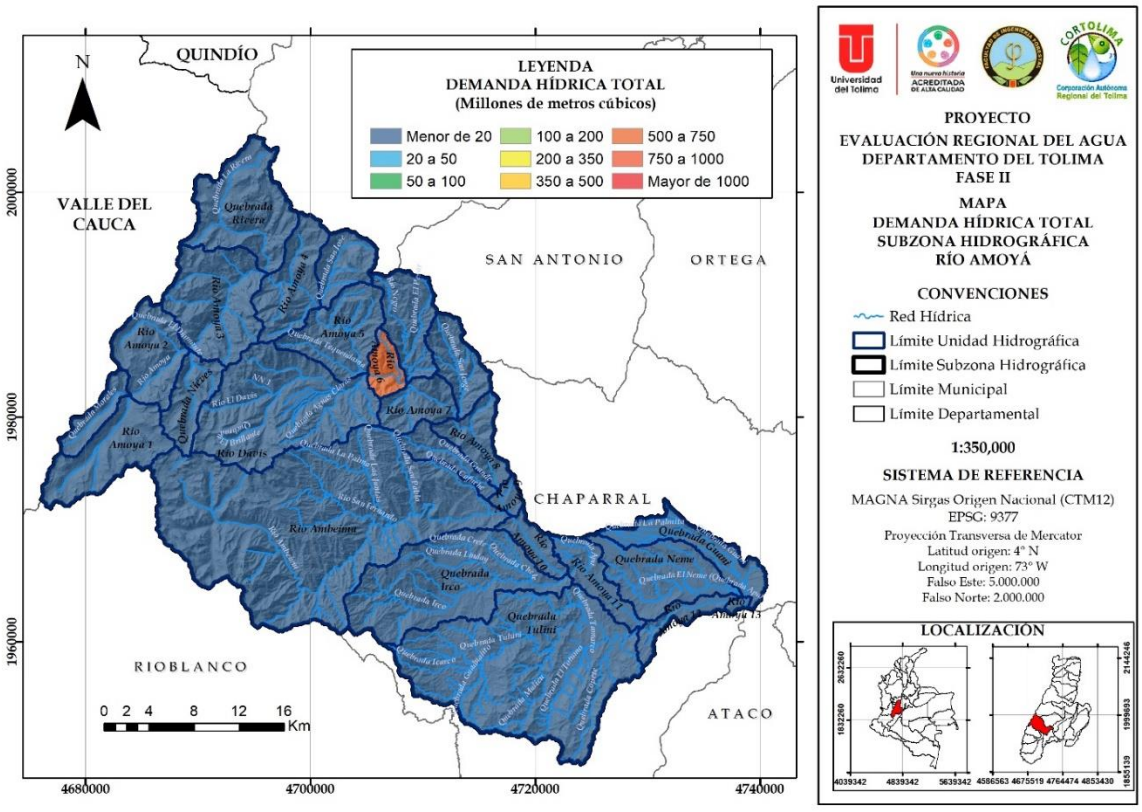


***Figura 564**. Distribución de la demanda hídrica total en la SZH del río Amoyá*

24.7.1. Uso Agrícola

Considerando los usos establecidos en el Decreto 3930 de 2010, según los lineamientos del IDEAM (2013) y los señalados en el Decreto 1155 del 7 de julio de 2017 para efectos de la liquidación de la Tasa por Uso (TUA), dentro de este sector se reúnen los usos denominados por la TUA como Agrícola (Riego y Silvicultura) y Riego – Distritos. Con base en lo anterior, la demanda agrícola para la Subzona Hidrográfica del río Amoyá se determina en 955.48 l/s. Las tres principales fuentes hídricas abastecedoras, tal como se evidencia en la **Tabla 437**, son en primer lugar, el río Amoyá con el 58.12% (555.30 l/s), en segundo lugar, la quebrada Tuluni con el 15.19% (145.10 l/s), y en tercer lugar la quebrada Guaní con el 13.71% (131.0 l/s). Los usuarios con mayor demanda en estas fuentes hídricas son: en el río Amoyá, el señor Daniel Torres Molina quien tiene 2 concesiones sobre esta fuente hídrica de 120 l/s y 75 l/s, respectivamente, y el señor Henry Calderón García con una concesión de 58 l/s; en la quebrada Tuluni se encuentra el usuario ASOTULUNÍ con 120 l/s y en la quebrada Guaní, el señor Luís Santana García González con 50 l/s.

Tabla 437. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Agrícola en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Agrícola (l/s)	DH. Agrícola (Mm³/año)	%
2204	Río Amoya	21	555.30	17.51	58.12
2204.1	Quebrada Guani	12	131.00	4.13	13.71
2204.2	Quebrada El Neme	2	61.00	1.92	6.38
2204.32	Río Ambeima	1	0.80	0.03	0.08
2204.33	Quebrada Irco	1	5.65	0.18	0.59
2204.34	Quebrada Tuluni	3	145.10	4.58	15.19
2204.1.4	Quebrada La Palmita	1	1.50	0.05	0.16
2204.33.2	Quebrada Linday	6	54.63	1.72	5.72
2204.34.13	Quebrada El Totumo	1	0.50	0.02	0.05
Total		**48**	**955.48**	**30.13**	**100**

La distribución del caudal demandando para uso agrícola por cada UHA se presenta en la **Tabla 438**. Se evidencia que en la UHA Rio Amoya 12 se concentra el 58.12% (555.30 l/s) de la demanda hídrica para uso agrícola de la Subzona Hidrográfica del río Amoyá. Esta caudal representa el 2.87% de la demanda hídrica total de esta subzona (19316.22 l/s). En la **Figura 565** se muestra la distribución espacial de los volúmenes de agua demandados en cada UHA. Se identifica que la mayor presión por uso del recurso para el sector agrícola la ejerce el municipio de Chaparral, Tolima.

Tabla 438. *Distribución de la demanda hídrica Agrícola por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Amoyá*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Agrícola (l/s)	UHA DH Agrícola (l/s)	UHA DH Agrícola (Mm³/año)	% DH Sector Agrícola SZH	% DH Total SZH
Quebrada Guani	2204.1.4	Quebrada La Palmita	1.50	132.50	4.18	13.87	0.69
	2204.1	Quebrada Guani	131.00				
Quebrada Irco	2204.33	Quebrada Irco	5.65	60.28	1.90	6.31	0.31
	2204.33.2	Quebrada Linday	54.63				
Quebrada Neme	2204.2	Quebrada El Neme	61.00	61.00	1.92	6.38	0.32
Quebrada Tulini	2204.34.13	Quebrada El Totumo	0.50	145.60	4.59	15.24	0.75
	2204.34	Quebrada Tuluni	145.10				
Rio Ambeima	2204.32	Río Ambeima	0.80	0.80	0.03	0.08	0.004
Rio Amoya 12	2204	Río Amoya	555.30	555.30	17.51	58.12	2.87
	Total		**955.48**	**955.48**	**30.13**	**100**	**4.95**

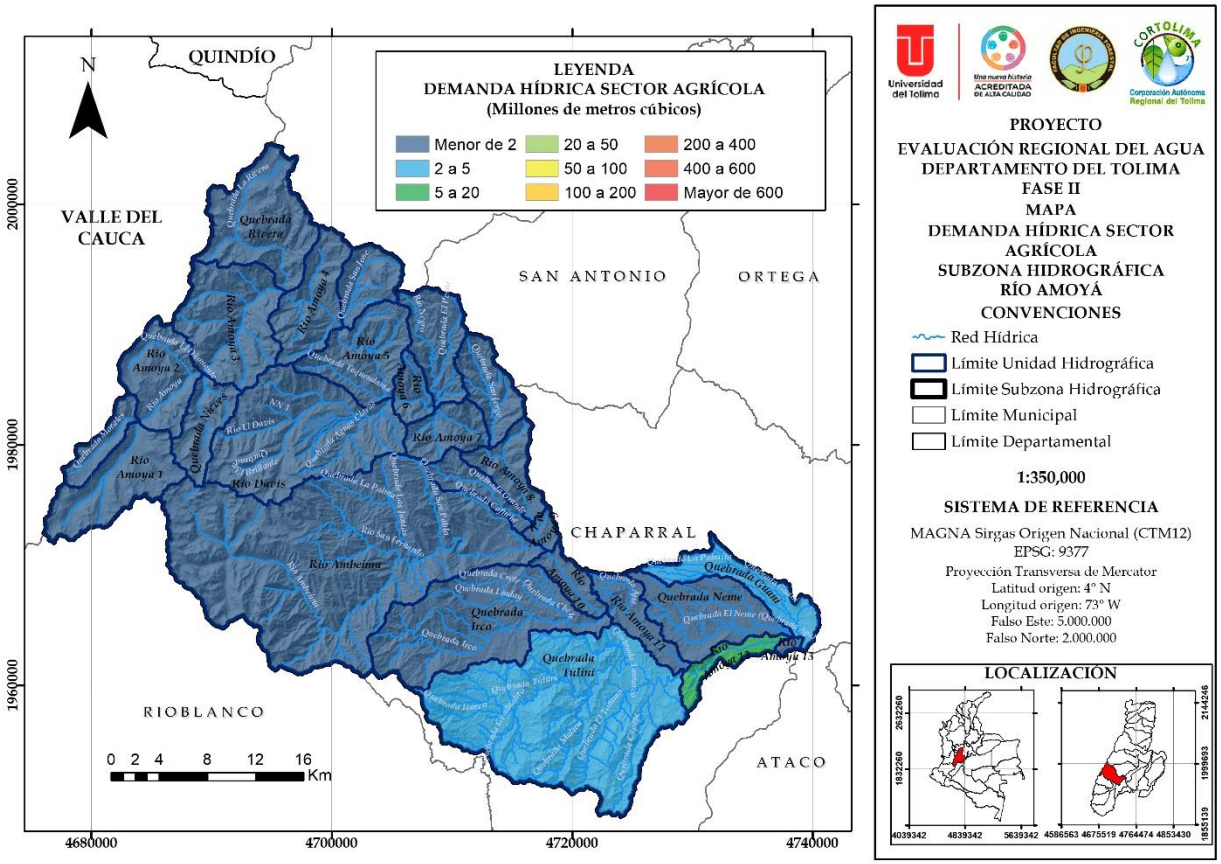


Figura 565. *Distribución de la demanda hídrica para uso Agrícola en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá*

24.7.2. Uso Consumo Humano y Doméstico

La demanda de sector corresponde a los usos denominados en la TUA bajo Decreto 1155 del 7 de julio de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible como: Doméstico, Consumo Humano y Acueductos. Se estima que para la Subzona Hidrográfica del río Amoyá la demanda para Consumo Humano y Doméstico corresponde a 323.29 l/s, distribuidos en 27 fuentes hídricas abastecedoras, principalmente en el río Amoyá con el 41.47% (134.05 l/s) y la quebrada San Jorge con el 41% (132.54 l/s) (**Tabla 439**). El mayor demandante del recurso hídrico es la Empresa de Servicios Públicos de Chaparral (EMPOCHAPARRAL) con dos concesiones de 130 l/s cada una.

Tabla 439. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para Consumo Humano y Doméstico en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Consumo Humano y Doméstico (l/s)	DH. Consumo Humano y Doméstico (Mm^3/año)	%
2204	Río Amoya	13	134.05	4.23	41.47
2204.1	Quebrada Guani	1	0.11	0.00	0.03
2204.10	Quebrada El Quebradon	1	1.02	0.03	0.31
2204.11	Quebrada El Horizonte	1	0.52	0.02	0.16
2204.28	Quebrada Tequendama	1	1.44	0.05	0.45
2204.30	Quebrada San Pablo	1	0.32	0.01	0.10
2204.31	Quebrada Grande	2	2.56	0.08	0.79
2204.32	Río Ambeima	8	11.07	0.35	3.43
2204.34	Quebrada Tuluni	5	5.46	0.17	1.69
2204.6	Quebrada El Cedral	1	0.73	0.02	0.23
2204.7	Quebrada San Jorge	4	132.54	4.18	41.00
2204.8	Río Negro	1	0.41	0.01	0.13
2204.1.5	Quebrada Madroñal	2	1.62	0.05	0.50
2204.2.1	Quebrada Guabinas	1	0.67	0.02	0.21
2204.29.7	Quebrada Janeiro	1	1.15	0.04	0.36
2204.30.1	Quebrada San Francisco	1	0.57	0.02	0.18
2204.32.1	Quebrada Cafuche	1	0.25	0.01	0.08
2204.32.2	Quebrada San Pablo	1	4.24	0.13	1.31
2204.33.2	Quebrada Linday	6	4.34	0.14	1.34
2204.33.3	Quebrada Providencia	1	0.36	0.01	0.11
2204.33.5	Quebrada El Chorro	1	1.53	0.05	0.47
2204.34.1.3	Quebrada Los Angeles	1	0.26	0.01	0.08
2204.34.12	Quebrada Mulicu	1	17.00	0.54	5.26
2204.34.13	Quebrada El Totumo	2	0.08	0.00	0.03
2204.34.9	Quebrada Icarco	1	0.75	0.02	0.23
2204.7.1	Quebrada Chinchina	1	0.06	0.00	0.02

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Consumo Humano y Doméstico (l/s)	DH. Consumo Humano y Doméstico (Mm³/año)	%
2204.7.2	Quebrada Agua Bonita	1	0.17	0.01	0.05
	Total	**61**	**323.29**	**10.20**	**100**

En relación con las UHA donde se concentra la mayor demanda hídrica del consumo humano y doméstico de la Subzona Hidrográfica del río Amoyá, se determina que estas corresponden a la UHA Quebrada San Jorge con 132.79 l/s que representan el 41.07% de la demanda hídrica del sector en la subzona, seguido por la UHA Rio Amoya 7 con 132.12 l/s que equivalen al 40.87% de esta demanda (**Tabla 440**). En la **Figura 566** se puede evidenciar a través de la escala de colores sugeridos por el IDEAM (2013) el grado de presión que ejerce la demanda de estas UHA sobre el recurso hídrico de la Subzona Hidrográfica del río Amoyá.

Tabla 440. *Distribución de la demanda hídrica del Consumo Humano y Doméstico por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Amoyá*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH CH Doméstico (l/s)	UHA DH CH Doméstico (l/s)	UHA DH CH Doméstico (Mm³/año)	% DH Sector CH Doméstico SZH	% DH Total SZH
Quebrada Grande	2204.32.1	Quebrada Cafuche	0.25	2.81	0.09	0.87	0.01
	2204.31	Quebrada Grande	2.56				
Quebrada Guani	2204.1.5	Quebrada Madroñal	1.62	1.73	0.05	0.54	0.01
	2204.1	Quebrada Guani	0.11				
Quebrada Irco	2204.33.2	Quebrada Linday	4.34	6.23	0.20	1.93	0.03
	2204.33.3	Quebrada Providencia	0.36				
	2204.33.5	Quebrada El Chorro	1.53				
Quebrada Neme	2204.2.1	Quebrada Guabinas	0.67	0.67	0.02	0.21	0.003
	2204	Río Amoya	0.87				
Quebrada San Jorge	2204.7.1	Quebrada Chinchina	0.06	132.79	4.19	41.07	0.69
	2204.7.2	Quebrada Agua Bonita	0.17				
	2204.7	Quebrada San Jorge	131.69				
Quebrada Tulini	2204.34.1.3	Quebrada Los Angeles	0.26	23.55	0.74	7.28	0.12
	2204.34.12	Quebrada Mulicu	17.00				
	2204.34.13	Quebrada El Totumo	0.08				
	2204.34.9	Quebrada Icarco	0.75				
	2204.34	Quebrada Tuluni	5.46				
Rio Ambeima	2204.32	Río Ambeima	11.07	15.31	0.48	4.74	0.08
	2204.32.2	Quebrada San Pablo	4.24				
Rio Amoya 10	2204	Río Amoya	0.10	0.10	0.00	0.03	0.001
Rio Amoya 5	2204.1	Quebrada El Quebradon	1.02	2.98	0.09	0.92	0.02

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH CH Doméstico (l/s)	UHA DH CH Doméstico (l/s)	UHA DH CH Doméstico (Mm³/año)	% DH Sector CH Doméstico SZH	% DH Total SZH
Rio Amoya 6	2204.28	Quebrada Tequendama	1.44	0.65	0.02	0.20	0.003
	2204.11	Quebrada El Horizonte	0.52				
	2204	Río Amoya	0.65				
Rio Amoya 7	2204	Río Amoya	130.38	132.12	4.17	40.87	0.68
	2204.30.1	Quebrada San Francisco	0.57				
	2204.3	Quebrada San Pablo	0.32				
	2204.7	Quebrada San Jorge	0.85				
Rio Amoya 8	2204	Río Amoya	2.05	2.78	0.09	0.86	0.01
	2204.6	Quebrada El Cedral	0.73				
Rio Davis	2204.29.7	Quebrada Janeiro	1.15	1.15	0.04	0.36	0.01
Rio Negro Amoya	2204.8	Río Negro	0.41	0.41	0.01	0.13	0.002
	Total		**323.29**	**323.29**	**10.20**	**100**	**1.67**

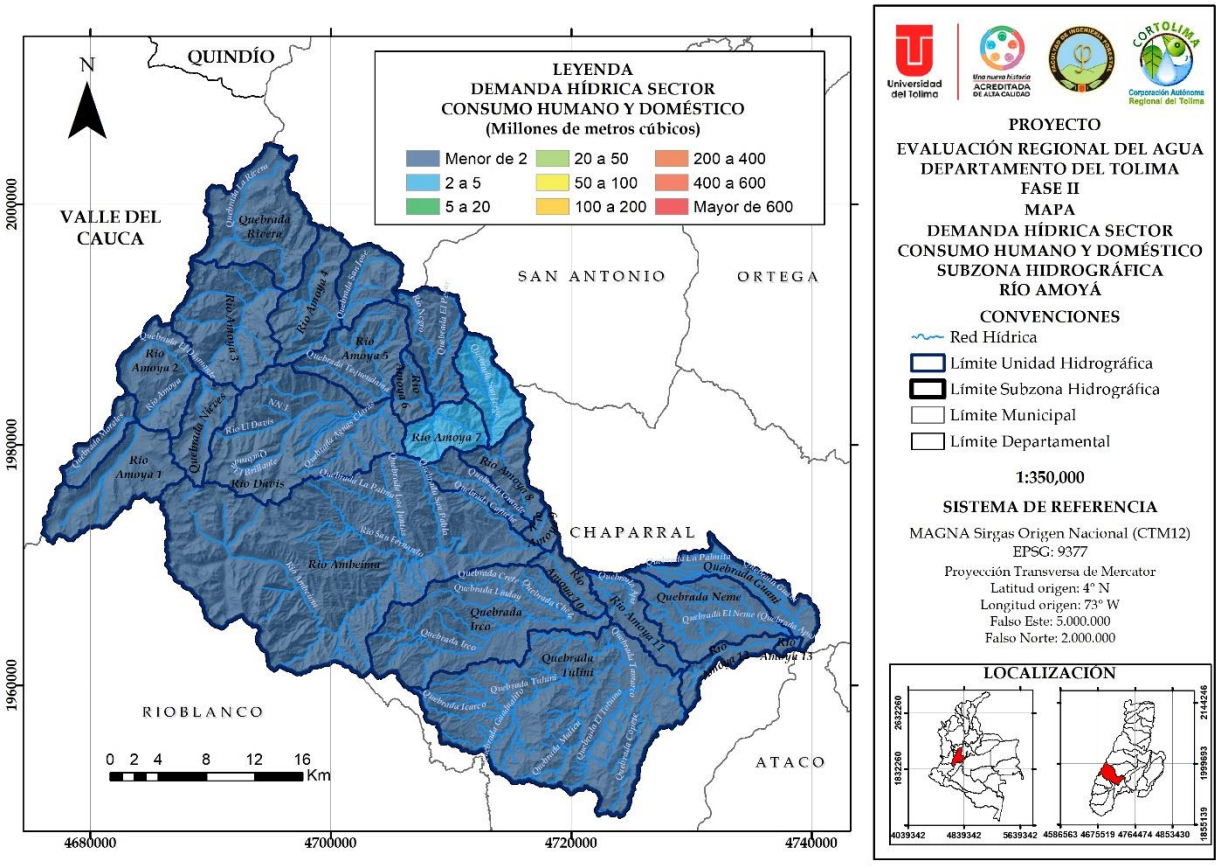


Figura 566. *Distribución de la demanda hídrica para Consumo Humano y Doméstico en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá*

24.7.3. Uso Generación de Energía

La demanda de este sector en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá se relaciona con 18000 l/s (**Tabla 441**) otorgados mediante licencia ambiental a la empresa ISAGEN S.A. E.S.P para la construcción y operación del proyecto "Generación Hidroeléctica del río Amoyá". La presión que ejerce esta demanda sobre el recurso hídrico de la subzona se puede denotar en la **Figura 567**, específicamente en la UHA Rio Amoya 6, tal como se indica en la **Tabla 442**.

***Tabla 441**. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para Generación de Energía en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Generación de Energía (l/s)	DH. Generación de Energía (Mm³/año)	%
2204	Río Amoya	1	18000.00	567.65	100
Total		**1**	**18000.00**	**567.65**	**100**

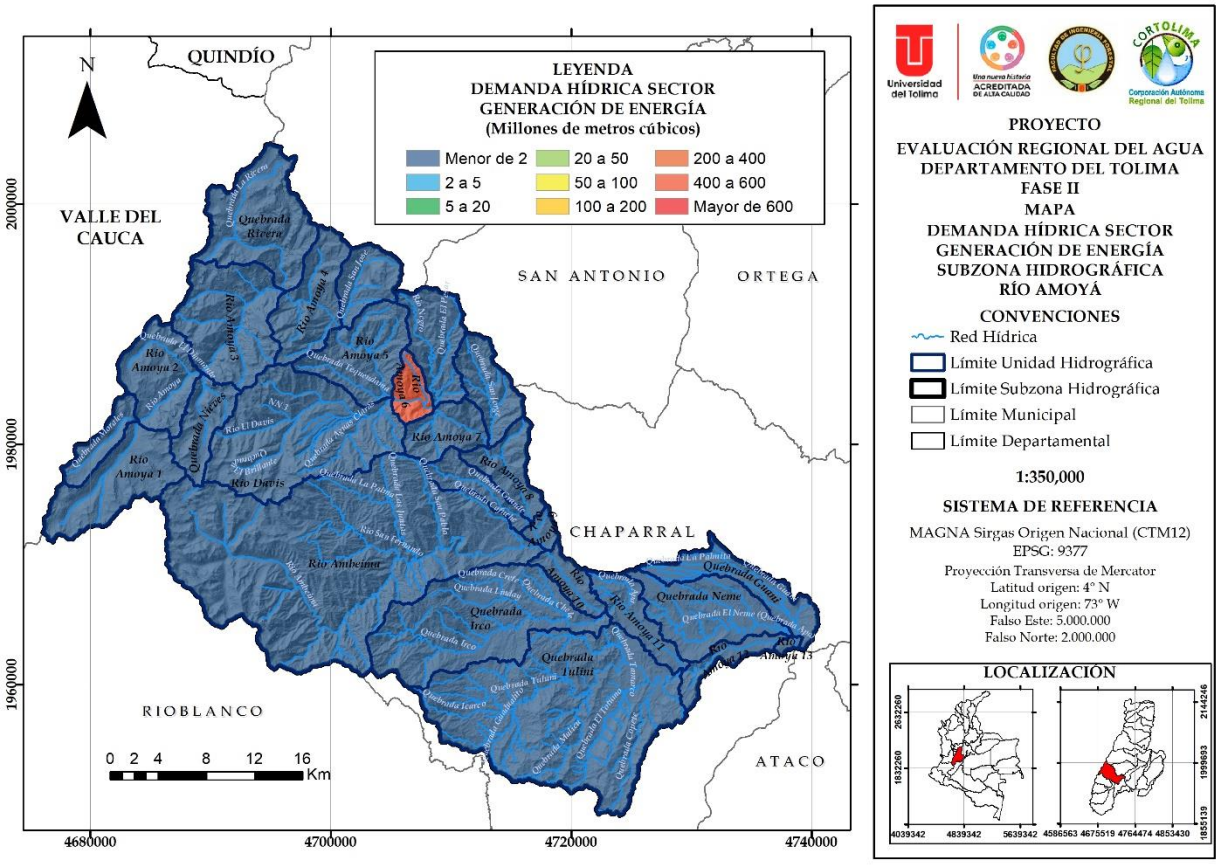


***Figura 567**. Distribución de la demanda hídrica para Generación de Energía en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá*

Tabla 442. *Distribución de la demanda hídrica para Generación de Energía por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Amoyá*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Generación Energía (l/s)	UHA DH Generación Energía (l/s)	UHA DH Generación Energía (Mm³/año)	% DH Sector Generación Energía SZH	% DH Total SZH
Rio Amoya 6	2204	Río Amoya	18000	18000	567.65	100	93.19
	Total		**18000**	**18000**	**567.65**	**100**	**93.19**

24.7.4. Uso Industrial

La demanda industrial de Subzona Hidrográfica del río Amoyá corresponde a 28.72 l/s distribuidos en 8 fuentes hídricas abastecedoras en donde el río Amoyá participa con el 73.48% (21.10) de esta demanda (**Tabla 443**). El 85% del volumen de agua demandado para este tipo de uso hace parte de la Licencia Ambiental otorgada a la empresa ISAGEN S.A. E.S.P para la construcción y operación del proyecto "Generación Hidroeléctica del río Amoyá".

Tabla 443. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Industrial en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Industrial (l/s)	DH. Industrial (Mm³/año)	%
2204	Río Amoya	11	21.10	0.67	73.48
2204.34	Quebrada Tuluni	1	0.50	0.02	1.74
2204.6	Quebrada El Cedral	2	1.89	0.06	6.58
2204.7	Quebrada San Jorge	2	1.89	0.06	6.58
2204.9	Quebrada La Arenosa	1	0.95	0.03	3.29
2204.34.13	Quebrada El Totumo	1	0.50	0.02	1.74
2204.7.1	Quebrada Chinchina	1	0.95	0.03	3.29
2204.8.1	Quebrada La Estacion	1	0.95	0.03	3.29
Total		**20**	**28.72**	**0.91**	**100**

De acuerdo con la **Tabla 444** la UHA en donde se presenta la mayor demanda de agua para uso industrial es en el Rio Amoya 8 con el 40.4% (11.6 l/s) seguido por el Rio Amoya 6 con el 27.48% (7.89 l/s). La representación espacial de la demanda hídrica industrial por UHA en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá se presenta en la **Figura 568**; se evidencia que la demanda de agua para uso industrial en todas las UHA de esta subzona no ejerce una presión significativa sobre el recurso hídrico.

Tabla 444. *Distribución de la demanda hídrica para uso Industrial por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Amoyá*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Industrial (l/s)	UHA DH Industrial (l/s)	UHA DH Industrial (Mm³/año)	% DH Sector Industrial SZH	% DH Total SZH
Quebrada San Jorge	2204.7.1	Quebrada Chinchina	0.95	2.84	0.09	9.87	0.01
	2204.7	Quebrada San Jorge	1.89				
Quebrada Tulini	2204.34.13	Quebrada El Totumo	0.50	1.00	0.03	3.48	0.01
	2204.34	Quebrada Tuluni	0.50				
Rio Amoya 6	2204	Río Amoya	6.95	7.89	0.25	27.48	0.04
	2204.9	Quebrada La Arenosa	0.95				
Rio Amoya 7	2204	Río Amoya	3.95	3.95	0.12	13.74	0.02
Rio Amoya 8	2204	Río Amoya	9.71	11.60	0.37	40.40	0.06
	2204.6	Quebrada El Cedral	1.89				
Rio Amoya 9	2204	Río Amoya	0.50	0.50	0.02	1.74	0.003
Rio Negro Amoya	2204.8.1	Quebrada La Estacion	0.95	0.95	0.03	3.29	0.005
	Total		**28.72**	**28.72**	**0.91**	**100**	**0.15**

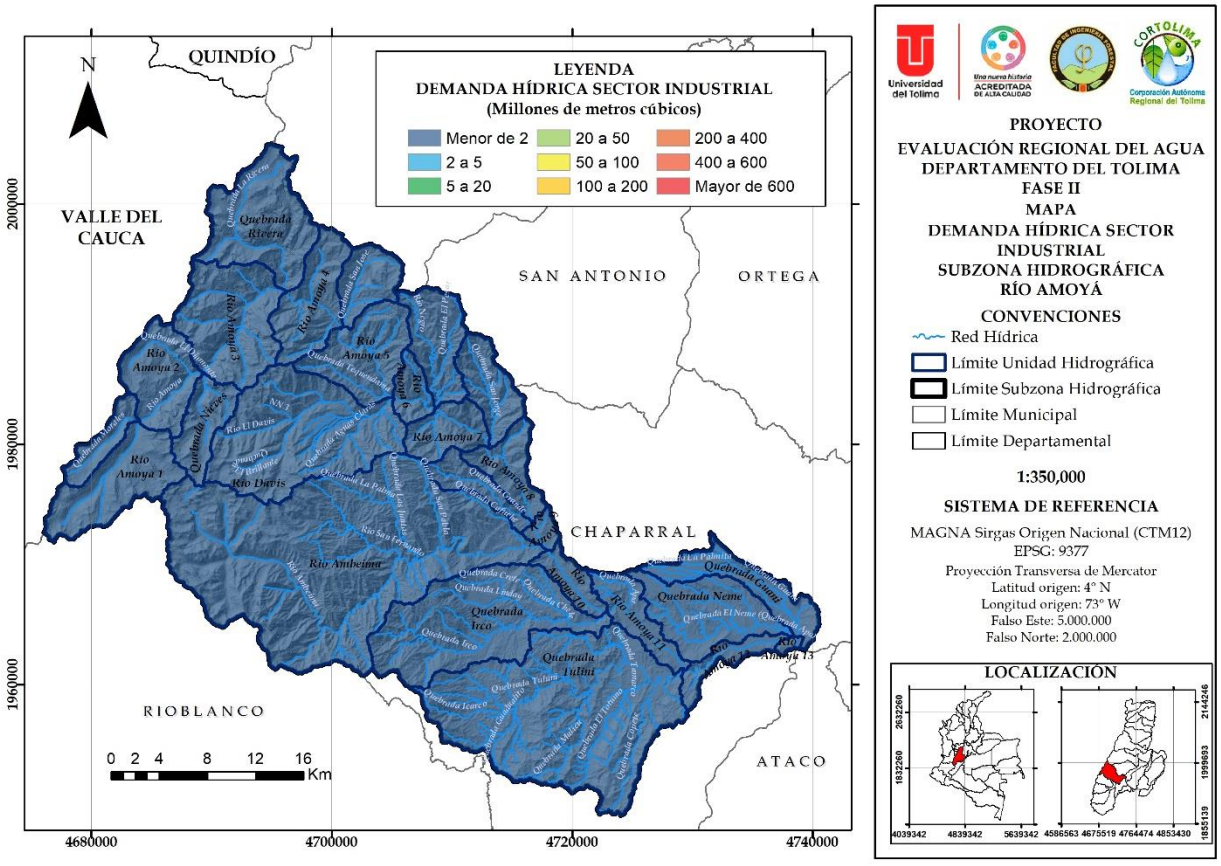


Figura 568. *Distribución de la demanda hídrica para uso Industrial en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá*

24.7.5. Uso Pecuario

La demanda de este sector corresponde a los usos denominados en la TUA bajo Decreto 1155 del 7 de julio de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible como: Abrevaderos y Pecuario. En la Subzona Hidrográfica del río Amoyá se demanda para uso pecuario un total de 1.79 l/s, de los cuales el 40.77% (0.73 l/s) corresponden a la quebrada Linday en donde se encuentra la concesión de aguas otorgada a la Asociación de Usuarios del Distrito de Adecuación de Tierras de Pequeña Escala La Jazminia "ASOJAZMINIA" (**Tabla 445**).

Tabla 445. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Pecuario en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Pecuario (l/s)	DH. Pecuario (Mm³/año)	%
2204	Río Amoya	1	0.02	0.001	1.09
2204.1	Quebrada Guani	1	0.11	0.003	6.15
2204.3	Quebrada Apa	1	0.40	0.013	22.37
2204.32	Río Ambeima	1	0.12	0.004	6.43
2204.2.5	Quebrada Chicona	1	0.13	0.004	7.16
2204.33.2	Quebrada Linday	1	0.73	0.023	40.77
2204.34.13	Quebrada El Totumo	1	0.12	0.004	6.71
2204.7.2	Quebrada Agua Bonita	1	0.17	0.005	9.32
Total		**8**	**1.79**	**0.056**	**100**

Por Unidad Hidrológica de Análisis (UHA) se observa que la mayor presión del recurso hídrico por el sector pecuario se presenta en la UHA Quebrada Irco y Rio Amoya 11 en donde se genera el 40.77% (0.73 l/s) y 22.37% (0.4 l/s) de la demanda hídrica pecuaria de esta Subzona Hidrográfica. De acuerdo con la **Figura 569** los volúmenes de agua demandados para uso pecuario en la SZH Amoyá no son representativos en la presión por uso del recurso.

Tabla 446. *Distribución de la demanda hídrica para uso Pecuario por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Amoyá*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Pecuario (l/s)	UHA DH Pecuario (l/s)	UHA DH Pecuario (Mm³/año)	% DH Sector Pecuario SZH	% DH Total SZH
Quebrada Guani	2204.1	Quebrada Guani	0.11	0.11	0.003	6.15	0.001
Quebrada Irco	2204.33.2	Quebrada Linday	0.73	0.73	0.02	40.77	0.004
Quebrada Neme	2204.2.5	Quebrada Chicona	0.13	0.13	0.004	7.16	0.001
Quebrada San Jorge	2204.7.2	Quebrada Agua Bonita	0.17	0.17	0.01	9.32	0.001
Quebrada Tulini	2204.34.13	Quebrada El Totumo	0.12	0.12	0.004	6.71	0.001
Rio Ambeima	2204.32	Río Ambeima	0.12	0.12	0.004	6.43	0.001

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Pecuario (l/s)	UHA DH Pecuario (l/s)	UHA DH Pecuario (Mm³/año)	% DH Sector Pecuario SZH	% DH Total SZH
Rio Amoya 7	2204	Río Amoya	0.02	0.02	0.001	1.09	0.0001
Rio Amoya 11	2204.3	Quebrada Apa	0.40	0.40	0.01	22.37	0.002
	Total		**1.79**	**1.79**	**0.06**	**100**	**0.01**

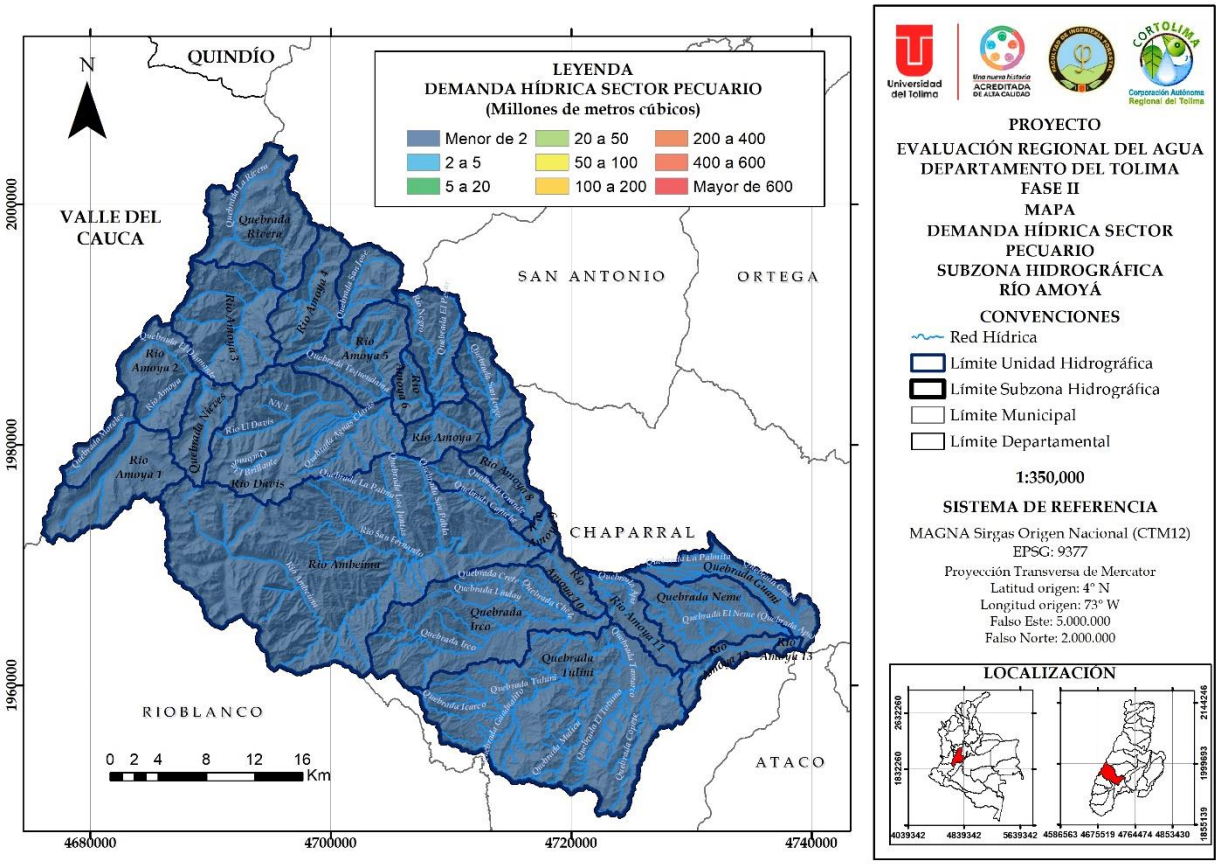


Figura 569. *Distribución de la demanda hídrica para uso Pecuario en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá*

24.7.6. Uso Piscícola

La demanda para el sector Piscícola en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá, corresponde a la categoría de uso Acuícultura y Pesca de la TUA, según Decreto 1155 del 7 de julio de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Como se presenta en la **Tabla 447** esta demanda corresponde a un volumen de 6.35 l/s que es captado de 5 fuentes hídricas de las cuales se resalta la participación de la quebrada Tuluni con el 56.71% (3.60 l/s), siendo este el caudal otorgado por CORTOLIMA a la Asociación de Afrocolombianía del Sur del Tolima "ASADAMAGUA" mediante resolución 391 del 12 de julio de 2021.

Tabla 447. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Piscícola en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Piscícola (l/s)	DH. Piscícola (Mm³/año)	%
2204.34	Quebrada Tuluni	1	3.60	0.11	56.72
2204.1.4	Quebrada La Palmita	1	1.00	0.03	15.76
2204.1.5	Quebrada Madroñal	1	0.85	0.03	13.39
2204.34.8.1	Quebrada El Chunchullo	1	0.73	0.02	11.50
2204.7.2	Quebrada Agua Bonita	1	0.17	0.01	2.63
Total		**5**	**6.35**	**0.20**	**100**

En relación con las UHA, la demanda del sector piscícola se concentra principalmente en la UHA Quebrada Tuluni con 4.33 l/s que representan el 68.22% de la demanda hídrica total de este sector en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá. La **Figura 570** permite identificar que, en general, la presión por el uso del agua ejercida por el sector piscícola de la zona es relativamente baja con valores inferiores a 2 Mm3/año.

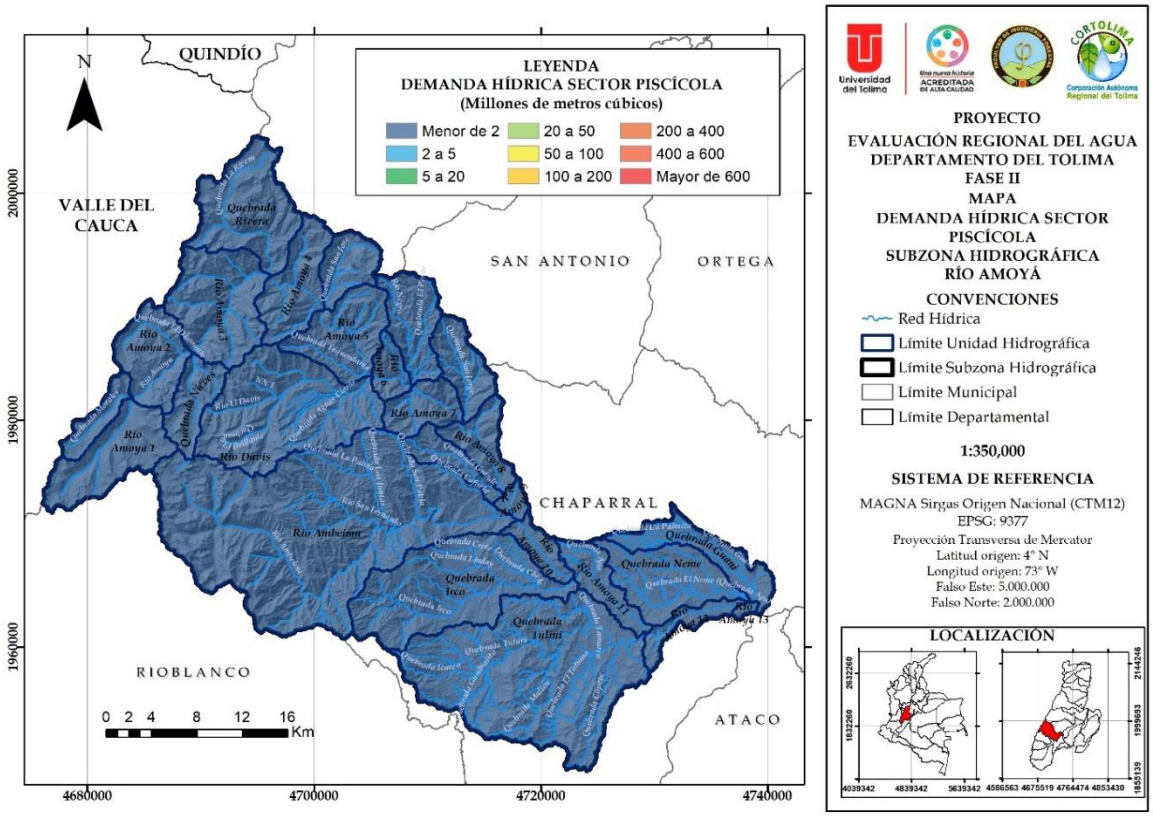


Figura 570. *Distribución de la demanda hídrica para uso Piscícola en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá*

Tabla 448. *Distribución de la demanda hídrica para uso Piscícola por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Amoyá*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Piscícola (l/s)	UHA DH Piscícola (l/s)	UHA DH Piscícola (Mm³/año)	% DH Sector Piscícola SZH	% DH Total SZH
Quebrada Guani	2204.1.4	Quebrada La Palmita	1.00	1.85	0.06	29.15	0.01
	2204.1.5	Quebrada Madroñal	0.85				
Quebrada San Jorge	2204.7.2	Quebrada Agua Bonita	0.17	0.17	0.01	2.63	0.001
Quebrada Tulini	2204.34.8.1	Quebrada El Chunchullo	0.73	4.33	0.14	68.22	0.02
	2204.34	Quebrada Tuluni	3.60				
Total			**6.35**	**6.35**	**0.20**	**100**	**0.03**

24.7.7. Uso Recreativo

La demanda hídrica concesionada para uso recreativo en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá se define en 0.60 l/s provenientes de la quebrada El Totumo (**Tabla 449**), el cual hace parte de la Unidad Hidrológica de Análisis (UHA) Quebrada Tuluni (**Tabla 450**). Esta demanda corresponde a la concesión de aguas otorgada bajo resolución 392 del 12 de junio de 2021 a nombre del señor Jose Octavio Tique Sánchez, propietario del predio la Veranera de Chaparral Tolima. En la **Figura 571** se evidencia que la presión del recurso hídrico por este tipo de uso no es representativa en la subzona.

Tabla 449*. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Recreativo en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Recreativo (l/s)	DH. Recreativo (Mm³/año)	%
2204.34.13	Quebrada El Totumo	1	0.60	0.02	100
Total		**1**	**0.60**	**0.02**	**100**

Tabla 450*. Distribución de la demanda hídrica para uso Recreativo por fuente hídrica abastecedora en cada UHA en la Subzona Hidrográfica del río Amoya*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Recreativo (l/s)	UHA DH Recreativo (l/s)	UHA DH Recreativo (Mm³/año)	% DH Sector Recreativo SZH	% DH Total SZH
Quebrada Tulini	2204.34.13	Quebrada El Totumo	0.60	0.60	0.02	100	0.003
Total			**0.60**	**0.60**	**0.02**	**100**	**0.003**

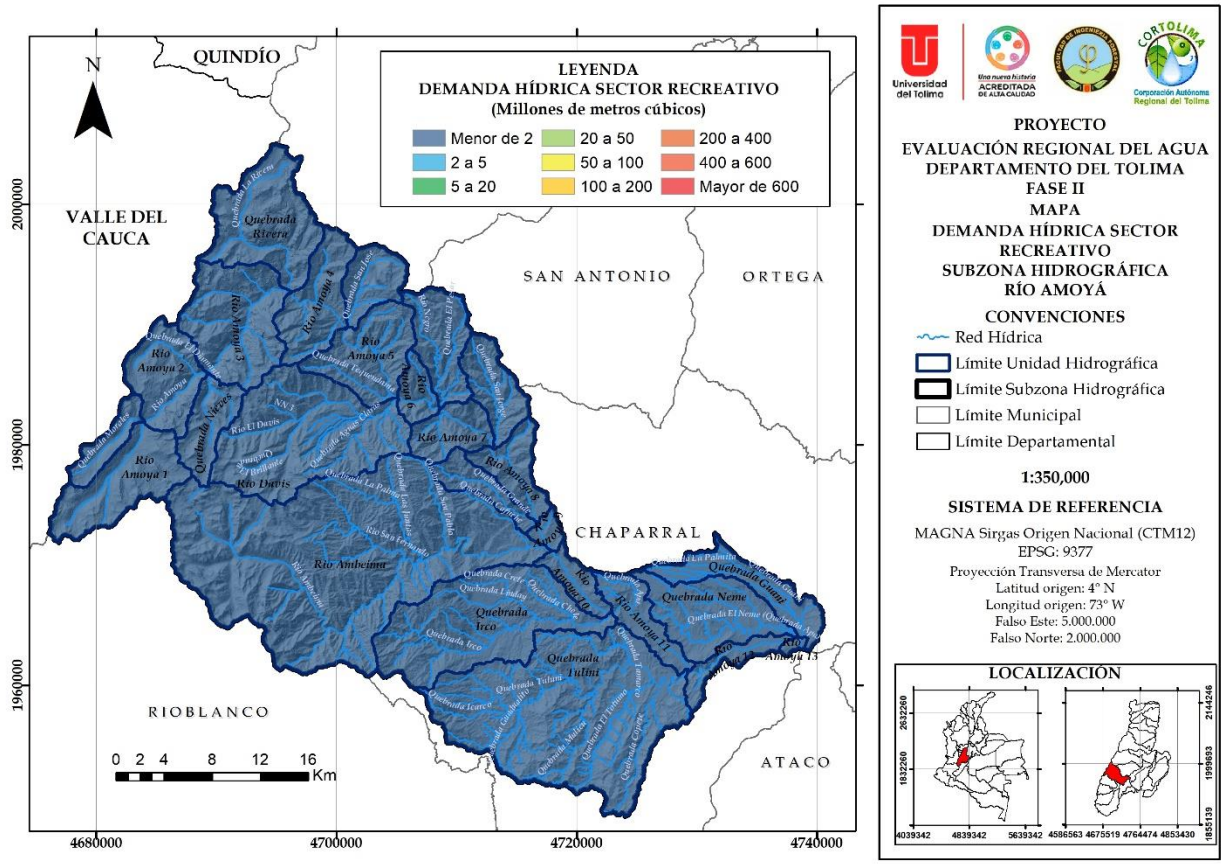


Figura 571. *Distribución de la demanda hídrica para uso Recreativo en la Subzona Hidrográfica del río Amoyá*

24.8. Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña

La demanda hídrica total para la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña se estima en 47340.94 l/s, si bien, el caudal concesionado en las resoluciones otorgadas por la autoridad ambiental estipula un uso específico del mismo, en ocasiones este uso es combinado (más de un uso específico) en una misma captación; por tanto, al momento de definir los tipos de uso de caudales concesionados, fue necesario contemplar las posibles combinaciones o usos múltiples del recurso (**Tabla 451**). En las siguientes secciones se caracterizará la demanda de esta Subzona Hidrográfica por cada tipo de uso de agua.

Tabla 451. *Caudal concesionado por tipo de uso en la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña*

Tipo de Uso	Usuarios	Caudal concesionado (l/s)	Caudal Concesionado (Mm³/año)
Agrícola	35	22158.13	698.78

Tipo de Uso	Usuarios	Caudal concesionado (l/s)	Caudal Concesionado (Mm³/año)
Agrícola - Consumo Humano y Doméstico	2	23.04	0.73
Agrícola - Piscícola	1	25000.00	788.40
Consumo Humano y Doméstico	12	143.84	4.54
Industrial	2	12.13	0.38
Minería	1	2.50	0.08
Piscícola	1	1.30	0.04
Total	**54**	**47340.94**	**1492.94**

En la **Tabla 452** se presenta la distribución de la demanda hídrica total por fuente hídrica abastecedora en esta Subzona Hidrográfica. Se determina que la demanda hídrica se concentra principalmente en un 97.76% (46279.17 l/s) en el río Bajo Saldaña, la demanda restante (2.25%; 1061.77 l/s) está representando por 12 fuentes hídricas cuya participación está por debajo del 1.8%.

Tabla 452. *Caudal concesionado por fuente hídrica abastecedora en la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Caudal concesionado (l/s)	Caudal concesionado (Mm³/año)	%
2208	Bajo Saldaña	46279.17	1459.46	97.76
2208.1	Quebrada Lemaya	876.50	27.64	1.85
2208.17	Quebrada Meche	13.50	0.43	0.03
2208.21	Quebrada Papagala	11.30	0.36	0.02
2208.3	Quebrada Payande O Guamal	23.44	0.74	0.05
2208.4	Quebrada Chicora	50.00	1.58	0.11
2208.6	Quebrada Arenosa	2.34	0.07	0.005
2208.8	Quebrada Dindales	0.04	0.00	0.0001
2208.1.1	Quebrada Arenosa	75.06	2.37	0.16
2208.12.9	Quebrada La Pacha	0.92	0.03	0.002
2208.17.5	Quebrada Lemaya	3.00	0.09	0.01
2208.17.7	Quebrada Coya	3.80	0.12	0.01
2208.9.1	Quebrada Gualu	1.87	0.06	0.004
Total		**47340.94**	**1492.94**	**100**

Considerando el caudal concesionado por fuente abastecedora y la localización veredal o georreferenciada de las concesiones, la demanda hídrica de esta Subzona Hidrográfica distribuyó en 18 Unidades Hidrológicas de Análisis (UHA) definas en el marco de la ERA para la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña (**Figura 572**). En la **Tabla 453** se presenta la distribución de la demanda hídrica total por fuente hídrica abastecedora en cada UHA. Se determina que la demanda hídrica se concentra principalmente en la UHA Rio Saldana 17 y Rio Saldana 12 con el 52.81% (25000 l/s) y 43.22% (20461.58 l/s), respectivamente. En la Figura 573 se presenta la distribución de

la demanda hídrica total por Unidad Hidrológica de Análisis (UHA) en la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña. Las categorías y colores presentados corresponden a los sugeridos por IDEAM (2013).

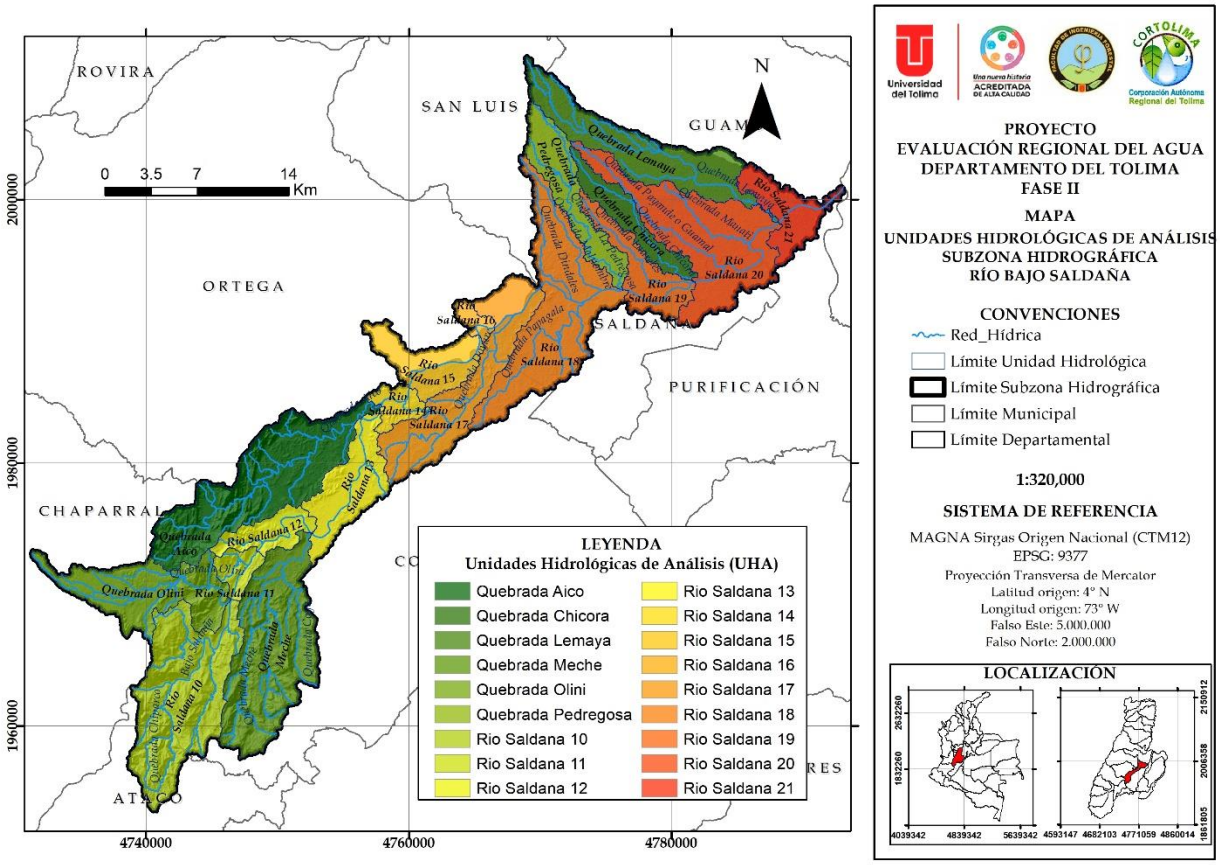


Figura 572. *Unidades Hidrológicas de Análisis (UHA) definidas para la Subzona Hidrográfica*

Tabla 453. *Distribución de la demanda hídrica total por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Total (l/s)	UHA DH Total (l/s)	UHA DH Total (Mm³/año)	% DH Total
Quebrada Aico	**2208.9.1**	Quebrada Gualu	1.87	1.87	0.06	0.004
Quebrada Chicora	**2208.4**	Quebrada Chicora	50.00	50.00	1.58	0.11
Quebrada Lemaya	**2208.1**	Quebrada Lemaya	391.00	481.06	15.17	1.02
	2208.3	Quebrada Payande O Guamal	12.00			
	2208.1.1	Quebrada Arenosa	75.06			
Quebrada Meche	**2208.17.5**	Quebrada Lemaya	3.00	17.30	0.55	0.04
	2208.17	Quebrada Meche	13.50			
	2208.17.7	Quebrada Coya	3.80			
Quebrada Olini	**2208.12.9**	Quebrada La Pacha	0.92	0.92	0.03	0.002

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Total (l/s)	UHA DH Total (l/s)	UHA DH Total (Mm³/año)	% DH Total
Quebrada Pedregosa	**2208.6**	Quebrada Arenosa	2.34	2.34	0.07	0.005
Rio Saldana 10	**2208**	Bajo Saldaña	0.05	0.05	0.00	0.0001
Rio Saldana 12	**2208**	Bajo Saldaña	20461.58	20461.58	645.28	43.22
Rio Saldana 13	**2208**	Bajo Saldaña	308	308.00	9.71	0.65
Rio Saldana 17	**2208**	Bajo Saldaña	25000	25000	788.40	52.81
	2208	Bajo Saldaña	100			
Rio Saldana 18	**2208.21**	Quebrada Papagala	11.30	111.34	3.51	0.24
	2208.8	Quebrada Dindales	0.04			
Rio Saldana 19	**2208**	Bajo Saldaña	45.00	45.00	1.42	0.10
	2208	Bajo Saldaña	364.54			
Rio Saldana 20	**2208.1**	Quebrada Lemaya	163.50	539.48	17.01	1.14
	2208.3	Quebrada Payande O Guamal	11.44			
Rio Saldana 21	**2208.1**	Quebrada Lemaya	322.00	322.00	10.15	0.68
	Total		**47340.94**	**47340.94**	**1492.94**	**100**

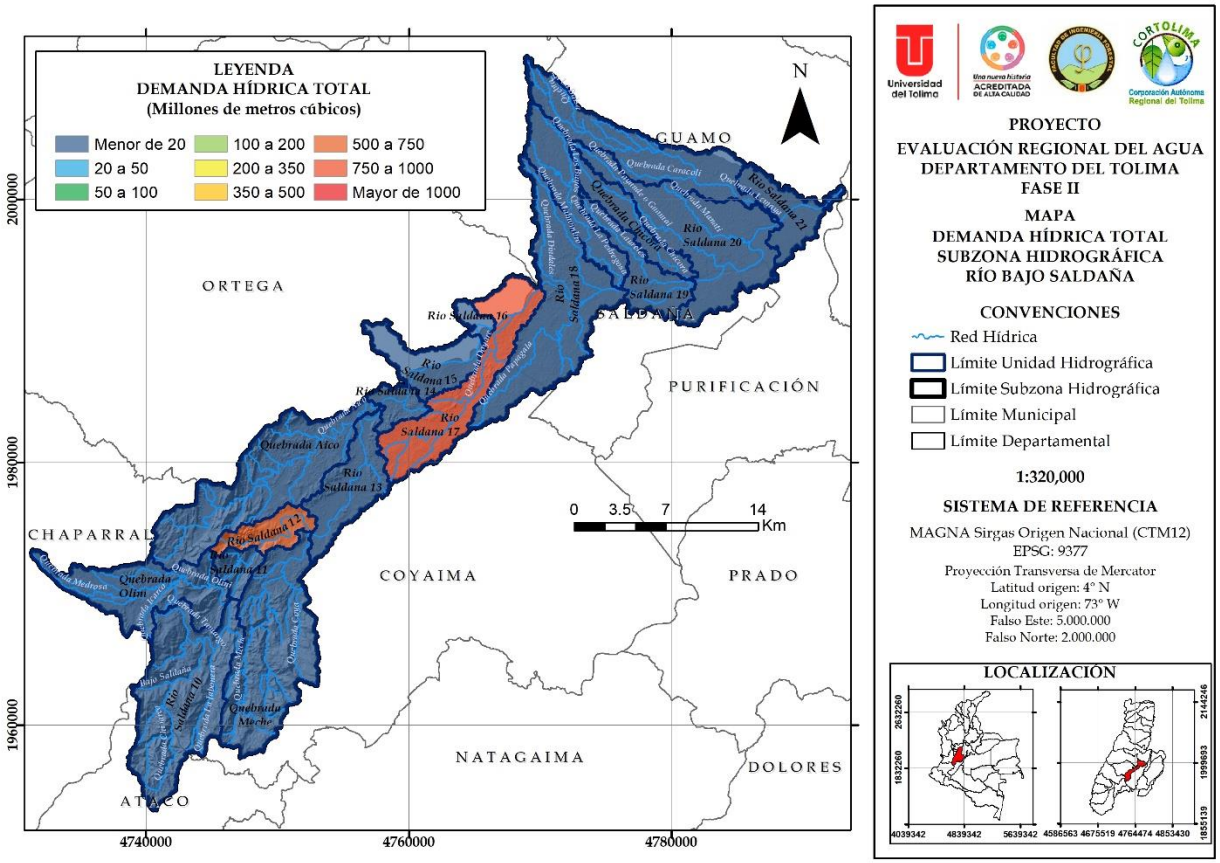


Figura 573. Distribución de la demanda hídrica total en la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña

24.8.1. Uso Agrícola

Teniendo en cuenta los usos considerados en el Decreto 3930 de 2010, según los lineamientos del IDEAM (2013) y los establecidos en el Decreto 1155 del 7 de julio de 2017 para efectos de la liquidación de la Tasa por Uso (TUA), dentro de este sector se reúnen los usos denominados por la TUA como Agrícola (Riego y Silvicultura) y Riego – Distritos. De acuerdo con la **Tabla 454**, la demanda hídrica total para uso Agrícola en la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña se determina en 34681.06 l/s, siendo la principal fuente hídrica abastecedora el río Bajo Saldaña en un 97.21% (33715.16 l/s). Los usuarios con demandas superiores a 10000 l/s en esta fuente hídrica son la Agencia de Desarrollo Rural (ADR) con 20300 l/s y la Asociación de Usuarios del Distrito de Adecuación de Tierras de Gran Escala del Rio Saldaña (USOSALDAÑA) con 12500 l/s.

Tabla 454. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Agrícola en la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Agrícola (l/s)	DH. Agrícola (Mm³/año)	%
2208	Bajo Saldaña	16	33715.16	1063.24	97.21
2208.1	Quebrada Lemaya	13	876.43	27.64	2.53
2208.21	Quebrada Papagala	1	10.00	0.32	0.03
2208.3	Quebrada Payande O Guamal	3	22.90	0.72	0.07
2208.4	Quebrada Chicora	2	50.00	1.58	0.14
2208.6	Quebrada Arenosa	1	1.70	0.05	0.005
2208.17.5	Quebrada Lemaya	1	3.00	0.09	0.01
2208.9.1	Quebrada Gualu	1	1.87	0.06	0.01
Total		**38**	**34681.06**	**1093.70**	**100%**

La distribución del caudal demandando para uso agrícola por cada UHA se presenta en la **Tabla 455**. Se evidencia que en la UHA Rio Saldana 12 y Rio Saldana 17 se concentra el 59.0% (20461.25 l/s) y 36.04% (12500.0 l/s), respectivamente, de la demanda hídrica para uso agrícola de la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña. Estos caudales representan el 43.22% y 26.40% de la demanda hídrica total de esta subzona (47340.94 l/). En la **Figura 574** se muestra la distribución espacial de los volúmenes de agua demandados en cada UHA. Se identifica que la mayor presión del recurso hídrico de la SZH para uso agrícola la ejercen los municipios de Coyaima, Guamo, Ortega y Saldaña.

Tabla 455. *Distribución de la demanda hídrica Agrícola por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Agrícola (l/s)	UHA DH Agrícola (l/s)	UHA DH Agrícola (Mm³/año)	% DH Sector Agrícola SZH	% DH Total SZH
Quebrada Aico	2208.9.1	Quebrada Gualu	1.87	1.87	0.06	0.01	0.004
Quebrada Chicora	2208.4	Quebrada Chicora	50.00	50.00	1.58	0.14	0.11
Quebrada Lemaya	2208.1	Quebrada Lemaya	391.00	406.00	12.80	1.17	0.86
	2208.3	Quebrada Payande O Guamal	12.00				
	2208.17.5	Quebrada Lemaya	3.00				
Quebrada Pedregosa	2208.6	Quebrada Arenosa	1.70	1.70	0.05	0.00	0.004
Rio Saldana 12	2208	Bajo Saldaña	20461.25	20461.25	645.27	59.00	43.22
Rio Saldana 13	2208	Bajo Saldaña	294.00	294.00	9.27	0.85	0.62
Rio Saldana 17	2208	Bajo Saldaña	12500.00	12500.00	394.20	36.04	26.40
Rio Saldana 18	2208	Bajo Saldaña	100.00	110.00	3.47	0.32	0.23
	2208.21	Quebrada Papagala	10.00				
Rio Saldana 20	2208	Bajo Saldaña	359.91	534.24	16.85	1.54	1.13
	2208.1	Quebrada Lemaya	163.43				
	2208.3	Quebrada Payande O Guamal	10.90				
Rio Saldana 21	2208.1	Quebrada Lemaya	322.00	322.00	10.15	0.93	0.68
Total			**34781.06**	**34781.06**	**1096.86**	**100**	**73.31**

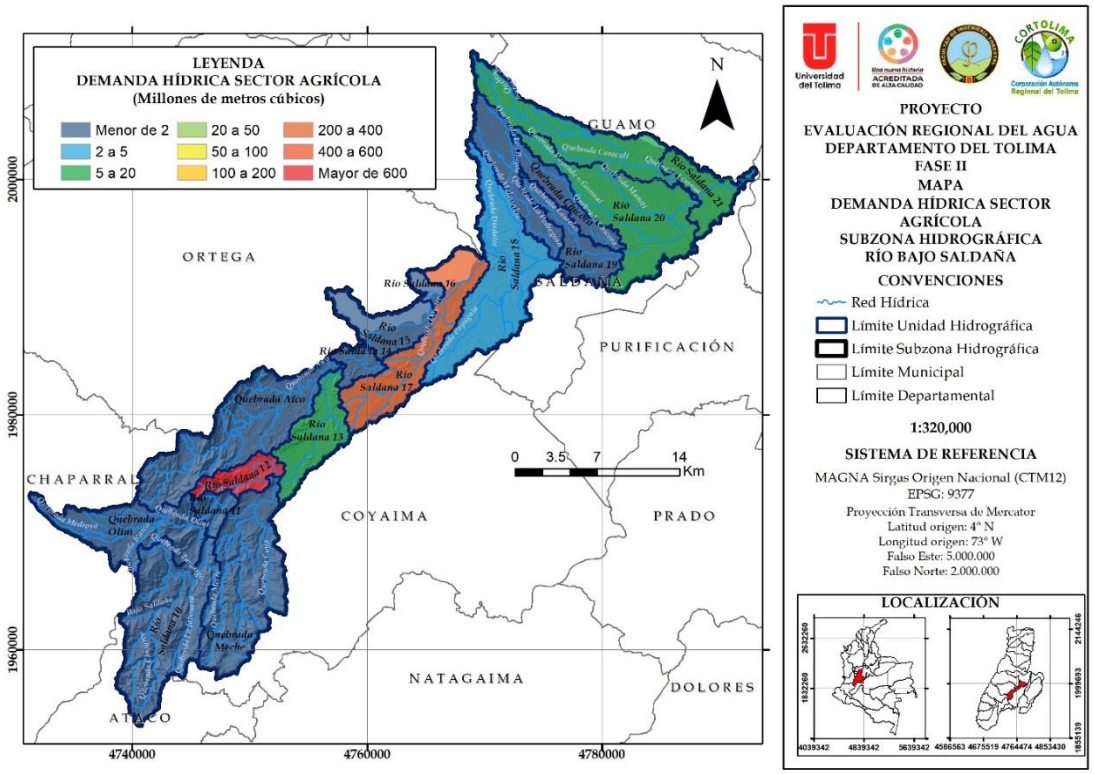


Figura 574. *Distribución de la demanda hídrica para uso Agrícola en la SZH Bajo Saldaña*

24.8.2. Uso Consumo Humano y Doméstico

La demanda hídrica de este sector corresponde a los usos denominados en la TUA bajo Decreto 1155 del 7 de julio de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible como: Doméstico, Consumo Humano y Acueductos. De acuerdo con la **Tabla 456**, la demanda hídrica de la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña corresponde a 143.94 l/s, la cual es suministrada por 9 fuentes hídricas, principalmente por la quebrada La Arenosa con 52.15% (75.06 l/s) y el río Bajo Saldaña con el 34.31% (49.38 l/s). Los usuarios con mayor demanda en estas fuentes hídricas son: el acueducto del municipio de Guamo, en el caso de la quebrada Arenosa, con 75.06 l/s, y la Empresa de Servicios Públicos de Saldaña S.A. E.S.P. (EMPUSALDAÑA), en río el río Bajo Saldaña, con 35 l/s.

Tabla 456. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para Consumo Humano y Doméstico en la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Consumo Humano y Doméstico (l/s)	DH. Consumo Humano y Doméstico (Mm³/año)	%
2208	Bajo Saldaña	4	49.38	1.56	34.31
2208.1	Quebrada Lemaya	1	0.07	0.00	0.05
2208.17	Quebrada Meche	1	13.50	0.43	9.38
2208.3	Quebrada Payande O Guamal	2	0.54	0.02	0.37
2208.6	Quebrada Arenosa	1	0.64	0.02	0.44
2208.8	Quebrada Dindales	1	0.04	0.00	0.03
2208.1.1	Quebrada Arenosa	1	75.06	2.37	52.15
2208.12.9	Quebrada La Pacha	1	0.92	0.03	0.64
2208.17.7	Quebrada Coya	2	3.80	0.12	2.64
	Total	**14**	**143.94**	**4.54**	**100**

En relación con las UHA donde se evidencia la mayor demanda hídrica para consumo humano y doméstico en la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña, se determina que estas corresponden, en su orden, a la UHA Quebrada Lemaya con el 52.15% (75.06 l/s) y la Quebrada Cabuyal con el 24.32% (35 l/s) (**Tabla 457**). En la **Figura 575** se puede evidenciar a través de la escala de colores sugeridos por el IDEAM (2013) el grado de presión que ejerce la demanda de estas UHA sobre el recurso hídrico de la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña.

Tabla 457. *Distribución de la demanda hídrica del Consumo Humano y Doméstico por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH CH Doméstico (l/s)	UHA DH CH Doméstico (l/s)	UHA DH CH Doméstico (Mm³/año)	% DH Sector CH Doméstico SZH	% DH Total SZH
Quebrada Cabuyal	2208	Bajo Saldaña	35.00	35.00	1.10	24.32	0.07
Quebrada Lemaya	2208.1.1	Quebrada Arenosa	75.06	75.06	2.37	52.15	0.16
Quebrada Meche	2208.17.7	Quebrada Coya	3.80	17.30	0.55	12.02	0.04
	2208.17	Quebrada Meche	13.50				
Quebrada Olini	2208.12.9	Quebrada La Pacha	0.92	0.92	0.03	0.64	0.002
Quebrada Pedregosa	2208.6	Quebrada Arenosa	0.64	0.64	0.02	0.44	0.001
Rio Saldana 10	2208	Bajo Saldaña	0.05	0.05	0.00	0.03	0.0001
Rio Saldana 12	2208	Bajo Saldaña	0.33	0.33	0.01	0.23	0.001
Rio Saldana 13	2208	Bajo Saldaña	14.00	14.00	0.44	9.73	0.03
Rio Saldana 18	2208.8	Quebrada Dindales	0.04	0.04	0.00	0.03	0.0001
Rio Saldana 20	2208.1	Quebrada Lemaya	0.07	0.61	0.02	0.42	0.001
	2208.3	Quebrada Payande O Guamal	0.54				
	Total		**143.94**	**143.94**	**4.54**	**100**	**0.30**

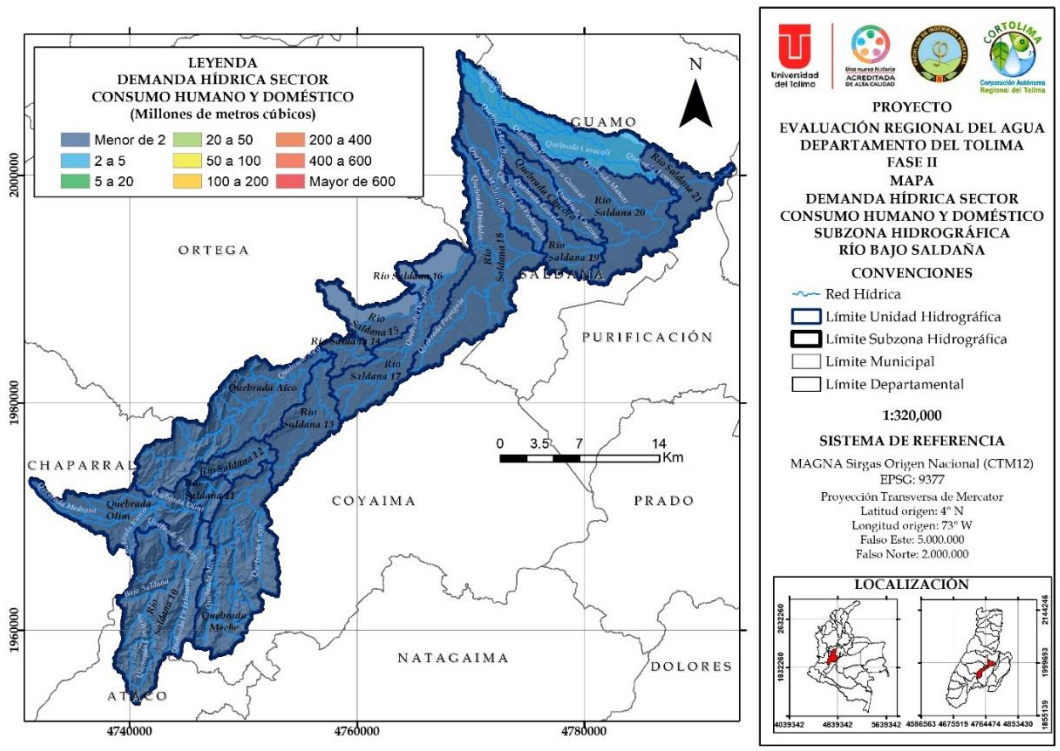


Figura 575. *Distribución de la demanda hídrica para Consumo Humano y Doméstico en la SZH Bajo Saldaña*

24.8.3. Uso Industrial

En la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña se demanda para uso industrial un total de 12.13 l/s, los cuales son provistos en un 100% por el río Bajo Saldaña (**Tabla 458**) que integra las UHA Rio Saldaña 19 en un 61.83% (7.50 l/s) y Rio Saldana 20 con el 38.17% (4.63 l/s) (**Tabla 459**). Esta demanda corresponde a las concesiones de agua a nombre de Agregados Nacionales S.A.S. y Casamotor S.A.S con caudales de 4.63 l/s y 7.50 l/s, respectivamente. En la **Figura 576** se evidencia que la presión del recurso hídrico por este tipo de uso no es representativa en la subzona.

Tabla 458. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Industrial en la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Industrial (l/s)	DH. Industrial (Mm³/año)	%
2208	Bajo Saldaña	2	12.13	0.38	100
Total		**2**	**12.13**	**0.38**	**100**

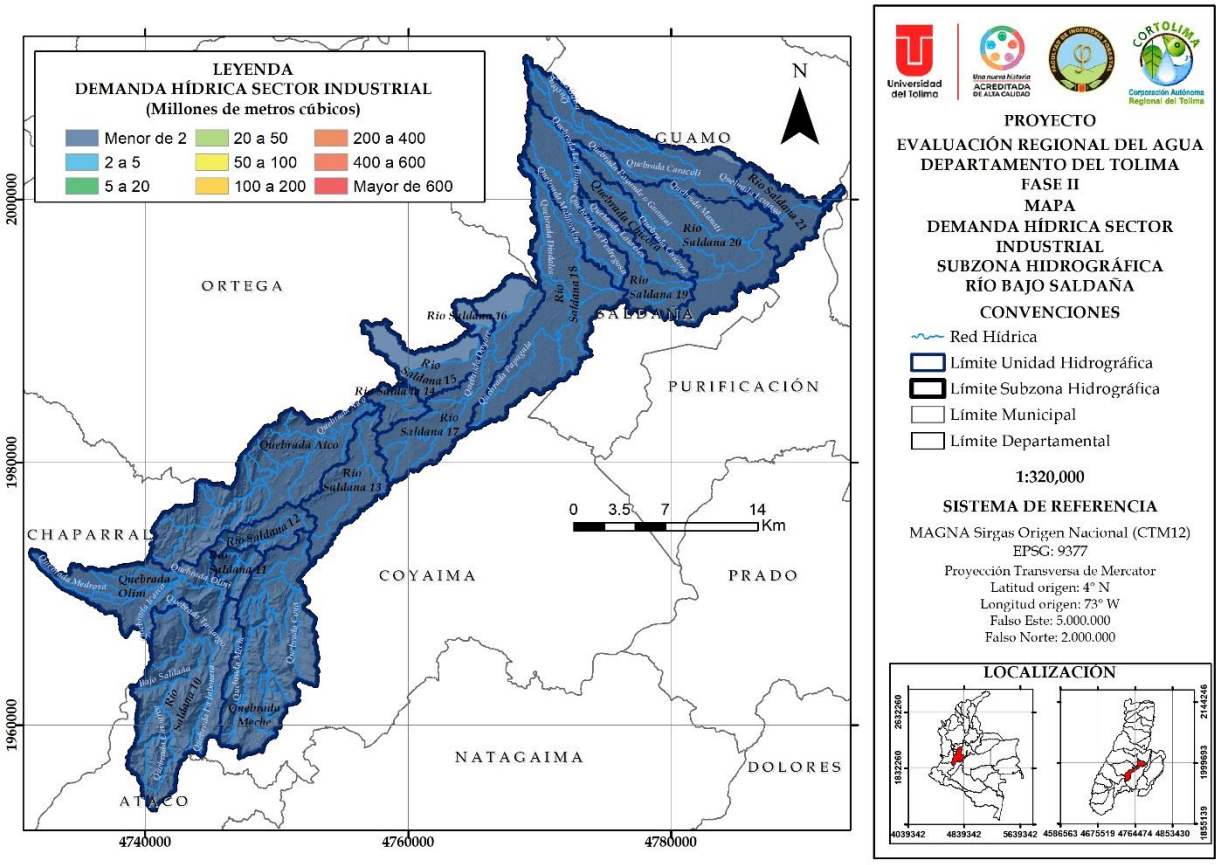


Figura 576. *Distribución de la demanda hídrica para uso Industrial en la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña*

Tabla 459. *Distribución de la demanda hídrica para uso Industrial por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Industrial (l/s)	UHA DH Industrial (l/s)	UHA DH Industrial (Mm³/año)	% DH Sector Industrial SZH	% DH Total SZH
Rio Saldana 19	2208	Bajo Saldaña	7.50	7.50	0.24	61.83	0.02
Rio Saldana 20	2208	Bajo Saldaña	4.63	4.63	0.15	38.17	0.01
	Total		**12.13**	**12.13**	**0.38**	**100**	**0.03**

24.8.4. Uso Minería

En la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña, la demanda para Minería es de 2.50 l/s provenientes del río Bajo Saldaña (**Tabla 460**), la cual hace parte de la UHA Rio Saldana 19 definida en la ERA para esta subzona hidrográfica (**Tabla 461**). Esta demanda corresponde a Concretos Argos S.A.S según Resolución 697 del 6 de noviembre de 2015, tal como se registra en las bases de datos de CORTOLIMA (TUA – SIRH). En la **Figura 577** se evidencia que la presión del recurso hídrico por este tipo de uso no es representativa en la subzona.

Tabla 460*. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para Minería en la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Minería (l/s)	DH. Minería (Mm³/año)	%
2208	Bajo Saldaña	1	2.50	0.08	100
Total		**1**	**2.50**	**0.08**	**100**

Tabla 461. *Distribución de la demanda hídrica para Minería por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Minería (l/s)	UHA DH Minería (l/s)	UHA DH Minería (Mm³/año)	% DH Sector Minería SZH	% DH Total SZH
Rio Saldana 19	**2208**	Bajo Saldaña	2.50	2.50	0.08	100	0.01
	Total		**2.50**	**2.50**	**0.08**	**100**	**0.01**

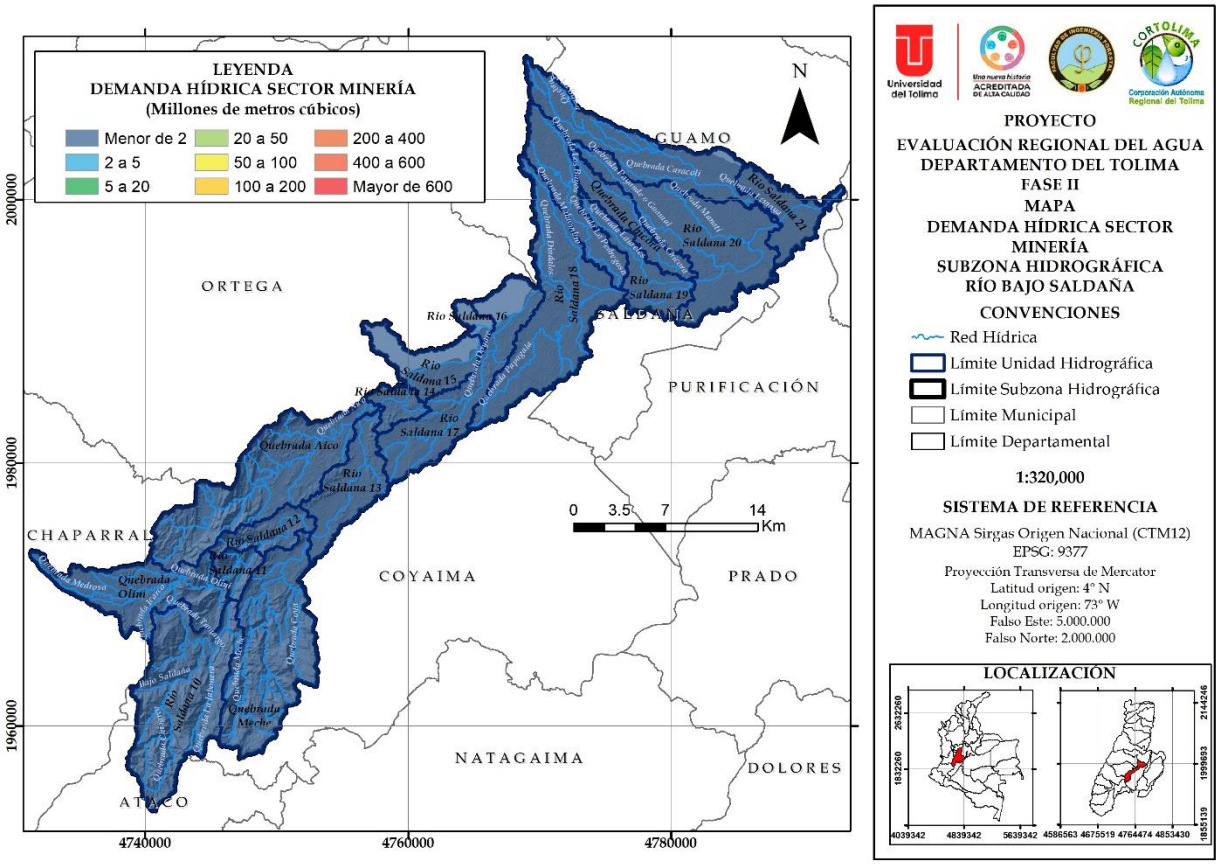


Figura 577. *Distribución de la demanda hídrica para Minería en la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña*

24.8.5. Uso Piscícola

La demanda de este sector corresponde a la categoría de uso Acuícultura y Pesca de la TUA según Decreto 1155 del 7 de julio de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. De acuerdo con lo anterior, en la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña la demanda para uso Piscícola corresponde a 12501.30 l/s, el 99.9% de ella (12500 l/s) se localiza en el río Bajo Saldaña (**Tabla 462**). El mayor demandante del recurso hídrico para uso piscícola en esta Subzona Hidrográfica es la Asociación de Usuarios del Distrito de Adecuación de Tierras de Gran Escala del Rio Saldaña (USOSALDAÑA) el cual tiene concesionados 12500 l/s para este fin.

Tabla 462. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Piscícola en la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Piscícola (l/s)	DH. Piscícola (Mm³/año)	%
2208	Bajo Saldaña	1	12500.00	394.20	99.99

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Piscícola (l/s)	DH. Piscícola (Mm³/año)	%
2208.21	Quebrada Papagala	1	1.30	0.04	0.01
Total		**2**	**12501.30**	**394.24**	**100**

En relación con las UHA, la demanda hídrica de este sector se concentra principalmente en la UHA Rio Saldana 17 con 12500 l/s correspondientes al 99.99% del total de la demanda hídrica del sector y el 26.35% de la demanda hídrica total de la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña. La **Figura 578** permite identificar que, en general, la presión por el uso del agua ejercida por el sector piscícola de la zona es relativamente baja con valores inferiores a 2 Mm³/año (158.5 l/s)

Tabla 463. *Distribución de la demanda hídrica para uso Piscícola por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Piscícola (l/s)	UHA DH Piscícola (l/s)	UHA DH Piscícola (Mm³/año)	% DH Sector Piscícola SZH	% DH Total SZH
Rio Saldana 17	2208	Bajo Saldaña	12500.00	12500.00	394.20	99.99	26.35
Rio Saldana 18	2208.21	Quebrada Papagala	1.30	1.30	0.04	0.01	0.003
	Total		**12501.30**	**12501.30**	**394.24**	**100**	**26.35**

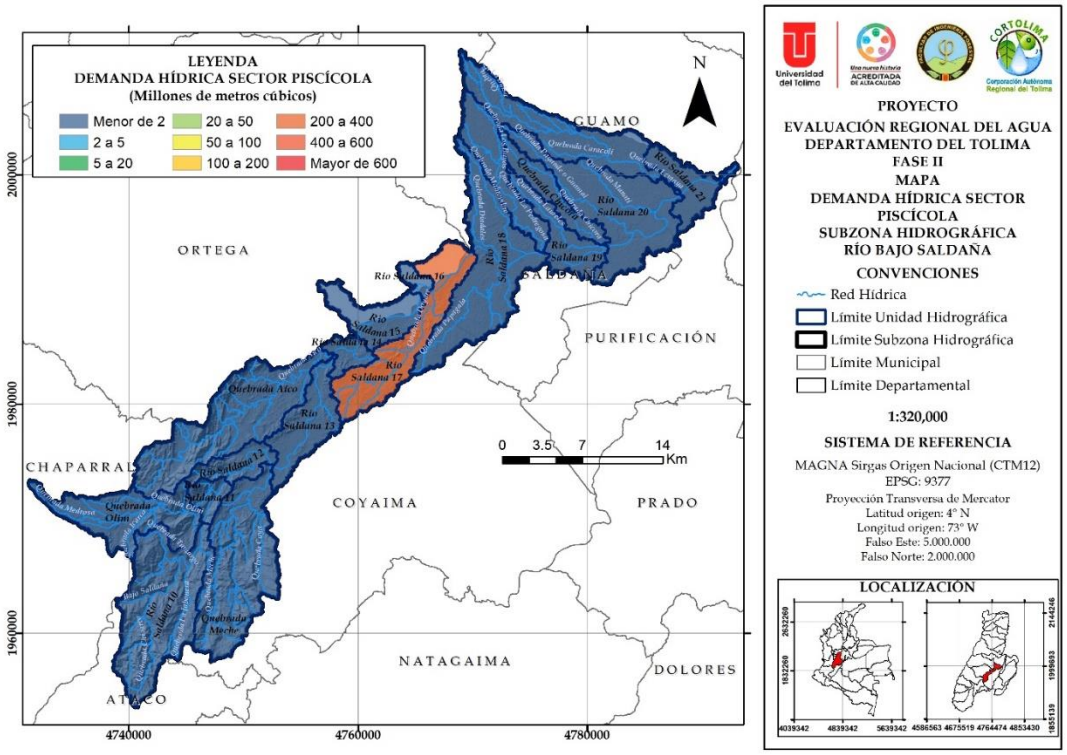


Figura 578. *Distribución de la demanda hídrica para uso Piscícola en la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña*

24.9. Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena

La demanda hídrica total para la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena se estima en 2371.13 l/s, si bien, el caudal concesionado en las resoluciones otorgadas por la autoridad ambiental estipula un uso específico del mismo, en ocasiones este uso es combinado (más de un uso específico) en una misma captación; por tanto, al momento de definir los tipos de uso de caudales concesionados, fue necesario contemplar las posibles combinaciones o usos múltiples del recurso (**Tabla 464**). En las siguientes secciones se caracterizará la demanda de esta Subzona Hidrográfica por cada tipo de uso de agua.

Tabla 464. *Caudal concesionado por tipo de uso en la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena*

Tipo de Uso	Usuarios	Caudal concesionado (l/s)	Caudal Concesionado (Mm³/año)
Agrícola	53.00	1515.76	47.80
Agrícola - Consumo Humano y Doméstico	1.00	20.00	0.63
Agrícola - Pecuario	2.00	22.01	0.69
Agrícola - Piscícola	1.00	150.30	4.74
Consumo Humano y Doméstico	9.00	154.82	4.88
Industrial	2.00	65.70	2.07
Pecuario	2.00	242.04	7.63
Piscícola	2.00	200.50	6.32
Total	**72.00**	**2371.13**	**74.78**

En la **Tabla 465** se presenta la distribución de la demanda hídrica total por fuente hídrica abastecedora esta Subzona Hidrográfica. Se determina que la demanda se concentra principalmente en el río Anchique en un 27.367% (648.84 l/s) y en Directos Río Magdalena en un 25.15% (596.31 l/s). El río Chenche y las quebrada Yaco, Guaguarco y Nacaroco participan con el 18.60% (441.04 l/s), 9.85% (233.50 l/s), 5.84% (138.40 l/s) y 5.40% (128.00 l/s) de la demanda hídrica total en esta subzona hidrográfica, respectivamente, mientras que las demás fuentes hídricas solo suplen el 7.8% (185.04 l/s).

Tabla 465. *Caudal concesionado por fuente hídrica abastecedora en la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Caudal concesionado (l/s)	Caudal concesionado (Mm³/año)	%
2113-03	Directos Río Magdalena	596.31	18.81	25.15
2113-03.11	Río Anchique	648.84	20.46	27.36
2113-03.13	Quebrada Yaco	233.50	7.36	9.85

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Caudal concesionado (l/s)	Caudal concesionado (Mm³/año)	%
2113-03.14	Quebrada Nacaroco	128.00	4.04	5.40
2113-03.2	Río Chenche	441.04	13.91	18.60
2113-03.2.12	Quebrada Chenchito	0.20	0.01	0.01
2113-03.2.14	Quebrada La Chamba	23.00	0.73	0.97
2113-03.2.15	Quebrada Caño Largo	15.00	0.47	0.63
2113-03.5	Río Hilarco	93.34	2.94	3.94
2113-03.5.3.1	Quebrada Zaragocita	2.09	0.07	0.09
2113-03.7	Quebrada Guaguarco	138.40	4.36	5.84
2113-03.7.6	Quebrada Totarco	11.70	0.37	0.49
2113-03.7.6.1	Quebrada El Niple	26.67	0.84	1.12
2113-03.7.8	Quebrada Baloca Grande	10.00	0.32	0.42
2113-03.8	Quebrada Calapena	3.04	0.10	0.13
	Total	**2371.13**	**74.78**	**100**

La demanda hídrica se distribuyó en las 24 Unidades Hidrológicas de Análisis (UHA) que el equipo técnico del ERA definió para esta SZH (**Figura 579**). En la **Tabla 466** se presenta la distribución de la demanda hídrica total por fuente hídrica abastecedora en cada UHA definida en la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena. Se determina que la demanda hídrica se concentra principalmente en la UHA Rio Anchique 3, Directos Magdalena Anchique Chenche y Quebrada Yaco con el 23.61% (559.84 l/s), 21.28% (507.05 l/s) y 16.19% (383.8 l/s), respectivamente. En la **Figura 580** se presenta la distribución de la demanda hídrica total por UHA en la Subzona Hidrográfica del río Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena. Las categorías y colores presentados corresponden a los sugeridos por IDEAM (2013).

Tabla 466. *Distribución de la demanda hídrica total por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Total (l/s)	UHA DH Total (l/s)	UHA DH Total (Mm³/año)	% DH Total
Directos Magdalena Anchique Chenche	2113-03	Directos Río Magdalena	376.01	507.05	15.99	21.38
	2113-03.14	Quebrada Nacaroco	128.00			
	2113-03.8	Quebrada Calapena	3.04			
Quebrada Baloca Grande	2113-03	Directos Río Magdalena	70.00	80.00	2.52	3.37
	2113-03.7.8	Quebrada Baloca Grande	10.00			
Quebrada Carmen	2113-03.2	Río Chenche	46.00	46.00	1.45	1.94
Quebrada Guaguarco 2	2113-03.7	Quebrada Guaguarco	77.20	77.20	2.43	3.26
Quebrada Totarco	2113-03.7	Quebrada Guaguarco	61.20	99.57	3.14	4.20
	2113-03.7.6	Quebrada Totarco	11.70			
	2113-03.7.6.1	Quebrada El Niple	26.67			
Quebrada Yaco	2113-03	Directos Río Magdalena	150.30	383.80	12.10	16.19

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Total (l/s)	UHA DH Total (l/s)	UHA DH Total (Mm³/año)	% DH Total
	2113-03.13	Quebrada Yaco	233.50			
Rio Anchique 1	2113-03.11	Río Anchique	21.00	21.00	0.66	0.89
Rio Anchique 2	2113-03.11	Río Anchique	68.00	68.00	2.14	2.87
Rio Anchique 3	2113-03.11	Río Anchique	559.84	559.84	17.65	23.61
Rio Chenche 1	2113-03.2	Río Chenche	40.00	40.00	1.26	1.69
Rio Chenche 2	2113-03.2	Río Chenche	3.00	3.00	0.09	0.13
Rio Chenche 4	2113-03.2	Río Chenche	150.20	173.20	5.46	7.30
	2113-03.2.14	Quebrada La Chamba	23.00			
Rio Chenche 6	2113-03.2	Río Chenche	202.04	217.04	6.84	9.15
	2113-03.2.15	Quebrada Caño Largo	15.00			
Rio Hilarco	2113-03.5	Río Hilarco	93.34	95.43	3.01	4.02
	2113-03.5.3.1	Quebrada Zaragocita	2.09			
	Total		**2371.13**	**2371.13**	**74.78**	**100**

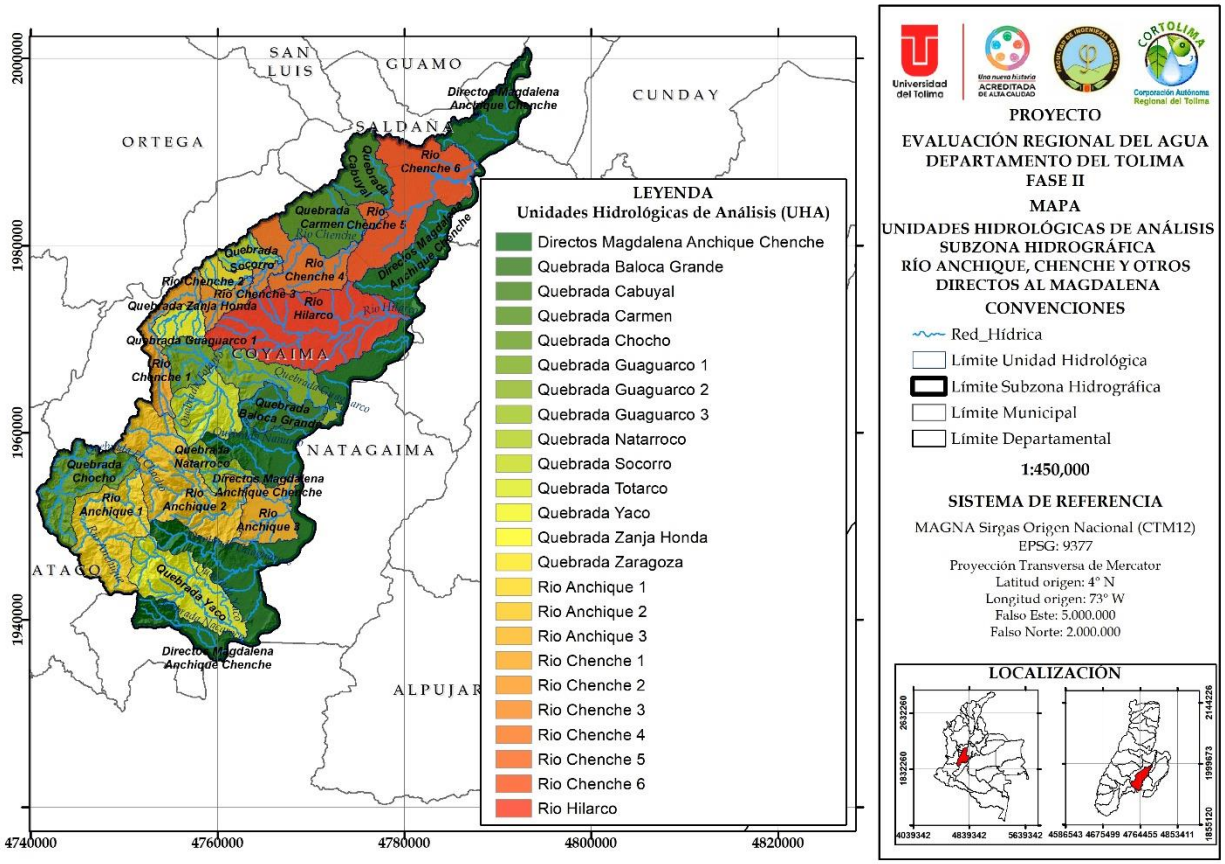


Figura 579. *Unidades Hidrológicas de Análisis (UHA) definidas para la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena*

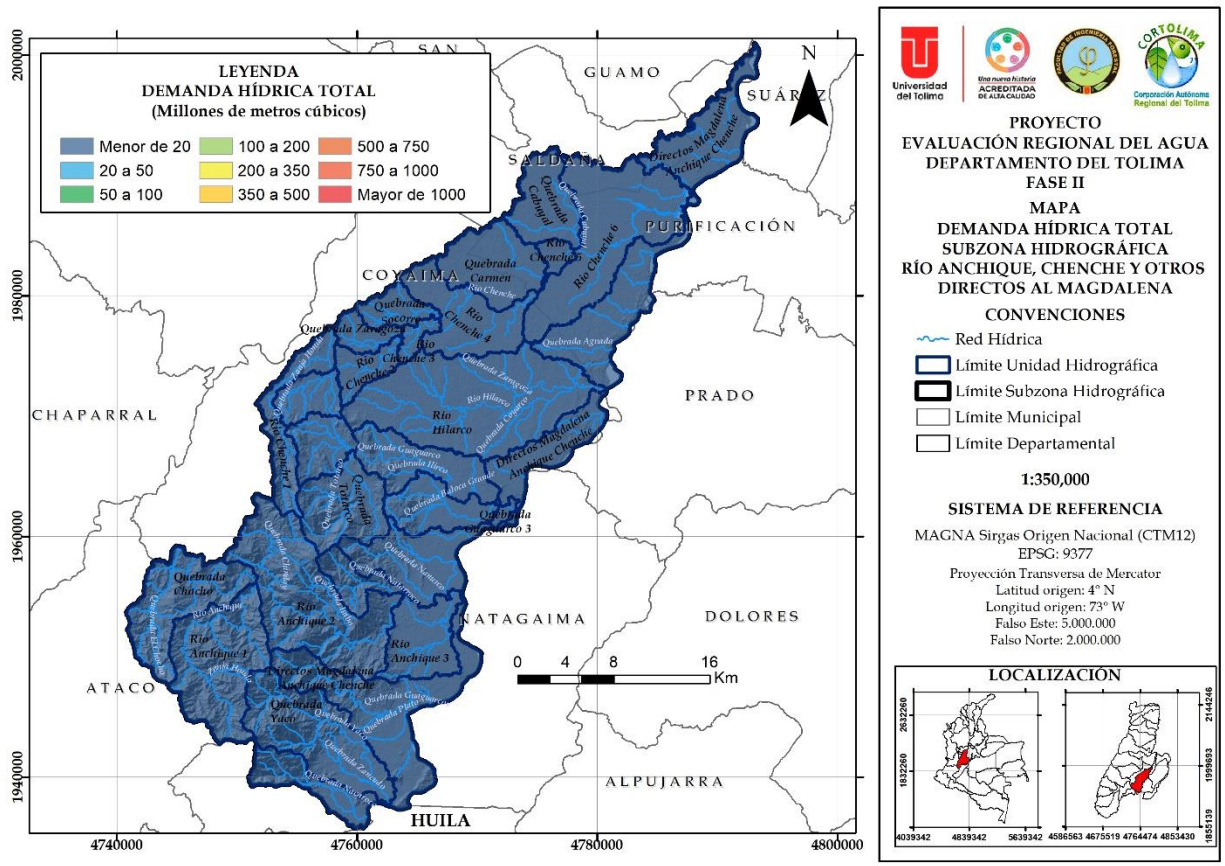


Figura 580. *Distribución de la demanda hídrica total en la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena*

24.9.1. Uso Agrícola

Teniendo en cuenta los usos considerados en el Decreto 3930 de 2010, según los lineamientos del IDEAM (2013) y los establecidos en el Decreto 1155 del 7 de julio de 2017 para efectos de la liquidación de la Tasa por Uso (TUA), dentro de este sector se reúnen los usos denominados por la Tasa por Uso como Agrícola (Riego y Silvicultura) y Riego – Distritos. Como se presenta en la **Tabla 467**, la demanda hídrica para la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena corresponde a 1578.56 l/s, la cual está concentrada principalmente en un 36.95% (583.25 l/s) sobre el río Anchique, el 23.88% (376.90 l/s) en Directos Río Magdalena y un 15.14% (238.92 l/s) en el río Chenche. La demanda de agua de este sector es realizada por 27 usuarios donde sus principales demandantes, según caudal concesionado, son Monica Elena Riaño Tovar con 221.25 l/s, el Fondo Ganadero del Tolima S.A. con 150 l/s, y el Resguardo Indígena de Anacarco con 100 l/s.

Tabla 467. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Agrícola en la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Agrícola (l/s)	DH. Agrícola (Mm³/año)	%
2113-03	Directos Río Magdalena	9	376.90	11.89	23.88
2113-03.11	Río Anchique	23	583.25	18.39	36.95
2113-03.13	Quebrada Yaco	1	16.00	0.50	1.01
2113-03.14	Quebrada Nacaroco	2	128.00	4.04	8.11
2113-03.2	Río Chenche	6	238.92	7.53	15.14
2113-03.2.12	Quebrada Chenchito	1	0.20	0.01	0.01
2113-03.2.14	Quebrada La Chamba	2	23.00	0.73	1.46
2113-03.2.15	Quebrada Caño Largo	1	15.00	0.47	0.95
2113-03.5	Río Hilarco	5	87.96	2.77	5.57
2113-03.5.3.1	Quebrada Zaragocita	2	2.09	0.07	0.13
2113-03.7	Quebrada Guaguarco	2	77.20	2.43	4.89
2113-03.7.6.1	Quebrada El Niple	1	17.00	0.54	1.08
2113-03.7.8	Quebrada Baloca Grande	1	10.00	0.32	0.63
2113-03.8	Quebrada Calapena	1	3.04	0.10	0.19
	Total	**57**	**1578.56**	**49.78**	**100**

La distribución del caudal demandando para uso agrícola por cada UHA se presenta en la **Tabla 468**. Se evidencia que en la UHA Rio Anchique 3 se concentra el 35.11% (554.253 l/s) de la demanda hídrica agrícola de la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena, seguido por la UHA Directos Magdalena Anchique Chenche donde se encuentra el 26.42% (417.04 l/s) de esta. Las demandas de estas dos UHA representan el 23.38% y 17.59%, respectivamente, de la demanda hídrica total de esta subzona (2371.128 l/s). En la **Figura 581** se muestra la distribución espacial de los volúmenes de agua demandados en cada UHA. Se identifica que la mayor presión por uso del recurso para el sector agrícola la ejercen los municipios de Natagaima, Coyaima y Purificación.

Tabla 468. *Distribución de la demanda hídrica Agrícola por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Agrícola (l/s)	UHA DH Agrícola (l/s)	UHA DH Agrícola (Mm³/año)	% DH Sector Agrícola SZH	% DH Total SZH
Directos Magdalena Anchique Chenche	2113-03	Directos Río Magdalena	286	417.04	13.15	26.42	17.59
	2113-03.14	Quebrada Nacaroco	128				
	2113-03.8	Quebrada Calapena	3.04				
Quebrada Baloca Grande	2113-03	Directos Río Magdalena	70	80	2.52	5.07	3.37
	2113-03.7.8	Quebrada Baloca Grande	10				
Quebrada Carmen	2113-03.2	Río Chenche	46	46	1.45	2.91	1.94
Quebrada	2113-03.7	Quebrada Guaguarco	16	16	0.50	1.01	0.67

Guaguarco 2							
Quebrada Totarco	2113-03.7 2113-03.7.6.1	Quebrada Guaguarco Quebrada El Niple	61.2 17	78.2	2.47	4.95	3.30
Quebrada Yaco	2113-03 2113-03.13	Directos Río Magdalena Quebrada Yaco	20.9 16	36.9	1.16	2.34	1.56
Rio Anchique 1	2113-03.11	Río Anchique	21	21	0.66	1.33	0.89
Rio Anchique 2	2113-03.11	Río Anchique	8	8	0.25	0.51	0.34
Rio Anchique 3	2113-03.11	Río Anchique	554.253	554.253	17.48	35.11	23.38
Rio Chenche 1	2113-03.2	Río Chenche	39.92	39.92	1.26	2.53	1.68
Rio Chenche 2	2113-03.2	Río Chenche	3	3	0.09	0.19	0.13
Rio Chenche 4	2113-03.2 2113-03.2.14	Río Chenche Quebrada La Chamba	150.2 23	173.2	5.46	10.97	7.30
Rio Chenche 6	2113-03.2 2113-03.2.15	Río Chenche Quebrada Caño Largo	0 15	15	0.47	0.95	0.63
Rio Hilarco	2113-03.5 2113-03.5.3.1	Río Hilarco Quebrada Zaragocita	87.96 2.09	90.05	2.84	5.70	3.80
	Total		**1578.563**	**1578.563**	**49.78**	**100**	**66.57**

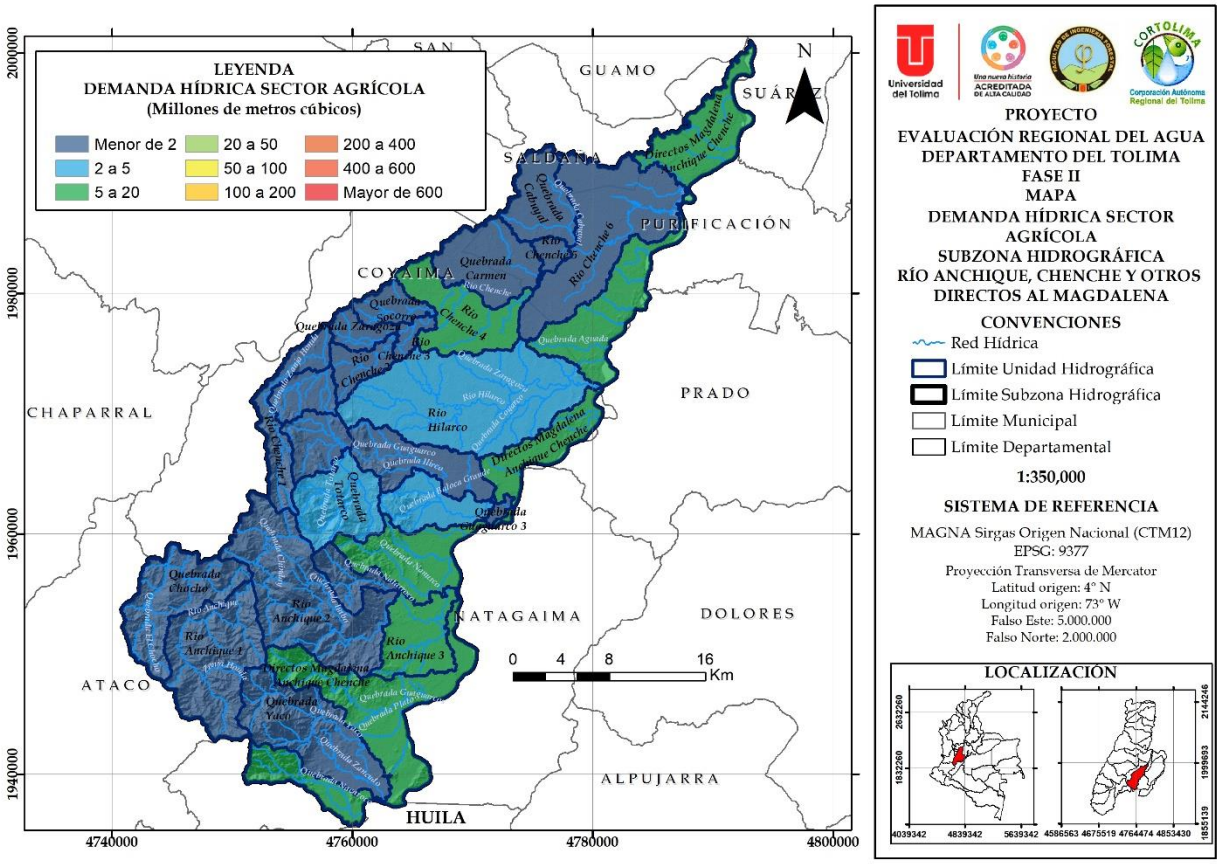


Figura 581. *Distribución de la demanda hídrica para uso Agrícola en la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena*

24.9.2. Uso Consumo Humano y Doméstico

La demanda hídrica de este sector corresponde a los usos denominados en la TUA bajo Decreto 1155 del 7 de julio de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible como: Doméstico, Consumo Humano y Acueductos. De acuerdo con la **Tabla 469** la demanda hídrica de la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena corresponde a 154.90 l/s, la cual se distribuye en 6 fuentes hídricas, concentrándose principalmente en el río Anchique, el río Chenche y la quebrada Yaco con caudales de 61.57 l/s (39.75%), 50.08 l/s (32.33%) y 21 l/s (13.56%), respectivamente. Los principales usuarios demandantes son: la Empresa de Servicios Públicos de Natagaima (ESPUNAT S.A), en el caso del río Anchique, con 60 l/s; Mateo Rodríguez Lozano, en el río Chenche, con 50 l/s; y la Asociación de Usuarios del Acueducto Regional Velu, en la quebrada Yaco, con 21 l/s.

Tabla 469. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para Consumo Humano y Doméstico en la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Consumo Humano y Doméstico (l/s)	DH. Consumo Humano y Doméstico (Mm³/año)	%
2113-03.11	Río Anchique	2	61.57	1.94	39.75
2113-03.13	Quebrada Yaco	1	21.00	0.66	13.56
2113-03.2	Río Chenche	2	50.08	1.58	32.33
2113-03.5	Río Hilarco	1	0.88	0.03	0.57
2113-03.7.6	Quebrada Totarco	1	11.70	0.37	7.55
2113-03.7.6.1	Quebrada El Niple	3	9.67	0.30	6.24
Total		**10**	**154.90**	**4.88**	**100**

En relación con las UHA donde se concentra la mayor demanda hídrica del consumo humano y doméstico de la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena, se puede deducir a partir de la **Tabla 470** que estas corresponden, en primer lugar, a la UHA Rio Anchique 2 con el 38.74% (60 l/s), le sigue la UHA Rio Anchique 6 con el 32.28% (50 l/s), la Quebrada Totarco con el 13.80% (21.37 l/s) y luego la Quebrada Yaco con el 13.56% (21.0 l/s). En la **Figura 582** se evidencia la demanda de este sector respecto a la disponibilidad del recurso hídrico en la subzona es baja.

Tabla 470. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para Consumo Humano y Doméstico en la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH CH Doméstico (l/s)	UHA DH CH Doméstico (l/s)	UHA DH CH Doméstico (Mm³/año)	% DH Sector CH Doméstico SZH	% DH Total SZH
Quebrada Totarco	**2113-03.7.6**	Quebrada Totarco	11.70	21.37	0.67	13.80	0.90

	2113-03.7.6.1	Quebrada El Niple	9.67				
Quebrada Yaco	**2113-03.13**	Quebrada Yaco	21.00	21.00	0.66	13.56	0.89
Rio Anchique 2	**2113-03.11**	Río Anchique	60.00	60.00	1.89	38.74	2.53
Rio Anchique 3	**2113-03.11**	Río Anchique	1.57	1.57	0.05	1.01	0.07
Rio Chenche 1	**2113-03.2**	Río Chenche	0.08	0.08	0.00	0.05	0.003
Rio Chenche 6	**2113-03.2**	Río Chenche	50.00	50.00	1.58	32.28	2.11
Rio Hilarco	**2113-03.5**	Río Hilarco	0.88	0.88	0.03	0.57	0.04
	Total		**154.90**	**154.90**	**4.88**	**100**	**6.53**

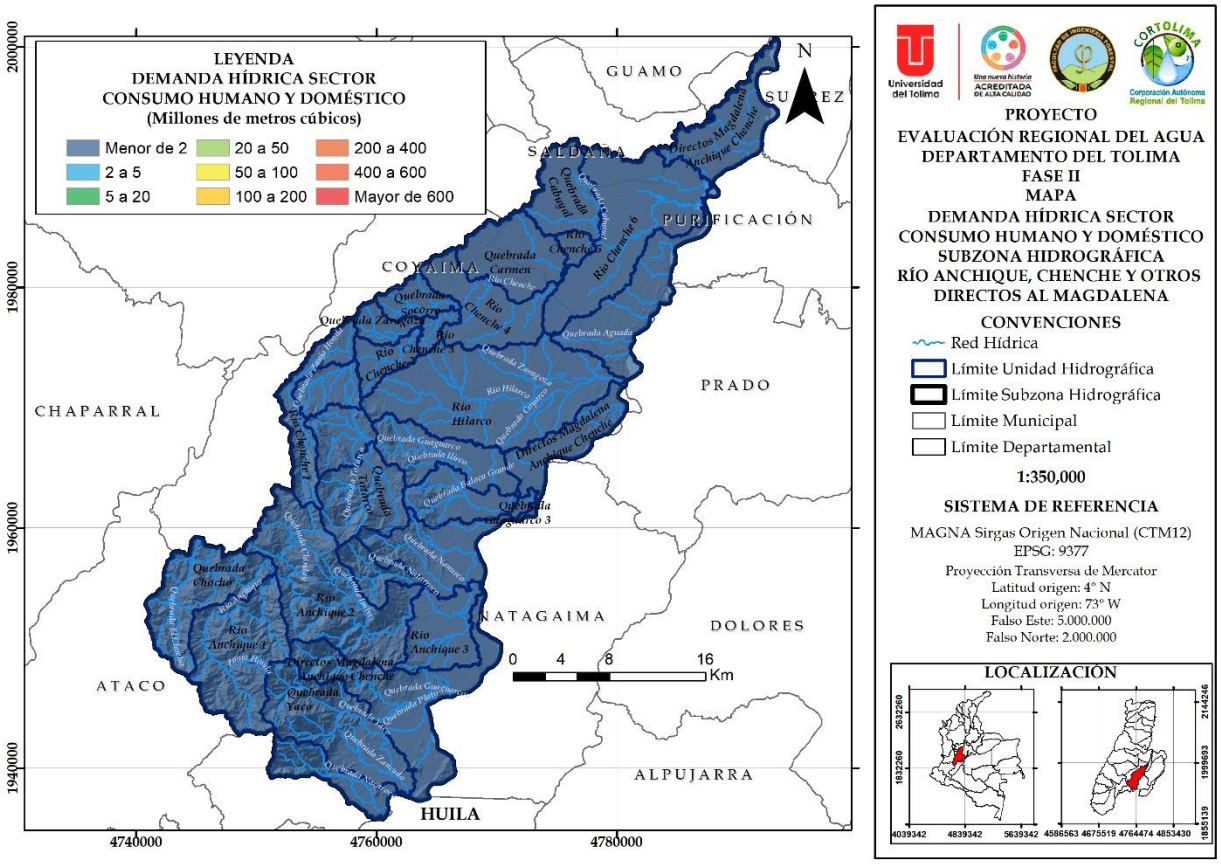


Figura 582. *Distribución de la demanda hídrica para Consumo Humano y Doméstico en la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena*

24.9.3. Uso Industrial

En la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena para el sector industrial actualmente se demanda un total de 65.70 l/s distribuidos en un 93.15% (61.20 l/s) en la quebrada Guaguarco y un 6.85% (4.50 l/s) en el río Hilarco (**Tabla 471**). La concesión hídrica otorgada a los señores Martha, Luis, Juan y Carlos Marín bajo resolución 618 del 17 de octubre de 2018 corresponde al mayor volumen de agua demandado en esta Subzona Hidrográfica para fines de uso industrial, el cual es de 61.20 l/s provenientes de la quebrada Guaguarco.

***Tabla 471**. Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Industrial en la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Industrial (l/s)	DH. Industrial (Mm³/año)	%
2113-03.5	Río Hilarco	1	4.50	0.14	6.85
2113-03.7	Quebrada Guaguarco	1	61.20	1.93	93.15
Total		**2**	**65.70**	**2.07**	**100**

De acuerdo con la **Tabla 472** la UHA en donde se presenta la mayor demanda de agua para uso industrial es la Quebrada Guaguarco 2 con 61.20 l/s que equivalen al 93.15% de la demanda hídrica del sector industrial y el 2.58% de la demanda hídrica total de la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena. La representación espacial de la demanda hídrica industrial por UHA en esta Subzona Hidrográfica se presenta en la **Figura 583**; se evidencia que la demanda de agua para uso industrial en todas las UHA de esta subzona no ejerce una presión significativa sobre el recurso hídrico.

***Tabla 472.** Distribución de la demanda hídrica para uso Industrial por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Industrial (l/s)	UHA DH Industrial (l/s)	UHA DH Industrial (Mm³/año)	% DH Sector Industrial SZH	% DH Total SZH
Quebrada Guaguarco 2	**2113-03.7**	Quebrada Guaguarco	61.20	61.20	1.93	93.15	2.58
Rio Hilarco	**2113-03.5**	Río Hilarco	4.50	4.50	0.14	6.85	0.19
	Total		**65.70**	**65.70**	**2.07**	**100**	**2.77**

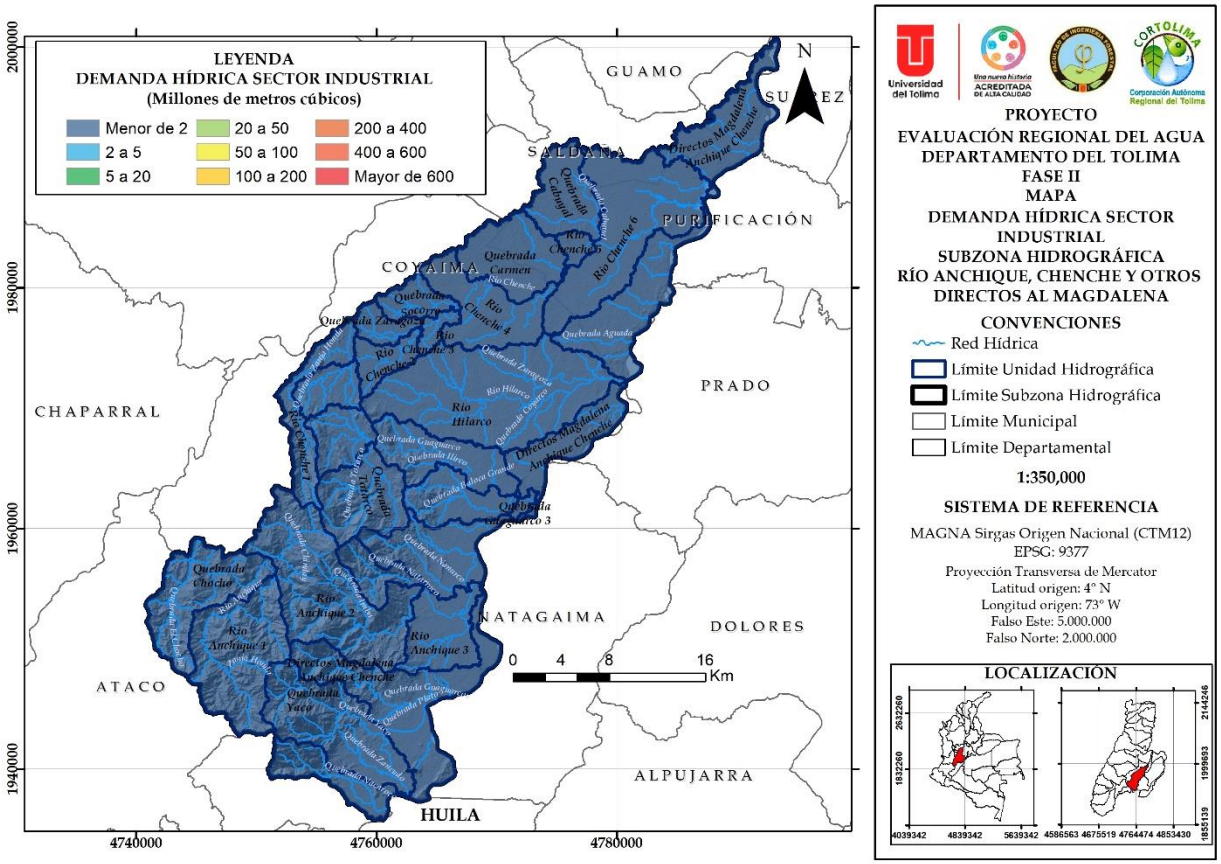


Figura 583. *Distribución de la demanda hídrica para uso Industrial en la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena*

24.9.4. Uso Pecuario

La demanda de este sector corresponde a los usos denominados en la TUA bajo Decreto 1155 del 7 de julio de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible como: Abrevaderos y Pecuario. En la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena se demanda para uso pecuario un total de 242.07 l/s, de los cuales el 62.81% (152.04 l/s) provienen del río Chenche y el 37.18% (90.01 l/s) de la fuente hídrica Directos Rio Magdalena (**Tabla 473**). Los principales usuarios demandantes del recurso hídrico en este sector son Agroavícola Italia S.A.S, en el río Chenche, con 152.04 l/s y Edgar Fabricio Redondo Martínez, en Directos Río Magdalena, con 90 l/s.

Tabla 473. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Pecuario en la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Pecuario (l/s)	DH. Pecuario (Mm³/año)	%
2113-03	Directos Río Magdalena	2	90.01	2.84	37.18
2113-03.11	Río Anchique	1	0.02	0.00	0.01
2113-03.2	Río Chenche	1	152.04	4.79	62.81
Total		**4**	**242.07**	**7.63**	**100**

En relación con las UHA donde se concentra la mayor demanda hídrica del sector pecuario de la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena, se puede deducir a partir de la **Tabla 474** que estas corresponden a la UHA Rio Chenche 6 con el 62.81% (152.04 l/s) y la UHA Directos Magdalena Anchique Chenche con el 37.18% (90.01 l/s). En la **Figura 584** se evidencia que la demanda de este sector ejerce una baja presión del recurso hídrico de la Subzona Hidrográfica.

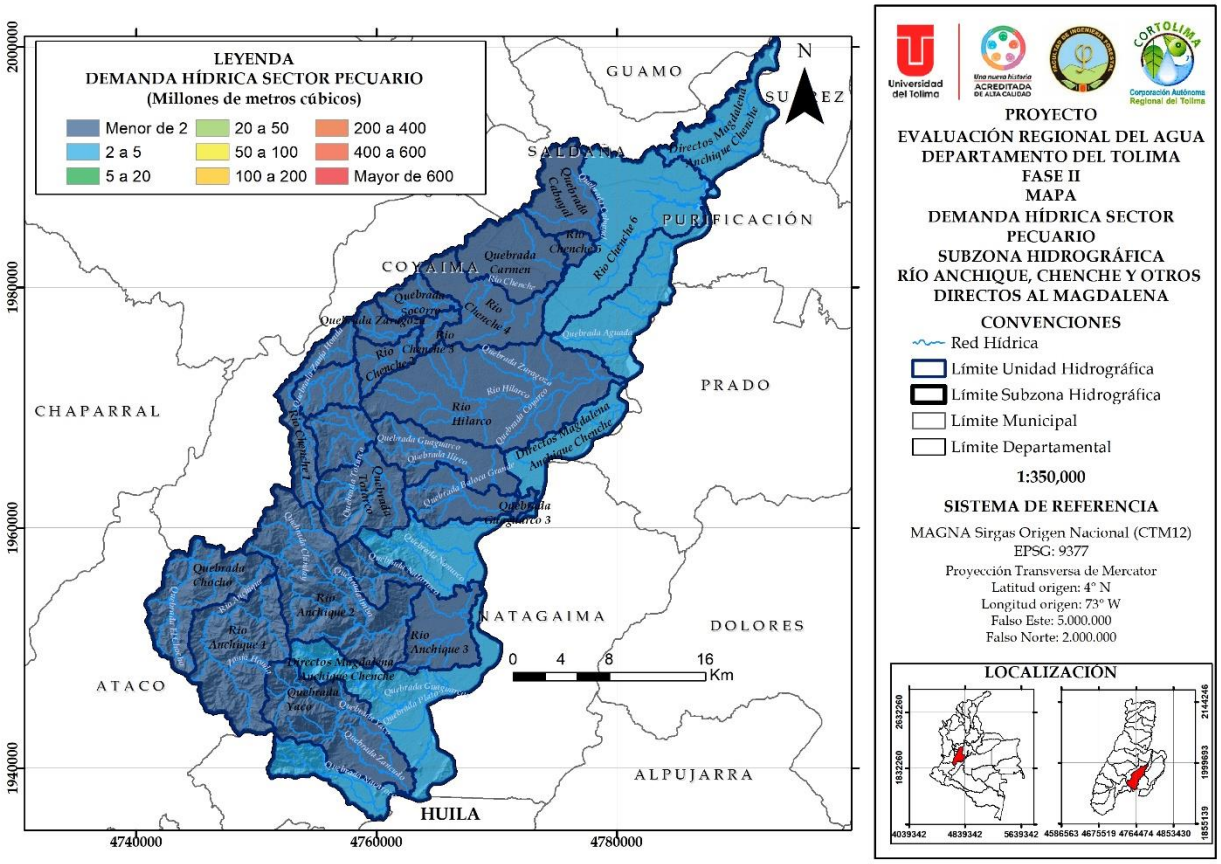


Figura 584. *Distribución de la demanda hídrica para uso Pecuario en la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena*

Tabla 474. *Distribución de la demanda hídrica para uso Pecuario por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Pecuario (l/s)	UHA DH Pecuario (l/s)	UHA DH Pecuario (Mm³/año)	% DH Sector Pecuario SZH	% DH Total SZH
Directos Magdalena Anchique Chenche	2113-03	Directos Río Magdalena	90.012	90.012	2.84	37.18	3.80
Rio Anchique 3	2113-03.11	Río Anchique	0.017	0.017	0.00	0.01	0.001
Rio Chenche 6	2113-03.2	Río Chenche	152.04	152.04	4.79	62.81	6.41
Total			**242.069**	**242.069**	**7.63**	**100**	**10.21**

24.9.5. Uso Piscícola

La demanda de este sector corresponde a la categoría de uso Acuícultura y Pesca de la TUA según Decreto 1155 del 7 de julio de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. De acuerdo con lo anterior, en la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena la demanda para uso Piscícola corresponde a 329.90 l/s, el 60% de ella (196.50 l/s) localizada en la quebrada Yaco y el 39% (129.40 l/s) en la unidad Directos Río Magdalena (**Tabla 475**); los usuarios demandantes de estos caudales son la Empresa Unipersonal Piscícola Canadá y la Sociedad Acuícola de Colombia S.A.S, respectivamente.

Tabla 475. *Demanda hídrica por fuente hídrica abastecedora para uso Piscícola en la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena*

Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	Usuarios	DH. Piscícola (l/s)	DH. Piscícola (Mm³/año)	%
2113-03	Directos Río Magdalena	1	129.40	4.08	39.22
2113-03.11	Río Anchique	1	4.00	0.13	1.21
2113-03.13	Quebrada Yaco	1	196.50	6.20	59.56
Total		**3**	**329.90**	**10.40**	**100**

En relación con las UHA, la demanda del sector piscícola de esta Subzona Hidrográfica se concentra principalmente en la UHA quebrada Yaco con 325.90 l/s correspondientes al 98.79% del total de la demanda hídrica de este sector y el 13.74% de la demanda hídrica total de Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena. La **Figura 585** permite identificar el grado de presión que ejerce la demanda del sector piscícola sobre el recurso hídrico de la zona.

Tabla 476. *Distribución de la demanda hídrica para uso Piscícola por fuente hídrica abastecedora en cada UHA de la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena*

UHA	Cod. Fuente Hídrica	Fuente Hídrica	DH Piscícola (l/s)	UHA DH Piscícola (l/s)	UHA DH Piscícola (Mm³/año)	% DH Sector Piscícola SZH	% DH Total SZH
Quebrada Yaco	**2113-03**	Directos Río Magdalena	129.40	325.90	10.28	98.79	13.74
	2113-03.13	Quebrada Yaco	196.50				
Rio Anchique 3	**2113-03.11**	Río Anchique	4.00	4.00	0.13	1.21	0.17
	Total		**329.90**	**329.90**	**10.40**	**100**	**13.91**

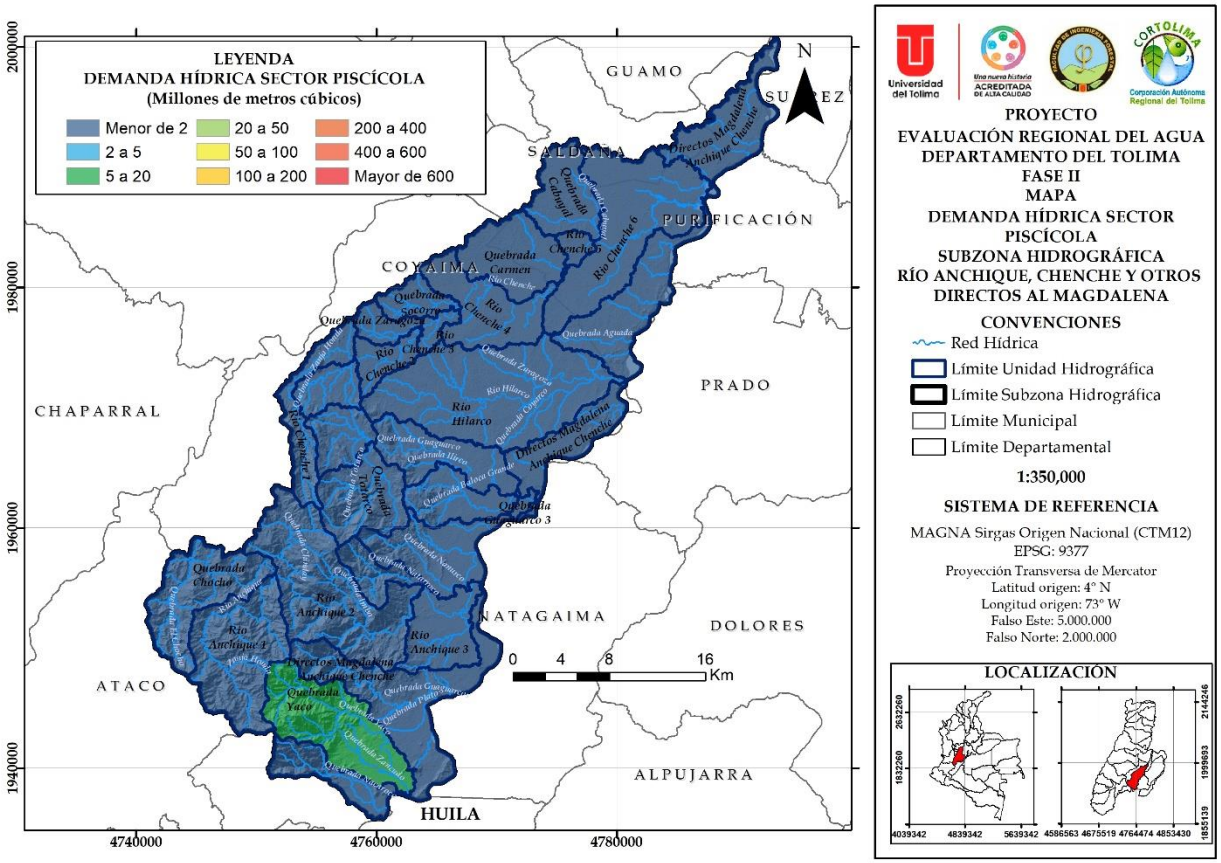


Figura 585. *Distribución de la demanda hídrica para uso Piscícola en la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena*

25. Demanda Hídrica Subterránea

25.1. Acuífero Sur

La demanda hídrica total en los pozos subterráneos del Acuífero Sur se estima en 106.45 l/s, si bien, el caudal concesionado en las resoluciones otorgadas por la

autoridad ambiental estipula un uso específico del mismo, en ocasiones este uso es combinado (más de un uso específico) en una misma captación; por tanto, al momento de definir los tipos de uso de caudales concesionados, fue necesario contemplar las posibles combinaciones o usos múltiples del recurso (**Tabla 477**). En las siguientes secciones se caracterizará la demanda de esta unidad hidrográfica por cada tipo de uso de agua.

Tabla 477. *Caudal concesionado por tipo de uso en el Acuífero Sur*

Tipo de Uso	Usuarios	Caudal concesionado (l/s)
Agrícola	40	5.10
Agrícola - Consumo Humano y Doméstico	35	8.51
Agrícola - Consumo Humano y Doméstico - Pecuario	6	1.00
Agrícola - Pecuario	20	2.77
Consumo Humano y Doméstico	3092	74.68
Consumo Humano y Doméstico - Pecuario	175	3.24
Consumo Humano y Doméstico - Piscícola	2	0.12
Industrial	2	4.80
Pecuario	74	4.17
Piscícola	3	2.07
Total	**3601**	**106.45**

25.1.1. Uso Agrícola

Teniendo en cuenta los usos considerados en el Decreto 3930 de 2010, según los lineamientos del IDEAM (2013) y los establecidos en el Decreto 1155 del 7 de julio de 2017 para efectos de la liquidación de la TUA, dentro de este sector se reúnen los usos denominados por la Tasa por Uso como Agrícola (Riego y Silvicultura) y Riego – Distritos. La demanda para uso Agrícola en el Acuífero Sur corresponde a 15.30 l/s para 101 usuarios (**Tabla 478**), de los cuales los mayores demandantes son los señores Jorge Alfonso Morales Manrique y Ovidio Oliveros Cifuentes con 1 l/s, cada uno.

Tabla 478. *Demanda hídrica para uso Agrícola en el Acuífero Sur*

Código	Nombre del Acuífero	Usuarios	DH. Agrícola (l/s)	DH. Agrícola (Mm³/año)
C.1	Pozos Subterráneos Acuífero Sur	101.00	15.30	0.48
Total		**101.00**	**15.30**	**0.48**

25.1.2. Uso Consumo Humano y Doméstico

La demanda de este sector corresponde a los usos denominados en la TUA bajo Decreto 1155 del 7 de julio de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible como: Doméstico, Consumo Humano y Acueductos. En los pozos subterráneos del Acuífero Sur se demanda para Consumo Humano y Doméstico un total de 76.34 l/s

para 3310 usuarios (**Tabla 479**), de los cuales el mayor demandante es la señora Enith Suarez con 17.5 l/s.

Tabla 479. *Demanda hídrica para Consumo Humano y Doméstico en el Acuífero Sur*

Código	Nombre del Acuífero	Usuarios	DH. Consumo Humano y Doméstico (l/s)	DH. Consumo Humano y Doméstico (Mm³/año)
C.1	Pozos Subterráneos Acuífero Sur	3310	76.34	2.41
Total		**3310**	**76.34**	**2.41**

25.1.3. Uso Industrial

La demanda de este sector en los pozos subterráneos del Acuífero Sur es de 4.80 l/s (**Tabla 480**), siendo Andrés Espina, propietario del predio Sinaí, el usuario con mayor demanda, la cual corresponde a 3.80 l/s.

Tabla 480. *Demanda hídrica para uso Industrial en el Acuífero Sur*

Código	Nombre del Acuífero	Usuarios	DH. Industrial (l/s)	DH. Industrial (Mm³/año)
C.1	Pozos Subterráneos Acuífero Sur	2	4.80	0.15
Total		**2**	**4.80**	**0.15**

25.1.4. Uso Pecuario

La demanda de este sector corresponde a los usos denominados en la TUA bajo Decreto 1155 del 7 de julio de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible como: Abrevaderos y Pecuario. En los pozos subterráneos del Acuífero Sur se demanda para uso Pecuario un total de 7.83 l/s para 275 usuarios (**Tabla 481**), de los cuales los mayores demandantes del recurso son la empresa Pollos Savicol S.A. y los señores Israel Monroy Romero, Jhon Carlos Cáceres Escobar y Ovidio Oliveros Cifuentes, con caudales de 1.33 l/s, 1, 1.5 l/s y 1 l/s, respectivamente.

Tabla 481. *Demanda hídrica para uso Pecuario en el Acuífero Sur*

Código	Nombre del Acuífero	Usuarios	DH. Pecuario (l/s)	DH. Pecuario (Mm³/año)
C.1	Pozos Subterráneos Acuífero Sur	275	7.83	0.25
Total		275	7.83	0.25

25.1.5. Uso Piscícola

En los pozos subterráneos del Acuífero Sur la demanda para uso Piscícola corresponde a 2.19 l/s, correspondiente a la categoría de uso Acuícultura y Pesca de la TUA, según Decreto 1155 del 7 de julio de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Esta demanda está asociada a 5 usuarios siendo el señor Ricardo Serrano Guzman el mayor demandante con 1.85 l/s.

Tabla 482. *Demanda hídrica para uso Piscícola en el Acuífero Sur*

Código	Nombre del Acuífero	Usuarios	DH. Piscícola (l/s)	DH. Piscícola (Mm³/año)
C.1	Pozos Subterráneos Acuífero Sur	5	2.19	0.07
Total		5	2.19	0.07

26. Cálculo de Proyecciones de Demanda Hídrica Sectorial

A continuación, se presentan los resultados de la proyección de la demanda hídrica para uso agrícola, consumo humano y doméstico, y pecuario para el periodo 2022 - 2032. Para los sectores industrial, recreativo, minería, generación de energía y piscícola no se realizaron proyecciones por la baja demanda hídrica en estos sectores (subsección 24), que está asociado al bajo número de concesiones para estos usos en las Subzonas Hidrográficas de los ríos Bajo Saldaña, Alto Saldaña, Amoyá, Anamichú, Anchique, Atá, Cambrín, Medio Saldaña y Patá.

26.1. Demanda Hídrica Agrícola

Representa la cantidad de agua requerida para abastecer el déficit de riego de un cultivo (IDEAM, 2010). Se determina como la diferencia entre la evapotranspiración del cultivo (ETc) y la precipitación efectiva; cuando esta última es mayor, la demanda es igual a cero (0).

De acuerdo con el IDEAM (2013), los requerimientos de riego de un cultivo dependen de ciertos factores tales como la precipitación, las características fenológicas del cultivo, las condiciones climáticas, el sistema de riego y las características del suelo. La expresión de cálculo es la siguiente:

$$Da = 10 \sum_{d=1}^{ip} \frac{\left[(Kc * ETp) - \frac{P * Ke}{100}\right]}{Kr} x\ A$$

Donde:

Da: requerimiento de agua del cultivo (m3/ha)
10: es factor que aplica para convertir a m3/ha
Lp: duración del período de crecimiento
Kc: coeficiente cultivo (adimensional)
ETo: evapotranspiración de referencia potencial (mm)
P: precipitación en mm
Ke: coeficiente de escorrentía (adimensional)
Kr: coeficiente eficiencia de riego (adimensional)
A: área sembrada (ha)

26.1.1. Cálculo de la demanda hídrica

La primera parte del cálculo se obtiene aplicando el enfoque del coeficiente del cultivo conforme a la metodología FAO Penman-Monteith, donde los efectos del clima sobre los requerimientos de agua del cultivo vienen reflejados en la evapotranspiración del cultivo de referencia ETp y las características del cultivo, y los efectos promedio de la evaporación del suelo en el coeficiente Kc.

Los cultivos y áreas cultivadas por municipio se tomaron de las estadísticas de la última Evaluación Agropecuaria del Tolima (UPRA, 2021) y, sus estados fenológicos más probables a nivel mensual se estimaron a partir de los valores del coeficiente cultivo (Kc) (inicial, medio y final) reportados por la FAO (2006) y los calendarios de siembra reportados para diferentes cultivos. El 0.3% de la información recopilada no se consideró en el cálculo de la demanda teniendo en cuenta las condiciones climáticas de la zona y los requerimientos del cultivo.

De acuerdo con la disponibilidad de información, el coeficiente de escorrentía (Ke) es determinado a través del método de Prevert (1986) la cual está en función del tipo de uso de suelo, la pendiente (%) y la textura de suelo. El coeficiente de eficiencia de riego (Kr), depende del sistema de riego recomendado para cada tipo de cultivo, siendo Kr = 0.50 si es por gravedad, 0.75 si es por aspersión y 0.90 si es por goteo (IDEAM, 2019).

En la Tabla 483 se presenta el resumen de la demanda hídrica actual del sector agrícola calculada para cada uno de los municipios que componen las Subzonas Hidrográficas de los ríos Bajo Saldaña, Alto Saldaña, Amoyá, Anamichú, Anchique, Atá, Cambrín, Medio Saldaña y Patá. La distribución de la demanda hídrica por tipo de cultivo en cada uno de estos municipios se presenta en la **Tabla 484**.

Tabla 483. *Demanda hídrica del sector agrícola para el año 2022 de cada uno de los municipios con jurisdicción en las Subzonas Hidrográficas objeto de estudio*

Municipio	DH. Agrícola (l/s)	DH. Agrícola (Mm³/año)
Ataco	10241.64	322.98
Chaparral	12278.99	387.23
Coyaima	6262.95	197.51
Guamo	24602.81	775.87
Natagaima	5755.15	181.49
Ortega	11291.61	356.09
Planadas	9617.11	303.29
Purificación	33006.17	1040.88
Rioblanco	4432.65	139.79
Saldaña	14689.56	463.25

Municipio	DH. Agrícola (l/s)	DH. Agrícola (Mm³/año)
San Luís	9519.00	300.19
Total	**141697.64**	**4468.58**

Tabla 484. *Distribución de la demanda hídrica del sector agrícola por tipo de cultivo en los municipios que componen las Subzonas Hidrográficas objeto de estudio para el año 2022*

Municipio	Cultivo	DH. Agrícola (Mm³/año)	DH. Agrícola (Mm³/año)
Ataco	Aguacate	216.55	6.83
	Cacao	1343.47	42.37
	Café	6954.24	219.31
	Caña Panelera	433.62	13.67
	Fríjol	84.23	2.66
	Maíz	125.25	3.95
	Plátano	1084.29	34.19
Total		**10241.64**	**322.98**
Chaparral	Aguacate	132.82	4.19
	Arracacha	70.04	2.21
	Arroz	1044.16	32.93
	Cacao	1382.23	43.59
	Café	4797.88	151.31
	Caña Panelera	2112.83	66.63
	Fríjol	659.76	20.81
	Guanábana	218.81	6.90
	Maíz	899.69	28.37
	Naranja	30.74	0.97
	Plátano	630.87	19.90
	Tomate	85.51	2.70
	Yuca	213.66	6.74
Total		**12278.99**	**387.23**
Coyaima	Arroz	2130.35	67.18
	Café	41.93	1.32
	Guayaba	75.15	2.37
	Limón	73.60	2.32
	Maíz	769.11	24.25
	Mango	159.90	5.04
	Plátano	2301.81	72.59
	Yuca	711.10	22.43
Total		**6262.95**	**197.51**
Guamo	Algodón	2426.30	76.52
	Arroz	11891.12	375.00
	Limón	2708.61	85.42
	Maíz	6456.21	203.60
	Mango	817.80	25.79
	Plátano	238.23	7.51

Municipio	Cultivo	DH. Agrícola (Mm³/año)	DH. Agrícola (Mm³/año)
	Yuca	64.55	2.04
Total		**24602.81**	**775.87**
Natagaima	Algodón	339.61	10.71
	Arroz	1561.07	49.23
	Café	86.01	2.71
	Limón	311.66	9.83
	Maíz	2347.33	74.03
	Plátano	1053.49	33.22
	Yuca	55.96	1.76
Total		**5755.15**	**181.49**
Ortega	Arroz	4188.82	132.10
	Café	2741.35	86.45
	Guayaba	86.25	2.72
	Limón	57.57	1.82
	Maíz	2816.78	88.83
	Mango	30.71	0.97
	Plátano	1109.73	35.00
	Yuca	260.40	8.21
Total		**11291.61**	**356.09**
Planadas	Café	8541.35	269.36
	Granadilla	9.30	0.29
	Lulo	9.76	0.31
	Maíz	43.44	1.37
	Mora	42.40	1.34
	Plátano	908.49	28.65
	Yuca	62.37	1.97
Total		**9617.11**	**303.29**
Purificación	Arroz	27497.41	867.16
	Banano	182.47	5.75
	Café	147.92	4.66
	Guayaba	12.95	0.41
	Limón	20.65	0.65
	Maíz	4833.19	152.42
	Mango	53.50	1.69
	Plátano	258.07	8.14
Total		**33006.17**	**1040.88**
Rioblanco	Café	3924.93	123.78
	Maíz	323.49	10.20
	Plátano	165.56	5.22
	Yuca	18.67	0.59
Total		**4432.65**	**139.79**
Saldaña	Arroz	14022.02	442.20
	Limón	226.81	7.15

Municipio	Cultivo	DH. Agrícola (Mm³/año)	DH. Agrícola (Mm³/año)
	Maíz	114.79	3.62
	Mango	42.49	1.34
	Plátano	230.24	7.26
	Yuca	53.21	1.68
Total		**14689.56**	**463.25**
	Aguacate	93.02	2.93
	Ahuyama	679.27	21.42
	Ajonjolí	1665.76	52.53
	Algodón	31.66	1.00
	Arroz	2407.00	75.91
	Café	169.47	5.34
	Fríjol	5.71	0.18
San Luís	Limón	854.56	26.95
	Maíz	2922.91	92.18
	Mango	272.50	8.59
	Maracuyá	14.85	0.47
	Papaya	30.76	0.97
	Plátano	172.45	5.44
	Sorgo	21.25	0.67
	Yuca	177.82	5.61
Total		**9519.00**	**300.19**

26.1.2. Proyección de la demanda hídrica agrícola

La proyección de la demanda hídrica calculada para uso agrícola se realizó para las Subzonas Hidrográficas de los ríos Bajo Saldaña, Alto Saldaña, Amoyá, Anamichú, Anchique, Atá, Cambrín, Medio Saldaña y Patá, considerando los resultados de la demanda hídrica de los cultivos de cada municipio, que contaran con información por un periodo de tiempo superior a los 10 años, según la última Evaluación Agropecuaria del Tolima (UPRA, 2021).

La metodología de proyección consistió principalmente en evaluar el mejor ajuste entre los modelos aritmético, exponencial y geométrico que se implementaron para la proyección de la población en la subsección 26.2.1. En la **Figura 586** y **Figura 587** se presenta como ejemplo la proyección de la demanda hídrica del cultivo de plátano en el municipio de Ataco, la cual se realizó a partir del modelo aritmético que mostró el mejor ajuste a los datos con el menor Error Cuadrático Medio (RMSE). El resumen de los resultados finales de la demanda hídrica proyectada al año 2032, por tipo de cultivo en cada uno de los municipios que hacen parte de las Subzonas Hidrográficas objeto de estudio, se indican en la Tabla 485. En el Anexo 2 del presente documento se encuentran en mayor detalle los cálculos realizados para obtener la demanda hídrica proyectada.



Figura 586. *Evaluación de modelos de proyección de la demanda hídrica calculada del sector agrícola. Ejemplo: comportamiento de los modelos evaluados en el cultivo de plátano del municipio de Ataco*

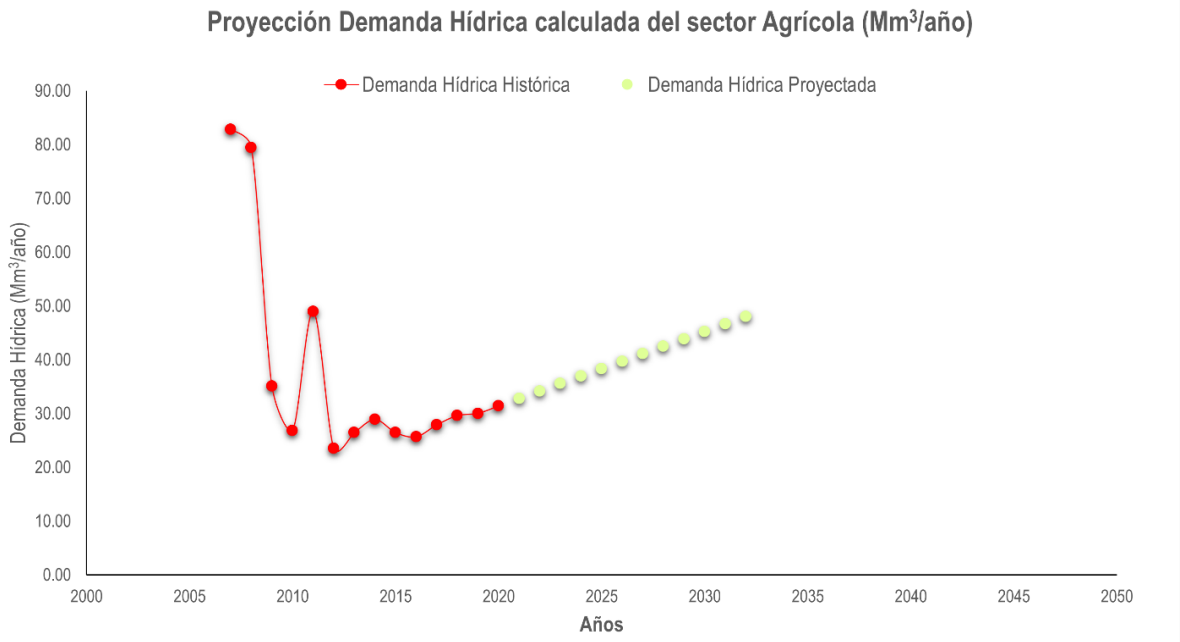


Figura 587. *Ejemplo de la proyección de la demanda hídrica del cultivo de plátano del municipio de Ataco a través del modelo de mejor ajuste (aritmético).*

Tabla 485. *Distribución de la demanda hídrica del sector agrícola por tipo de cultivo en los municipios que componen las Subzonas Hidrográficas objeto de estudio para el año 2032*

Municipio	Cultivo	Mejor Modelo	DH. Agrícola (l/s)	DH. Agrícola (Mm³/año)
Ataco	Aguacate	Método Exponencial	580.07	18.29
	Cacao	Método Aritmético	670.93	21.16
	Café	Método Aritmético	7323.01	230.94
	Caña Panelera	Método Aritmético	913.89	28.82
	Fríjol	Método Aritmético	86.90	2.74
	Maíz	Método Exponencial	72.30	2.28
	Plátano	Método Aritmético	1523.27	48.04
	Total		**11170.36**	**352.27**
Chaparral	Aguacate	Método Exponencial	162.53	5.13
	Arracacha	Método Exponencial	272.40	8.59
	Arroz	Método Aritmético	2457.49	77.50
	Cacao	Método Exponencial	1062.28	33.50
	Café	Método Aritmético	5088.24	160.46
	Caña Panelera	Método Aritmético	3732.66	117.71
	Fríjol	Método Aritmético	2270.56	71.60
	Guanábana	Método Aritmético	583.49	18.40
	Maíz	Método Aritmético	3633.27	114.58
	Naranja	Método Exponencial	31.17	0.98
	Plátano	Método Aritmético	1171.62	36.95
	Tomate	Método Exponencial	394.34	12.44
	Yuca	Método Aritmético	780.52	24.61
	Total		**21640.56**	**682.46**
Coyaima	Arroz	Método Aritmético	3746.70	118.16
	Café	Método Exponencial	26.18	0.83
	Guayaba	Método Exponencial	27.27	0.86
	Limón	Método Exponencial	41.17	1.30
	Maíz	Método Aritmético	1579.19	49.80
	Mango	Método Exponencial	236.53	7.46
	Plátano	Método Exponencial	2105.21	66.39
	Yuca	Método Geométrico	6622.64	208.85
	Total		**14384.90**	**453.64**
Guamo	Algodón	Método Aritmético	8818.54	278.10
	Arroz	Método Aritmético	12065.47	380.50
	Limón	Método Aritmético	9735.80	307.03
	Maíz	Método Aritmético	16105.62	507.91
	Mango	Método Exponencial	699.20	22.05
	Plátano	Método Aritmético	134.65	4.25
	Yuca	Método Aritmético	140.50	4.43
	Total		**47699.78**	**1504.26**
Natagaima	Algodón	Método Exponencial	322.49	10.17

Municipio	Cultivo	Mejor Modelo	DH. Agrícola (l/s)	DH. Agrícola (Mm³/año)
	Arroz	Método Exponencial	2028.79	63.98
	Café	Método Exponencial	81.59	2.57
	Limón	Método Aritmético	1245.20	39.27
	Maíz	Método Aritmético	9493.85	299.40
	Plátano	Método Aritmético	3285.23	103.60
	Yuca	Método Exponencial	152.62	4.81
	Total		**16609.78**	**523.81**
Ortega	Arroz	Método Aritmético	14016.55	442.03
	Café	Método Aritmético	135.44	4.27
	Guayaba	Método Exponencial	23.47	0.74
	Limón	Método Aritmético	58.41	1.84
	Maíz	Método Exponencial	5143.33	162.20
	Mango	Método Exponencial	44.30	1.40
	Plátano	Método Aritmético	1043.11	32.90
	Yuca	Método Aritmético	808.61	25.50
	Total		**21273.21**	**670.87**
Planadas	Café	Método Aritmético	8996.81	283.72
	Granadilla	Método Exponencial	108.11	3.41
	Lulo	Método Exponencial	5.54	0.17
	Maíz	Método Exponencial	28.86	0.91
	Mora	Método Exponencial	209.06	6.59
	Plátano	Método Aritmético	2037.67	64.26
	Yuca	Método Aritmético	232.47	7.33
	Total		**11618.52**	**366.40**
Purificación	Arroz	Método Aritmético	87014.35	2744.08
	Banano	Método Aritmético	338.39	10.67
	Café	Método Aritmético	172.73	5.45
	Guayaba	Método Exponencial	4.98	0.16
	Limón	Método Exponencial	9.32	0.29
	Maíz	Método Aritmético	12326.67	388.73
	Mango	Método Aritmético	118.31	3.73
	Plátano	Método Aritmético	451.83	14.25
	Total		**100436.58**	**3167.37**
Rioblanco	Café	Método Aritmético	3951.00	124.60
	Maíz	Método Aritmético	538.60	16.99
	Plátano	Método Aritmético	165.56	5.22
	Yuca	Método Exponencial	11.88	0.37
	Total		**4667.03**	**147.18**
Saldaña	Arroz	Método Aritmético	32570.64	1027.15
	Limón	Método Exponencial	595.01	18.76
	Maíz	Método Aritmético	13.00	0.41
	Mango	Método Exponencial	29.09	0.92
	Plátano	Método Exponencial	636.41	20.07

Municipio	Cultivo	Mejor Modelo	DH. Agrícola (l/s)	DH. Agrícola (Mm³/año)
	Yuca	Método Exponencial	90.69	2.86
	Total		**33934.84**	**1070.17**
San Luís	Aguacate	Método Exponencial	97.17	3.06
	Ahuyama	Método Aritmético	2534.26	79.92
	Ajonjolí	Método Aritmético	6700.40	211.30
	Algodón	Método Exponencial	4.51	0.14
	Arroz	Método Aritmético	9259.70	292.01
	Café	Método Exponencial	168.45	5.31
	Fríjol	Método Exponencial	0.63	0.02
	Limón	Método Aritmético	3133.39	98.81
	Maíz	Método Aritmético	8914.78	281.14
	Mango	Método Exponencial	258.41	8.15
	Maracuyá	Método Exponencial	13.40	0.42
	Papayá	Método Exponencial	57.08	1.80
	Plátano	Método Aritmético	369.54	11.65
	Sorgo	Método Exponencial	6.34	0.20
	Yuca	Método Aritmético	405.80	12.80
	Total		**31923.86**	**1006.75**

26.2. Demanda Hídrica Consumo Humano y Doméstico

Se refiere al agua utilizada en actividades tales como bebida directa y preparación de alimentos para consumo inmediato, satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios, y preparación de alimentos en general y en especial los destinados a su comercialización o distribución, que no requieran elaboración (Decreto 3930 de 2010).

La demanda se establece a partir de la estimación del consumo que un habitante requiere para satisfacer las necesidades básicas en un día (IDEAM, 2013), teniendo en cuenta los criterios del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), para la zona urbana (Resolución 0330 de 2017 s.f.) y zona rural (Resolución 0844 de 2018 s.f.). Se toman como fuente de información básica: los censos poblacionales realizados por el DANE y los indicadores técnicos de los sistemas de distribución de agua potable reportados en el Plan Departamental de Aguas (PDA) del departamento del Tolima.

26.2.1. Proyecciones de población

La estimación de la demanda hídrica actual y futura para consumo humano y doméstico de las Subzonas Hidrográficas de los ríos Bajo Saldaña, Alto Saldaña, Amoyá, Anamichú, Anchique, Atá, Cambrín, Medio Saldaña y Patá, se realizó a partir de la proyección del crecimiento poblacional urbano y rural de los municipios que

conforman dichas unidades hidrográficas, el cual está diseñado para un horizonte de 10 años, con base en los cuatro últimos censos de población colombiana según el DANE para los años 1985, 1993, 2005 y 2018 (**Tabla 486**). Los resultados de estas proyecciones por municipio se presentan en el Anexo 3 de este informe.

Tabla 486. *Población municipal de los años 1985, 1993, 2005 y 2018 por área geográfica según el DANE.*

Municipio	Área Geográfica	1985	1993	2005	2018
Ataco	Cabecera Municipal	3161	3799	4566	4820
Ataco	Centros Poblados y Rural Disperso	21045	16261	11099	14510
Ataco	Total	24206	20060	15665	19330
Chaparral	Cabecera Municipal	32450	20789	25134	28615
Chaparral	Centros Poblados y Rural Disperso	13654	20091	20956	21752
Chaparral	Total	46104	40880	46090	50367
Coyaima	Cabecera Municipal	2856	3060	4224	3836
Coyaima	Centros Poblados y Rural Disperso	24633	21536	23509	18977
Coyaima	Total	27489	24596	27733	22813
Guamo	Cabecera Municipal	14128	14157	16163	16656
Guamo	Centros Poblados y Rural Disperso	22163	18259	18091	16284
Guamo	Total	36291	32416	34254	32940
Natagaima	Cabecera Municipal	9279	8418	13499	7841
Natagaima	Centros Poblados y Rural Disperso	10800	12906	6769	6994
Natagaima	Total	20079	21324	20268	14835
Ortega	Cabecera Municipal	5083	5649	7530	6946
Ortega	Centros Poblados y Rural Disperso	30348	26001	23006	27661
Ortega	Total	35431	31650	30536	34607
Planadas	Cabecera Municipal	4426	6012	7146	6736
Planadas	Centros Poblados y Rural Disperso	17980	19582	18296	19028
Planadas	Total	22406	25594	25442	25764
Purificación	Cabecera Municipal	4426	6012	7146	6736
Purificación	Centros Poblados y Rural Disperso	17980	19582	18296	19028
Purificación	Total	22406	25594	25442	25764
Rioblanco	Cabecera Municipal	2369	3525	4269	3724
Rioblanco	Centros Poblados y Rural Disperso	24785	24124	20724	19047
Rioblanco	Total	27154	27649	24993	22771
Saldaña	Cabecera Municipal	6532	7259	8207	8502
Saldaña	Centros Poblados y Rural Disperso	7165	7014	6525	5933
Saldaña	Total	13697	14273	14732	14435
San_Luís	Cabecera Municipal	3010	3254	3663	3765
San_Luís	Centros Poblados y Rural Disperso	12436	12749	9784	9788

Municipio	Área Geográfica	1985	1993	2005	2018
San_Luís	Total	15446	16003	13447	13553

Los métodos de cálculo empleados para la proyección de población en cada municipio fueron los modelos matemáticos aritmético, geométrico y exponencial, seleccionando el modelo con mejor ajuste al comportamiento histórico de la población (**Figura 588**), según los criterios establecidos por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2010).

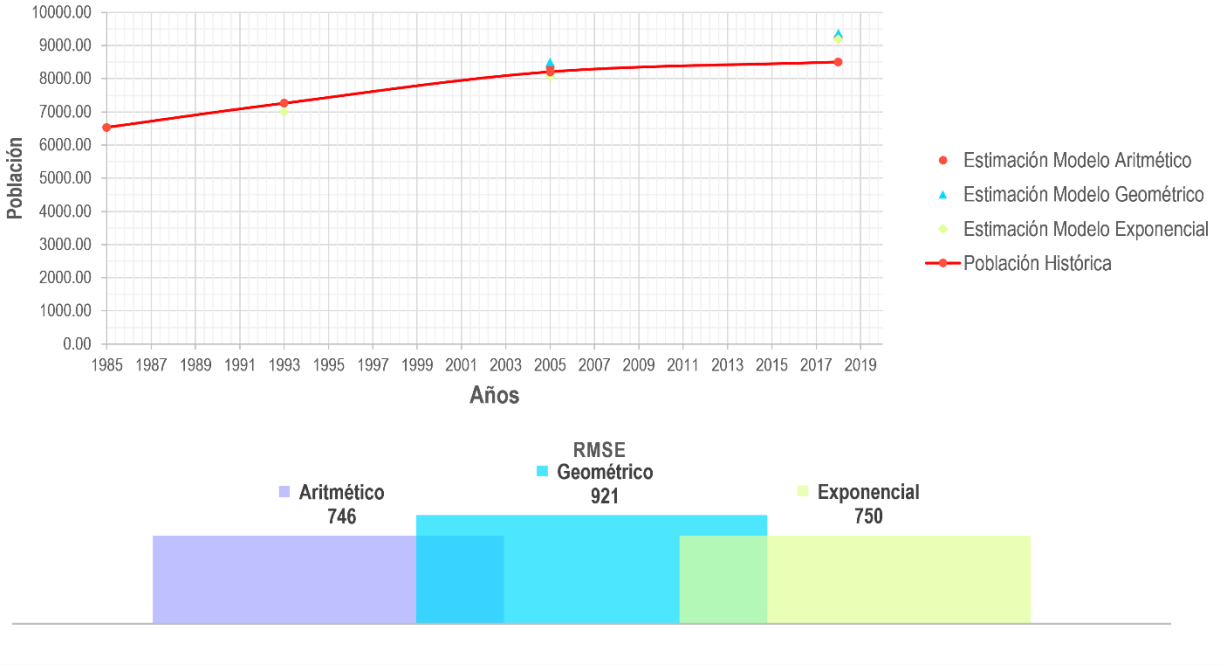


Figura 588. *Selección de modelos para proyección de la población. Ejemplo: proyección de la población de la cabecera municipal de Saldaña*

A continuación, se describirá cada uno de los modelos:

a. Método Aritmético

Este método supone un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración. La población proyectada se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P_f = P_{\text{uc}} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} * (T_f - T_{\text{uc}})$$

Donde:

P_f: Población (hab) proyectada para el año t
P_{uc}: Población (hab) del último año censado
P_{ci}: Población (hab) del censo inicial.
T: Año al cual se quiere proyectar

T_{ci}: Año del censo inicial
T_{uc}: Último año censado

b. Método Geométrico

Este método es útil en poblaciones que muestren una importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión las cuales pueden dotarse de servicios públicos sin mayores dificultades. La población proyectada se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P_f = P_{uc}(1+r)^{Tf-Tuc}$$

Donde r es la tasa de crecimiento anual calculada de la siguiente manera:

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}}\right)^{\frac{1}{(Tuc-Tci)}}$$

Donde:

P_f: Población (hab) proyectada para el año t
P_{uc}: Población (hab) del último año censado
P_{ci}: Población (hab) del censo inicial.
t_f: Año al cual se quiere proyectar
T_{ci}: Año del censo inicial
T_{uc}: Último año censado
r: Tasa de crecimiento

c. Método Exponencial

La utilización de este método requiere conocer por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población. Se recomienda su aplicación a poblaciones que muestren apreciable desarrollo y poseen abundantes áreas de expansión, es un método que tiene más memoria de la tasa de crecimiento/decrecimiento en comparación con los dos anteriores. Su expresión es la siguiente:

$$P_f = P_{ci} \times e^{k \times (T_f - T_{ci})}$$

Donde k es la tasa de crecimiento de la población la cual se calcula como el promedio de las tasas calculadas para cada par de censos, así:

$$k = \frac{Ln\ P_{cp} - Ln\ P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}}$$

Donde:

P_f: Población (hab) proyectada para el año t
P_{ci}: Población (hab) del censo inicial.
T_f: Año al cual se quiere proyectar
T_{ci}: Año del censo inicial

P_{cp}: Población (hab) censo posterior
P_{ca}: Población (hab) censo anterior
T_{cp}: Año censo posterior
T_{ca}: Año censo anterior

Para evaluar el ajuste de dichos modelos con el comportamiento histórico de la población, se utilizó la Raíz del Error Medio Cuadrático (RMSE) aplicando la siguiente ecuación:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(Pp - Pc)^2}{N}}$$

Donde:
P_p: Población proyectada
P_c: Población censada
N: número de censos

26.2.2. Proyecciones de la demanda hídrica para consumo humano y doméstico

Con base en los resultados de la proyección de la población, se procedió hacer el cálculo de la demanda hídrica actual y futura para consumo humano y doméstico de cada uno los municipios que integran las Subzonas Hidrográficas de los ríos Bajo Saldaña, Alto Saldaña, Amoyá, Anamichú, Anchique, Atá, Cambrín, Medio Saldaña y Patá.

Con el fin de reconocer las pérdidas técnicas en la estimación de la demanda actual y proyectada, se consideró el porcentaje de índice de agua no contabilizada (IANC) municipal de acuerdo con el Plan Departamental de Aguas (PDA) del departamento del Tolima; esta información, permitió calcular el Caudal Medio Diario (Qmd), Caudal Máximo Diario (QMD) y Caudal Máximo Horario (QMH) tanto en las cabeceras municipales como en el sector rural de los municipios objeto de estudio. Las anteriores variables se definieron en la sección 21.3 del presente documento. En la **Tabla 487** se presentan los resultados de la demanda hídrica sin población flotante estimados para el año 2022 y en la **Tabla 488** la demanda hídrica con población flotante para el mismo año.

En cuanto a las proyecciones de la demanda hídrica, se definieron dos escenarios de proyección: (i) demanda hídrica actual y futura de uso doméstico en la zona urbana y centros poblados sin considerar la población flotante y (ii) demanda hídrica actual y futura de uso doméstico en la zona urbana y centros poblados considerando la población flotante. Los resultados generales de la proyección de estos dos escenarios se muestran en las **Tabla 489** y **Tabla 490**, respectivamente. En ambos casos, la

demanda hídrica se proyecta teniendo en cuenta el IANC (%) actual por municipio y el máximo permitido (25%), según los lineamientos del RAS (Resolución 0330 de 2017). La población flotante por municipio se estableció con base en la información estadística reportada por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo para el periodo 2000 - 2022, que permitió definir el porcentaje de turistas que pernotaron en cada municipio en este periodo de tiempo.

Tabla 487. *Estimación de la demanda hídrica actual para consumo humano y doméstico por área geográfica de cada municipio, sin considerar la población flotante*

Departamento	Municipio	Elevación (m.s.n.m)	Área Geográfica	Año	Población	Método de Proyección	Dotación neta (l/habitante/dia)	Pérdidas del sistema (IANC) (%)	Dotación bruta	Caudal medio diario (LPS)	Caudal máximo diario (LPS)	Caudal máximo horario (LPS)
Tolima	Ataco	446	Cabecera Municipal	2022	19358	Método Aritmético	140	58%	333.33	74.68	89.62	134.43
Tolima	Ataco	446	Centros Poblados y Rural Disperso	2022	13693	Método Exponencial	140	58%	333.33	52.83	63.39	95.09
Tolima	Chaparral	854	Cabecera Municipal	2022	27498	Método Exponencial	140	55%	311.11	99.02	118.82	178.23
Tolima	Chaparral	854	Centros Poblados y Rural Disperso	2022	23396	Método Exponencial	140	55%	311.11	84.25	101.10	151.64
Tolima	Coyaima	392	Cabecera Municipal	2022	3982	Método Exponencial	140	49%	274.51	12.65	16.45	26.32
Tolima	Coyaima	392	Centros Poblados y Rural Disperso	2022	18331	Método Exponencial	140	49%	274.51	58.24	69.89	104.84
Tolima	Guamo	321	Cabecera Municipal	2022	16961	Método Exponencial	140	65%	400.00	78.52	94.23	141.34
Tolima	Guamo	321	Centros Poblados y Rural Disperso	2022	15581	Método Exponencial	140	65%	400.00	72.14	86.56	129.84
Tolima	Natagaima	326	Cabecera Municipal	2022	7690	Método Exponencial	140	65%	400.00	35.60	46.28	74.05
Tolima	Natagaima	326	Centros Poblados y Rural Disperso	2022	6729	Método Exponencial	140	65%	400.00	31.15	40.50	64.80
Tolima	Ortega	2687	Cabecera Municipal	2022	7239	Método Exponencial	120	36%	187.50	15.71	20.42	32.67
Tolima	Ortega	2687	Centros Poblados y Rural Disperso	2022	27101	Método Exponencial	120	36%	187.50	58.81	70.57	105.86
Tolima	Planadas	1212	Cabecera Municipal	2022	26818	Método Aritmético	130	54%	282.61	87.72	105.26	157.89
Tolima	Planadas	1212	Centros Poblados y Rural Disperso	2022	19233	Método Exponencial	130	54%	282.61	62.91	75.49	113.24
Tolima	Purificación	329	Cabecera Municipal	2022	26818	Método Aritmético	140	42%	241.38	74.92	89.91	134.86
Tolima	Purificación	329	Centros Poblados y Rural Disperso	2022	19233	Método Exponencial	140	42%	241.38	53.73	64.48	96.72
Tolima	Saldaña	305	Cabecera Municipal	2022	34099	Método Aritmético	140	54%	304.35	120.11	144.14	216.21
Tolima	Saldaña	305	Centros Poblados y Rural Disperso	2022	5808	Método Exponencial	140	54%	304.35	20.46	26.60	42.55
Tolima	San Luís	503	Cabecera Municipal	2022	3876	Método Exponencial	140	54%	304.35	13.65	17.75	28.40
Tolima	San Luís	503	Centros Poblados y Rural Disperso	2022	9544	Método Exponencial	140	54%	304.35	33.62	43.71	69.93
Tolima	Rioblanco	900	Cabecera Municipal	2022	14728	Método Aritmético	140	65%	400.00	68.19	81.82	122.74
Tolima	Rioblanco	900	Centros Poblados y Rural Disperso	2022	18483	Método Exponencial	140	65%	400.00	85.57	102.69	154.03

Tabla 488. *Estimación de la demanda hídrica actual para consumo humano y doméstico por área geográfica de cada municipio, considerando la población flotante*

Departamento	Municipio	Elevación (m.s.n.m)	Área Geográfica	Año	Población	Método de Proyección	Dotación neta (l/habitante/dia)	Pérdidas del sistema (IANC) (%)	Dotación bruta	Caudal medio diario (LPS)	Caudal máximo diario (LPS)	Caudal máximo horario (LPS)
Tolima	Ataco	446	Cabecera Municipal	2022	19358	Método Aritmético	140	58%	333.33	74.68	89.62	134.43
Tolima	Ataco	446	Centros Poblados y Rural Disperso	2022	13693	Método Exponencial	140	58%	333.33	52.83	63.39	95.09
Tolima	Chaparral	854	Cabecera Municipal	2022	27531	Método Exponencial	140	55%	311.11	99.13	118.96	178.44
Tolima	Chaparral	854	Centros Poblados y Rural Disperso	2022	23396	Método Exponencial	140	55%	311.11	84.25	101.10	151.64
Tolima	Coyaima	392	Cabecera Municipal	2022	3982	Método Exponencial	140	49%	274.51	12.65	16.45	26.32
Tolima	Coyaima	392	Centros Poblados y Rural Disperso	2022	18331	Método Exponencial	140	49%	274.51	58.24	69.89	104.84
Tolima	Guamo	321	Cabecera Municipal	2022	16980	Método Exponencial	140	65%	400.00	78.61	94.33	141.50
Tolima	Guamo	321	Centros Poblados y Rural Disperso	2022	15581	Método Exponencial	140	65%	400.00	72.14	86.56	129.84
Tolima	Natagaima	326	Cabecera Municipal	2022	7698	Método Exponencial	140	65%	400.00	35.64	46.33	74.13
Tolima	Natagaima	326	Centros Poblados y Rural Disperso	2022	6729	Método Exponencial	140	65%	400.00	31.15	40.50	64.80
Tolima	Ortega	2687	Cabecera Municipal	2022	7244	Método Exponencial	120	36%	187.50	15.72	20.44	32.70
Tolima	Ortega	2687	Centros Poblados y Rural Disperso	2022	27101	Método Exponencial	120	36%	187.50	58.81	70.57	105.86
Tolima	Planadas	1212	Cabecera Municipal	2022	26826	Método Aritmético	130	54%	282.61	87.75	105.29	157.94
Tolima	Planadas	1212	Centros Poblados y Rural Disperso	2022	19233	Método Exponencial	130	54%	282.61	62.91	75.49	113.24
Tolima	Purificación	329	Cabecera Municipal	2022	26831	Método Aritmético	140	42%	241.38	74.96	89.95	134.93
Tolima	Purificación	329	Centros Poblados y Rural Disperso	2022	19233	Método Exponencial	140	42%	241.38	53.73	64.48	96.72
Tolima	Saldaña	305	Cabecera Municipal	2022	34102	Método Aritmético	140	54%	304.35	120.12	144.15	216.22
Tolima	Saldaña	305	Centros Poblados y Rural Disperso	2022	5808	Método Exponencial	140	54%	304.35	20.46	26.60	42.55
Tolima	San Luís	503	Cabecera Municipal	2022	3886	Método Exponencial	140	54%	304.35	13.69	17.79	28.47
Tolima	San Luís	503	Centros Poblados y Rural Disperso	2022	9544	Método Exponencial	140	54%	304.35	33.62	43.71	69.93
Tolima	Rioblanco	900	Cabecera Municipal	2022	14729	Método Aritmético	140	65%	400.00	68.19	81.83	122.74
Tolima	Rioblanco	900	Centros Poblados y Rural Disperso	2022	18483	Método Exponencial	140	65%	400.00	85.57	102.69	154.03

Tabla 489. *Demanda hídrica para consumo humano y doméstico por el total del municipio (escenario i)*

Departamento	Municipio	Área Geográfica	Pérdidas del sistema (IANC) (%)	Demanda Hídrica 2022		Demanda Hídrica 2032 - IANC Actual		IANC(%) Max res. 330-2017 MinVivienda	Demanda Hídrica 2032 - IANC (%) Max	
				2021	Mm3/Año	2021	M3/Año		2021	Mm3/Año
Tolima	Ataco	Total	58%	127.51	4.02	307.10	9.68	25%	171.98	5.42
Tolima	Chaparral	Total	55%	183.26	5.78	190.72	6.01	25%	114.43	3.61
Tolima	Coyaima	Total	49%	70.89	2.24	67.31	2.12	25%	45.77	1.44
Tolima	Guamo	Total	65%	150.66	4.75	146.77	4.63	25%	68.49	2.16
Tolima	Natagaima	Total	65%	66.75	2.11	62.19	1.96	25%	29.02	0.92
Tolima	Ortega	Total	36%	74.52	2.35	73.29	2.31	25%	62.54	1.97
Tolima	Planadas	Total	54%	150.63	4.75	371.63	11.72	25%	227.93	7.19
Tolima	Purificación	Total	42%	128.65	4.06	317.42	10.01	25%	245.47	7.74
Tolima	Saldaña	Total	54%	140.57	4.43	439.80	13.87	25%	269.74	8.51
Tolima	San Luís	Total	54%	47.27	1.49	46.24	1.46	25%	28.36	0.89
Tolima	Rioblanco	Total	65%	153.76	4.85	318.03	10.03	25%	148.42	4.68

Tabla 490. *Demanda hídrica para consumo humano y doméstico por el total del municipio (escenario ii)*

Departamento	Municipio	Área Geográfica	Pérdidas del sistema (IANC) (%)	Demanda Hídrica 2021		Demanda Hídrica 2032 - IANC Actual		IANC(%) Max res. 330-2017 MinVivienda	Demanda Hídrica 2032 - IANC (%) Max	
				2021	Mm^3/Año	2021	M3/Año		2021	Mm^3/Año
Tolima	Ataco	Total	58%	127.51	4.02	307.10	9.68	25%	171.98	5.42
Tolima	Chaparral	Total	55%	183.38	5.78	190.84	6.02	25%	114.50	3.61
Tolima	Coyaima	Total	49%	70.89	2.24	67.31	2.12	25%	45.77	1.44
Tolima	Guamo	Total	65%	150.75	4.75	146.86	4.63	25%	68.53	2.16
Tolima	Natagaima	Total	65%	66.79	2.11	62.23	1.96	25%	29.04	0.92
Tolima	Ortega	Total	36%	74.53	2.35	73.30	2.31	25%	62.55	1.97
Tolima	Planadas	Total	54%	150.65	4.75	371.66	11.72	25%	227.95	7.19
Tolima	Purificación	Total	42%	128.69	4.06	317.45	10.01	25%	245.50	7.74
Tolima	Saldaña	Total	54%	140.58	4.43	439.81	13.87	25%	269.75	8.51
Tolima	San Luís	Total	54%	47.31	1.49	46.28	1.46	25%	28.38	0.90
Tolima	Rioblanco	Total	65%	153.76	4.85	318.04	10.03	25%	148.42	4.68

26.3. Demanda Hídrica Pecuaria

Se refiere a la cantidad de agua requerida para las actividades de cría, levante, engorde, beneficio y sacrificio de bovinos, porcinos, caprinos y aves, al igual que para la producción de huevos, leche, lana y pieles (IDEAM, 2013).

26.3.1. Cálculo de la demanda hídrica

La demanda hídrica pecuaria se estima a partir del número de animales existente en el área de estudio, multiplicado por el módulo de consumo de la cadena de producción. En este caso, se utilizó los módulos de consumo descritos en la Tabla 491, Tabla 492, Tabla 493, Tabla 494 y Tabla 495 y la información del Censo Pecuario Nacional desarrollado por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) del año 2016 al 2022.

***Tabla 491**. Módulo de consumo para aves (cría – levante y terminación)*

Inventario avícola	Módulos de consumo (l/día-100 animales)	Fuente
Pollos y gallinas	240	IDEAM (2010)

***Tabla 492.** Módulos de consumo de agua para bovinos**

Inventario bovino	Módulos de consumo (l/día-cabeza)	Fuente
Machos y Hembras de 0 – 12 meses	25	Promedio de Bustamante Zamudio et al., (2009); IDEAM (2010)
Machos y Hembras de 12 - 24 meses	45	IDEAM (2010)
Machos y Hembras de 24 - 36 meses	95	Promedio de IDEAM (2010)
Mayor de 36 meses	97.5	Promedio de IDEAM (2010)

*Aplica también para búfalos

***Tabla 493**. Módulo de consumo para caprinos*

Inventario caprino	Módulos de consumo (l/día-cabeza)	Fuente
Cabras	3	Fernández, Martínez, Tavarez, Castillo, & Salas, (2009); CAR (2014)

***Tabla 494**. Módulo de consumo para equinos*

Inventario	Módulos de consumo (l/día-cabeza)	Fuente
Equino	30	Promedio de Vaccaro, Dillon, & Fernández Cirelli, (2014)

***Tabla 495**. Módulo de consumo para ovinos*

Inventario	Módulos de consumo (l/día-cabeza)	Fuente
Ovino	5	Fernández, et al., (2009); CAR (2014)

***Tabla 496**. Módulo de consumo para porcinos*

Inventario porcícola	Módulos de consumo (l/día-cabeza)	Fuente
Lechones	1.8	IDEAM (2010)

Levante	5	IDEAM (2010)
Ceba	8	IDEAM (2010)
Hembras reemplazo	18	IDEAM (2010)
Hembras cría	18	IDEAM (2010)
Machos reproductores	16	IDEAM (2010)
Cerdos traspatio	8	IDEAM (2010)

En la **Tabla 497** se presenta de forma detallada el valor de la demanda hídrica por tipo de especie en cada municipio. Con base a los reportes del ICA, el sector pecuario demanda muy poca cantidad de agua, siendo, en este caso, Guamo el municipio de mayor consumo con 6.70 l/s.

Tabla 497. *Estimación de la demanda Hídrica actual del sector pecuario por tipo de especie en cada municipio del área de estudio del proyecto ERA Fase II*

Municipio	Especie	Número de cabezas	Consumo (l/s)	Consumo (Mm³/año)
Ataco	Aves	3810	0.105833	0.003338
Ataco	Bovinos	25467	0.207831	0.006554
Ataco	Búfalos	17	0.000132	0.000004
Ataco	Caprinos	8	0.000003	0.0000001
Ataco	Equinos	3530	0.012257	0.000387
Ataco	Ovinos	53	0.000031	0.000001
Ataco	Porcinos	1795	0.001895	0.000060
Total Ataco		**34680**	**0.327981**	**0.010343**
Chaparral	Aves	27974	0.777056	0.024505
Chaparral	Bovinos	49256	0.388518	0.012252
Chaparral	Búfalos	233	0.001816	0.000057
Chaparral	Caprinos	141	0.000049	0.000002
Chaparral	Equinos	11250	0.039063	0.001232
Chaparral	Ovinos	661	0.000383	0.000012
Chaparral	Porcinos	2472	0.002567	0.000081
Total Chaparral		**91987**	**1.209451**	**0.038141**
Coyaima	Aves	310	0.008611	0.000272
Coyaima	Bovinos	24146	0.196729	0.006204
Coyaima	Búfalos	124	0.001034	0.000033
Coyaima	Caprinos	44	0.000015	0.000000
Coyaima	Equinos	1995	0.006927	0.000218
Coyaima	Ovinos	1447	0.000837	0.000026
Coyaima	Porcinos	712	0.000717	0.000023
Total Coyaima		**28778**	**0.214871**	**0.006776**
Guamo	Aves	231121	6.420028	0.202462
Guamo	Bovinos	34105	0.272964	0.008608
Guamo	Búfalos	247	0.002042	0.000064
Guamo	Caprinos	9	0.000003	0.0000001

Municipio	Especie	Número de cabezas	Consumo (l/s)	Consumo (Mm³/año)
Guamo	Equinos	1190	0.004132	0.000130
Guamo	Ovinos	1851	0.001071	0.000034
Guamo	Porcinos	3346	0.003427	0.000108
Total Guamo		**271869**	**6.703667**	**0.211407**
Natagaima	Aves	674	0.018722	0.000590
Natagaima	Bovinos	28096	0.224005	0.007064
Natagaima	Búfalos	30	0.000227	0.000007
Natagaima	Caprinos	227	0.000079	0.000002
Natagaima	Equinos	3090	0.010729	0.000338
Natagaima	Ovinos	1690	0.000978	0.000031
Natagaima	Porcinos	2352	0.002353	0.000074
Total Natagaima		**36159**	**0.257094**	**0.008108**
Ortega	Aves	423	0.011750	0.000371
Ortega	Bovinos	37507	0.307381	0.009694
Ortega	Búfalos	51	0.000433	0.000014
Ortega	Caprinos	83	0.000029	0.000001
Ortega	Equinos	10011	0.034760	0.001096
Ortega	Ovinos	994	0.000575	0.000018
Ortega	Porcinos	2118	0.002272	0.000072
Total Ortega		**51187**	**0.357201**	**0.011265**
Planadas	Aves	3557	0.098806	0.003116
Planadas	Bovinos	19424	0.147106	0.004639
Planadas	Caprinos	14	0.000005	0.0000002
Planadas	Equinos	1924	0.006681	0.000211
Planadas	Ovinos	82	0.000047	0.000001
Planadas	Porcinos	2939	0.003069	0.000097
Total Planadas		**27940**	**0.255713**	**0.008064**
Purificación	Aves	8046	0.223500	0.007048
Purificación	Bovinos	24203	0.192065	0.006057
Purificación	Búfalos	28	0.000212	0.000007
Purificación	Caprinos	4	0.000001	0.00000004
Purificación	Equinos	1188	0.004125	0.000130
Purificación	Ovinos	188	0.000109	0.000003
Purificación	Porcinos	3811	0.003788	0.000119
Total Purificación		**37468**	**0.423799**	**0.013365**
Rioblanco	Aves	1009	0.028028	0.000884
Rioblanco	Bovinos	12842	0.097314	0.003069
Rioblanco	Búfalos	7	0.000077	0.000002
Rioblanco	Caprinos	9	0.000003	0.0000001
Rioblanco	Equinos	4112	0.014278	0.000450
Rioblanco	Ovinos	176	0.000102	0.000003
Rioblanco	Porcinos	3108	0.003243	0.000102
Total Rioblanco		**21263**	**0.143044**	**0.004511**

Municipio	Especie	Número de cabezas	Consumo (l/s)	Consumo (Mm³/año)
Saldaña	Aves	3110	0.086389	0.002724
Saldaña	Bovinos	13393	0.107957	0.003405
Saldaña	Búfalos	189	0.001388	0.000044
Saldaña	Caprinos	43	0.000015	0.000000
Saldaña	Equinos	523	0.001816	0.000057
Saldaña	Ovinos	845	0.000489	0.000015
Saldaña	Porcinos	2308	0.002384	0.000075
Total Saldaña		**20411**	**0.200437**	**0.006321**
San Luís	Aves	70630	1.961944	0.061872
San Luís	Bovinos	26222	0.208394	0.006572
San Luís	Búfalos	137	0.001263	0.000040
San Luís	Caprinos	23	0.000008	0.0000003
San Luís	Equinos	740	0.002569	0.000081
San Luís	Ovinos	1994	0.001154	0.000036
San Luís	Porcinos	1205	0.001251	0.000039
Total San Luís		**100951**	**2.176584**	**0.068641**

26.3.2. Proyección de la demanda hídrica

Las proyecciones de la demanda hídrica para uso pecuario se realizaron para cada uno de los municipios que integran las Subzonas Hidrográficas de los ríos Bajo Saldaña, Alto Saldaña, Amoyá, Anamichú, Anchique, Atá, Cambrín, Medio Saldaña y Patá. La metodología de proyección consistió principalmente en realizar la proyección de la población de aves, porcinos, equinos, ovinos, búfalos, caprinos y porcinos con base en el registro histórico de esta población reportada en el Censo Pecuario Nacional desarrollado por el ICA del año 2016 al 2022. Para realizar la proyección de esta población se utilizaron los mismos modelos aritmético, exponencial y geométrico de la proyección de la población urbana y rural en el cálculo de la demanda hídrica para consumo humano y doméstico. A cada una de las proyecciones poblacionales realizadas se le aplicó el módulo de consumo según el tipo de especie. En el Anexo 4 del presente documento se presentan los cálculos realizados para la proyección de esta demanda.

A continuación, se presentan los resultados de la demanda hídrica pecuaria municipal para aves, bovinos, búfalos, porcinos, equinos, caprinos y ovinos, proyectada al año 2032. Se determina que los municipios que podrían tener el mayor consumo de agua para uso pecuario, principalmente para la cría de aves, son San Luís y Guamo, con 18.91 l/s y 15.16 l/s, respectivamente (**Tabla 498**).

Tabla 498. *Proyección de la demanda Hídrica del sector pecuario al año 2032*

Municipio	Especie	Número de cabezas	Consumo (l/s)	Consumo (Mm³/año)
Ataco	Aves	2131	0.059194	0.001867

Municipio	Especie	Número de cabezas	Consumo (l/s)	Consumo (Mm³/año)
Ataco	Bovinos	184653	1.164443	0.036722
Ataco	Búfalos	119	0.001343	0.000042
Ataco	Caprinos	1	0.000000	0.0000000
Ataco	Equinos	2617	0.009087	0.000287
Ataco	Ovinos	2	0.000001	0.000000
Ataco	Porcinos	328	0.000304	0.000010
Total Ataco		**189851**	**1.234372**	**0.038927**
Chaparral	Aves	16217	0.450472	0.014206
Chaparral	Bovinos	149745	1.009303	0.031829
Chaparral	Búfalos	147	0.001659	0.000052
Chaparral	Caprinos	1970	0.000684	0.000022
Chaparral	Equinos	7406	0.025715	0.000811
Chaparral	Ovinos	947	0.000548	0.000017
Chaparral	Porcinos	73911	0.056529	0.001783
Total Chaparral		**250343**	**1.544910**	**0.048720**
Coyaima	Aves	1105	0.030694	0.000968
Coyaima	Bovinos	157982	1.479314	0.046652
Coyaima	Búfalos	700	0.007899	0.000249
Coyaima	Caprinos	68	0.000024	0.000001
Coyaima	Equinos	1606	0.005576	0.000176
Coyaima	Ovinos	197	0.000114	0.000004
Coyaima	Porcinos	309	0.000286	0.000009
Total Coyaima		**161967**	**1.523908**	**0.048058**
Guamo	Aves	527920	14.664444	0.462458
Guamo	Bovinos	53815	0.433990	0.013686
Guamo	Búfalos	56	0.000632	0.000020
Guamo	Caprinos	1	0.000000	0.0000000
Guamo	Equinos	1709	0.005934	0.000187
Guamo	Ovinos	379	0.000219	0.000007
Guamo	Porcinos	61360	0.057849	0.001824
Total Guamo		**645240**	**15.163069**	**0.478183**
Natagaima	Aves	2157	0.059917	0.001890
Natagaima	Bovinos	104718	0.805567	0.025404
Natagaima	Búfalos	140	0.001580	0.000050
Natagaima	Caprinos	7005	0.002432	0.000077
Natagaima	Equinos	262	0.000910	0.000029
Natagaima	Ovinos	323	0.000187	0.000006
Natagaima	Porcinos	272	0.000252	0.000008
Total Natagaima		**114877**	**0.870844**	**0.027463**
Ortega	Aves	1900	0.052778	0.001664
Ortega	Bovinos	203539	1.640534	0.051736
Ortega	Búfalos	370	0.004175	0.000132
Ortega	Caprinos	821	0.000285	0.000009

Municipio	Especie	Número de cabezas	Consumo (l/s)	Consumo (Mm³/año)
Ortega	Equinos	96680	0.335694	0.010586
Ortega	Ovinos	26	0.000015	0.000000
Ortega	Porcinos	889	0.000823	0.000026
Total Ortega		**304225**	**2.034305**	**0.064154**
Planadas	Aves	34310	0.953056	0.030056
Planadas	Bovinos	49250	0.353976	0.011163
Planadas	Caprinos	69	0.000024	0.0000008
Planadas	Equinos	7844	0.027236	0.000859
Planadas	Ovinos	20	0.000012	0.000000
Planadas	Porcinos	151	0.000140	0.000004
Total Planadas		**91644**	**1.334443**	**0.042083**
Purificación	Aves	95300	2.647222	0.083483
Purificación	Bovinos	66661	0.474194	0.014954
Purificación	Búfalos	2	0.000023	0.000001
Purificación	Caprinos	1	0.000000	0.00000001
Purificación	Equinos	97	0.000337	0.000011
Purificación	Ovinos	11	0.000006	0.000000
Purificación	Porcinos	6125	0.012630	0.000398
Total Purificación		**168197**	**3.134412**	**0.098847**
Rioblanco	Aves	10890	0.302500	0.009540
Rioblanco	Bovinos	66332	0.404077	0.012743
Rioblanco	Caprinos	2	0.000001	0.0000000
Rioblanco	Equinos	6325	0.021962	0.000693
Rioblanco	Ovinos	37	0.000021	0.000001
Rioblanco	Porcinos	377	0.000349	0.000011
Total Rioblanco		**83963**	**0.728910**	**0.022987**
Saldaña	Aves	48281	1.341139	0.042294
Saldaña	Bovinos	23933	0.203803	0.006427
Saldaña	Búfalos	3	0.000034	0.000001
Saldaña	Caprinos	5	0.000002	0.000000
Saldaña	Equinos	11	0.000038	0.000001
Saldaña	Ovinos	1354	0.000784	0.000025
Saldaña	Porcinos	165	0.000153	0.000005
Total Saldaña		**73752**	**1.545952**	**0.048753**
San Luís	Aves	661270	18.368611	0.579273
San Luís	Bovinos	90510	0.515666	0.016262
San Luís	Búfalos	710	0.008012	0.000253
San Luís	Caprinos	110	0.000038	0.0000012
San Luís	Equinos	48	0.000167	0.000005
San Luís	Ovinos	31730	0.018362	0.000579
San Luís	Porcinos	92	0.000085	0.000003
Total San Luís		**784470**	**18.910941**	**0.596375**

27. Conclusiones de Demanda Hídrica

Se identifica la baja disponibilidad de instrumentos de planificación y administración del recurso hídrico existentes en el área de estudio. Las Subzonas Hidrográficas (SZH) que cuentan actualmente con Planes de Ordenación y Manejo (POMCAS), adoptados y en ejecución son: Amoya (2004), Anamichu (2010), en la SZH Alto Saldaña el río Mendarco (2009), y la SZH Medio Saldana la quebrada Guanábano (2010), pese a ello, estos planes se encuentran desactualizados y por tanto requieren ajustarse, excepto el POMCA del río del río Amoyá que recientemente se actualizó. Por otro lado, no se evidencia la presencia de cuerpos de agua reglamentados ni Planes de Manejo de Acuíferos (PMA) formulados y en ejecución.

La evaluación de la información aportada por la Corporación permitió identificar algunas falencias e inconsistencias en las bases de datos que requiere verificarse en los expedientes físicos de los usuarios de concesiones hídricas a fin de reducir el nivel de incertidumbre en los cálculos y espacialización de la demanda hídrica. Del total de concesiones hídricas superficiales reportadas inicialmente (722), se evidencia la carencia de información en un 12.15% de los criterios evaluados (el caudal total concesionado, el tipo de uso de agua asignado con su respectivo caudal, la fuente hídrica de abastecimiento y la georreferenciación del punto de captación.); la georreferenciación del punto de captación es el que tiene la mayor cantidad de datos faltantes (43.91%). En el caso de las concesiones hídricas subterráneas (61), se observa que el 98.4% dan cuenta del caudal concesionado y el uso asignado al recurso, sin embargo, solo el 55.74% registra información concerniente a la georreferenciación del punto de captación. Se establece un total 453 expedientes objeto de revisión, 432 de concesiones hídricas superficiales y 21 de concesiones hídricas subterráneas.

Del proceso de revisión de los expedientes de las concesiones hídricas determinadas inicialmente para verificación, a modo general, se logró evidenciar cambios significativos en el caudal registrado del 3.84% del total de registros, 5.66% en el tipo de uso asignado al recurso hídrico, 2.84% en la fuente hídrica de abastecimiento y 9.86% en la georreferenciación del punto de captación. Por Subzona Hidrográfica el principal cambio observado es la reducción del número de registros reportados inicialmente, los cuales obedecen al archivo del 86.72% de estos y la eliminación del 13.28% por parte de CORTOLIMA.

Para la Subzona Hidrográfica del río Atá se determina una demanda hídrica total de 149.54 l/s, la cual esta destinada en un 87.57% (130.96 l/s) al consumo humano y doméstico. La demanda hídrica restante (12.43%, 18.58 l/s) está representada en un 6.98% (10.44 l/s) por el uso piscícola, 2.45% (3.67 l/s) uso pecuario, 2.23% (3.34 l/s) uso agrícola, y 0.76% (1.14 l/s) por el uso industrial.

En la Subzona Hidrográfica del río Alto Saldaña la demanda hídrica total se define en 98.69 l/s. El consumo humano y doméstico junto con el sector piscícola son los que mayor representación tienen sobre esta demanda con el 49.08% (48.43 l/s) y 42.68% (42.12 l/s), respectivamente. El sector agrícola, por su parte, comprende el 5.72% (5.65 l/s) del total de la demanda, mientras que el 2.51% (2.48 l/s) corresponde al sector industrial y el 0.01% (0.01 l/s) al pecuario.

Con base en los reportes otorgados por las Autoridades Ambientales no se evidencia una demanda hídrica de la Subzona Hidrográfica del río Cambrín.

La demanda hídrica total de la Subzona Hidrográfica del río Anamichú se estima en 26.76 l/s de los cuales el 99.10% (26.51 l/s) es destinado para el consumo humano y doméstico. La demanda hídrica restante (0.90%, 0.24 l/s) está representada en un 0.45% (0.12 l/s) por el sector agrícola y los otros 0.45% (0.12 l/s) por el sector pecuario.

En la Subzona Hidrográfica del río Patá la demanda hídrica total corresponde a 122.37 l/s, siendo el consumo de tipo agrícola el que mayor presión ejerce sobre el recurso hídrico en el área con el 97.76% que representan 119.62 l/s. Los sectores consumo humano y doméstico, y pecuario participan en la demanda hídrica de esta Subzona Hidrográfica en un 2.10% (2.57 l/s) y 0.14% (0.18 l/s), respectivamente.

Para la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña se establece una demanda hídrica total de 488.48 l/s. Por tipo de uso, la mayor participación sobre este valor demandado corresponde al sector agrícola cuya demanda es de 356.99 l/s que equivalen al 73.08% del total. La demanda hídrica restante (26.92%, 131.50 l/s) está representada en un 16.53% (80.77 l/s) por el consumo humano y doméstico, 6.84% (33.40 l/s) por el sector pecuario, 3.06% (14.97 l/s) por la generación de energía, 0.44% (2.17 l/s) por el sector industrial y 0.04% (0.20 l/s) por parte de la minería.

En la Subzona del río Amoyá la demanda hídrica total corresponde a 19316.22 l/s. Del valor de caudal demandado en esta unidad, el 93.19% (18000 l/s) se destina a la generación de energía. El uso de agua en el sector agrícola, consumo humano y doméstico, industrial, piscícola, pecuario y recreativo representa el 4.95% (955.48 l/s), 1.67% (323.29 l/s), 0.15% (28.72 l/s), 0.03% (6.35 l/s), 0.01% (1.79 l/s) y 0.003% (0.60 l/s), respectivamente.

En la Subzona Hidrográfica del río Bajo Saldaña se determina un consumo total de 47440.94 l/s. El principal uso del recurso es para actividades agrícolas (73.31%, 34781.06 l/s) seguido por el piscícola (26.35%; 12501.30 l/s). Los sectores consumo humano y doméstico, industrial y minería participan en la demanda hídrica de esta Subzona Hidrográfica en un 0.30% (143.94 l/s), 0.03% (12.13 l/s) y 0.01% (2.50 l/s), respectivamente.

La demanda hídrica total de la Subzona Hidrográfica del río Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena se estima en 2371.13 l/s de los cuales el 66.57% (1578.56 l/s) es destinado para el sector agrícola, el 13.91% (329.90 l/s) para uso piscícola y el 10.21% (242.07 l/s) para uso pecuario. Los sectores consumo humano y doméstico, e industrial participan en la demanda hídrica de esta Subzona Hidrográfica en un 6.53% (154.90 l/s) y 2.77% (65.70 l/s), respectivamente.

En términos generales, las principales presiones al recurso hídrico se producen por usos agrícolas (SZH ríos Bajo Saldaña, Anchique, Río Chenche y Otros directos al Magdalena, y Amoyá), consumo humano y doméstico (SZH río Amoyá), generación de energía (SZH río Amoyá) y piscícola (SZH río Bajo Saldaña y río Anchique, Río Chenche y Otros directos al Magdalena). La presión de la demanda hídrica de uso industrial, minería, recreativo y pecuario es muy baja (menor a 2 Mm^3/año) con relación a la disponibilidad de agua en todas las SZH evaluadas.

28. Referencias

Acuerdo 014 de 2017. (s.f.). Por medio del cual se actualiza la priorización de ordenación de subzonas (cuencas) hidrográficas en el departamento del Tolima y se dictan otras disposiciones.

Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. (2021). Reporte de Análisis Regional del Centro y Sur Tolima (RAR-CST).

Bustamante Zamudio, C., Murgueitio R., E., Arango, H. A., Calle D., Z., Naranjo, J. F., Cuartas, C. A., . . . Moreno Vásquez, F. C. (2009). Medidas Integrales para el Manejo Ambiental de la ganaderia bovina. Cartilla #2 Recurso Natural Agua. FEDEGAN.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2014). Estudio para la determinación de módulos de consumo del recurso hídrico de las 10 cuencas de 2do orden y las ochenta y cuatro cuencas de 3er orden Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR. Tomo 4. Bogotá: CAR.

Corporación Autónoma Regional del Tolima. (2006). Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Amoyá, Cuenca mayor del Río Saldaña, Tolima.

Corporación Autónoma Regional del Tolima. (2009). Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Alto Saldaña – Río Mendarco, Tolima.

Corporación Autónoma Regional del Tolima. (2009). Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Anamichú, Cuenca mayor del Río Saldaña, Tolima.

Corporación Autónoma Regional del Tolima. (2010). Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Medio Saldaña – Quebrada Guanábano, Tolima.

Corporación Autónoma Regional del Tolima. (2019). Corrientes Hídricas Reglamentadas en el departamento del Tolima.

Corporación Autónoma Regional del Tolima; Universidad del Tolima. (2018). Mapa de cobertura y uso de la tierra a escala 1:25000. Análisis de los cambios de cobertura y uso de la tierra para el departamento del Tolima Fase I (2020) convenio 526 - 2018.

Decreto 1155 del 7 de julio de 2017. (s.f.). "Por el cual se modifican los artículos 2.2.9.6,1.9" 2.2.9.6.1,10. Y 2.2.9.6.1,12. del Libro 2, Parte 2, Título 9, Capítulo 6, Sección 1, del Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado.

Decreto 3930 de 2010. (s.f.). Por el cual se reglamenta parcialmente el Título 1 de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI Parte III del Decreto Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.

Fernández, D., Martínez, M., Tavarez, C., Castillo, R., & Salas, R. (2009). Estimación de las demandas de consumo de agua. México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, SAGARPA.

Gobernación del Tolima. (2020). Plan de Desarrollo "El Tolima nos une 2020-2023".

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2010). Estudio Nacional del Agua . Bogotá D. C.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2013). Lineamientos conceptuales y metodológicos para la evaluación regional del agua. Bogotá D. C.

Instituto de Manejo del Agua y Medio Ambiente (IMA). (2010). Informe final de demanda hídrica actual y futura en la región Cusco en el marco del programa de adaptación al cambio climático- Fase II y III -Nivel Regional. Cusco, Perú.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá D.C.

Proagua. (2018). Plan de Manejo Ambiental del Acuífero Sur del Tolima. Departamento del Tolima. Etapa 1 de la Fase de Diagnóstico.

Resolución 0330 de 2017. (s.f.). Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005,1447 de 2005 y 2320 de 2009 .

Resolución 0844 de 2018. (s.f.). Por la cual se establecen los requisiros técnicos para los proyectos de agua y saneamiento básico de zonas rurales que se adelanten bajo los esquemas diferenciales definidos en el capítulo 1, del título 7, de la parte 3, libro 2 del Decreto 1077 del 2015.

Vaccaro, M., Dillon, E., & Fernández Cirelli, A. (2014). El Agua en la producción equina. The water in the equine production. Senasa, 43-47.

Capítulo Calidad del Agua

29. Marco metodológico para la determinación de cargas contaminantes

Basados en la guía de "Lineamientos Conceptuales y Metodológicos para la Evaluación Regional del Agua" por el IDEAM (2013), se relacionan las consideraciones técnicas de los procesos de alteración y factores de contaminación para el cálculo de las cargas contaminantes por unidad hidrográfica de análisis de la ERA fase 2.

29.1. Procesos de Alteración

La determinación de las cargas se relaciona con el establecimiento de metas de descontaminación, con el programa de tasas retributivas y también, con el IACAL. Los resultados de la determinación están enmarcados en valores estimados, debido a la disponibilidad de información y la consultada en expedientes de usuarios por sector registrados en la corporación, desarrollada en la escala de Carga Contaminante (Cc), e información provenientes de los PSMV municipales, datos de reportes de laboratorio con georreferenciación del informe de seguimiento de Metas del 2020 (tomo 1 y 2) para los usuarios municipales y privados, siendo los valores que ingresan a la metodología para la estimación del IACAL en el análisis de la calidad de agua. Para la determinación de este índice se establecieron dos (2) escenarios de carga, el primero considera la meta individual de carga proyectada por cada usuario, tramo o vertimiento para el año 2020, según lo establecido en el Acuerdo CORTOLIMA No. 013 de 2018, para los parámetros DBO_5 y SST. El segundo Escenario, incluye las cargas registradas por CORTOLIMA, como parte del seguimiento del programa de metas para el año 2020, a través de la medición y/o estimación indirecta de caudales, concentraciones y cargas contaminantes.

A continuación, se presenta el marco conceptual y normativo relacionado con la determinación de las cargas contaminantes.

29.1.1. Carga Contaminante

La carga contaminante es el producto de la concentración másica de una sustancia por el caudal volumétrico del líquido que la contiene, ubicado en el mismo sitio. Se expresa en unidades de masa sobre tiempo (Decreto 1076 de 2015).

La carga contaminante diaria Cc es el resultado de multiplicar el caudal promedio por la concentración de una sustancia, elemento o parámetro contaminante por el factor de conversión de unidades y por el tiempo diario de vertimiento del usuario, medido en horas por día (Decreto 1076 de 2015).

$$C_c = Q \times C \times 0{,}0036 \times t$$

Dónde:

CC= Carga contaminante, en kilogramos por día (kg/día)
Q= Caudal promedio de aguas residuales, en litros por segundo (L/s)
C= Concentración del elemento, sustancia o compuesto contaminante, en miligramos por litro (mg/L)
0,0036 = Factor de conversión de unidades (de mg/s a kg/h)
t= Tiempo de Vertimiento del usuario en horas por día (h).

Para fines del cobro, la tasa es expresada en toneladas año, por lo que adicionalmente al procedimiento presentado en el Decreto 1076 de 2015, se multiplica por el factor de 0,365 (kg/día a t/año).

29.1.2. Tasa Retributiva

La tasa retributiva por vertimientos puntuales se encuentra definida en el artículo 2.2.9.7.2.5. del Decreto 1076 de 2015, como "*aquella que cobrará la autoridad ambiental competente a los usuarios por la utilización directa o indirecta del recurso hídrico como receptor de vertimientos puntuales directos e indirectos y sus consecuencias nocivas, originados en actividades antrópicas o propiciados por el hombre y actividades económicas o de servicios, sean o no lucrativas…*".

De acuerdo con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS, la Tasa Retributiva tiene el objetivo de incentivar cambios en el comportamiento de los agentes contaminadores, generando conciencia del daño ambiental que ocasionan tanto las actividades diarias como los diferentes sectores productivos. Asimismo, se obtienen importantes recursos económicos para la inversión en proyectos de descontaminación hídrica.

En el cálculo de la carga contaminante de cada sustancia, elemento o parámetro contaminante objeto del cobro de la tasa retributiva por vertimientos, se deberá descontar a la carga presente en el vertimiento puntual, las mediciones de la carga existente en el punto de captación, siempre y cuando se capte en el mismo cuerpo de agua receptor de la descarga objeto del pago de la tasa.

29.1.3. Metas de Carga Contaminante

De acuerdo con el Decreto 1076 de 2015, cada cinco años, las autoridades ambientales competentes, establecerán una meta global de carga contaminante por cada cuerpo de agua o tramo de este, la cual será igual a la suma de las metas quinquenales individuales y grupales. Esta meta busca que los aportes de carga

realizados por los usuarios propendan por el cumplimiento de los objetivos de calidad (Decreto 1076 de 2015).

29.1.3.1. Meta global de carga contaminante

La autoridad ambiental competente establecerá cada cinco años, una meta global de carga contaminante para cada cuerpo de agua o tramo de este, la cual será igual a la suma de las metas quinquenales individuales y grupales establecidas en este capítulo.

La meta global será definida para cada uno de los elementos, sustancias o parámetros, objeto del cobro de la tasa y se expresará como la carga total de contaminante a ser vertida al final del quinquenio, expresada en términos de kilogramos/año.

Las autoridades ambientales establecerán la meta global que conduzca a los usuarios al cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos por dichas autoridades.

La determinación de la meta global en un cuerpo de agua o tramo del mismo, se hizo teniendo en cuenta la línea base, las proyecciones de carga de los usuarios y los objetivos de calidad vigentes al final del quinquenio, así como la capacidad de carga del tramo o cuerpo de agua y la ejecución de obras previstas en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV), Permiso de Vertimientos y Plan de Reconversión a Tecnología Limpia en Gestión de Vertimientos en los municipios de Ataco, Chaparral, Coyaima, Natagaima, Ortega, Planadas, Río Blanco y Saldaña, correspondiente a los límites político administrativos municipal que se encuentran en las 9 unidades hidrográficas de análisis de la ERA fase 2.

29.1.3.2. Metas individuales y grupales

Para el cumplimiento de la meta global de carga contaminante del cuerpo de agua o tramo de este, la autoridad ambiental competente deberá establecer la meta individual de carga contaminante para cada usuario sujeto al pago de la tasa, a partir de sus propias cargas y considerando las determinantes señaladas en la anterior sección.

Para efectos de determinar el avance en el cumplimiento de la meta quinquenal individual o global y consecuentemente del ajuste o no del factor regional a cada usuario, se deberá establecer un cronograma de cumplimiento de la meta quinquenal que relacione las cargas máximas a verter por cada usuario durante cada uno de los años del quinquenio.

29.2. Factores de Contaminación

En la estimación de cargas contaminantes aportadas, se definen como fuente de vertimientos los sectores presentes en las unidades hidrográficas de análisis de la ERA fase 2, identificados el municipal, beneficio animal y del café, industrial de construcción y minería de oro, definidos por la normatividad nacional actual bajo el ministerio de ambiente, organizaciones internacionales y artículos científicos, definidos a continuación:

a) Factores de determinación de la carga contaminante del sector Municipal de Aguas Residuales Domésticas (ARD), descritos en la **Tabla 499**.

b) Factores de determinación de la carga contaminante del sector de Beneficio Animal de Aguas Residuales no Domésticas (ARnD), descritos en la **Tabla 500**.

c) Factores de determinación de la carga contaminante del sector Beneficio de Café de Aguas Residuales no Domésticas (ARnD), descritos en la **Tabla 503**.

d) Factores de determinación de la carga contaminante del sector Industrial de construcción y minería de oro de Aguas Residuales no Domésticas (ARnD), descritos en la **Tabla 504** respectivamente.

30. Determinación de Cargas Contaminantes

Se estimó la carga aportada por cada usuario de los 4 sectores, a partir de 5 de los parámetros descritos:

- DBO_5: la Demanda Bioquímica de Oxígeno es una prueba analítica que estima la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar la materia orgánica biodegradable presente en una muestra de agua residual, por medio de una población microbiana. La información que se obtiene de la prueba de la DBO_5 es de la materia orgánica biodegradable que se encuentra en el agua residual.
- DQO: la Demanda Química de Oxígeno (DQO) es una medición indirecta de la cantidad de materia orgánica en una muestra. Con esta prueba, usted puede medir prácticamente todos los compuestos orgánicos que requieren un reactivo para pasar por el proceso de digestión.
- SST: los Sólidos Suspendidos Totales hacen referencia al material particulado que se mantiene en suspensión en las corrientes de agua superficial y/o residual.

- NT: el Nitrógeno Total es la suma de todas las formas de nitrógeno presentes en el agua, incluidos el amoníaco y el nitrógeno enlazado orgánicamente, el nitrito y el nitrato.
- FT: el Fósforo Total es la suma de todas las formas de fósforo existentes: ortofosfato o fosfatos, fosfatos condensados y fósforo orgánico. El fósforo orgánico suele encontrarse en forma de fosfatos contenidos en el interior o unidos a un compuesto orgánico.

las cuales se van acumulando aguas abajo, con el fin de calcular en puntos de cierre del IACAL, que zonifiquen en detalle las unidades hidrográficas de análisis, considerando los siguientes puntos:

Puntos de cierre de las nueve (9) corrientes principales, así como otras fuentes receptoras de aguas residuales de importancia, de acuerdo con la recomendación del ENA (2010) para la determinación del índice por subzonas.

Puntos adicionales que permitan identificar la dinámica espacial del índice en función de la presencia de descargas y/o cambios de caudal, como los vertimientos (domésticos, rurales, industriales), de igual forma en las regulaciones del flujo de agua (Hidroeléctrica Amoyá de ISAGEN, Embalse del Triangulo del Sur sobre el Río Chenche), en los cuales se produce una dinámica particular a evaluar en el IACAL.

Para las 9 subzonas hidrográficas de análisis en el marco de la ERA fase 2, se definieron 73 puntos de cierre para la determinación de cargas aportantes por tramos o unidad de análisis, descritos en el mapa de la **Figura 589**, y se detallan por cada subzona hidrográfica entre las figuras 2 a la 10. Los sectores contemplados en la ERA fase 2 para la determinación del IACAL, corresponden a aquellos considerados en el Estudio Nacional del Agua (ENA, 2010), así como en las actualizaciones de los años 2010, 2014 y 2018, correspondientes al sector Doméstico (municipal y rural), Comercial (plantas de beneficio animal, beneficio del Café) e Industrial (construcción y minería).

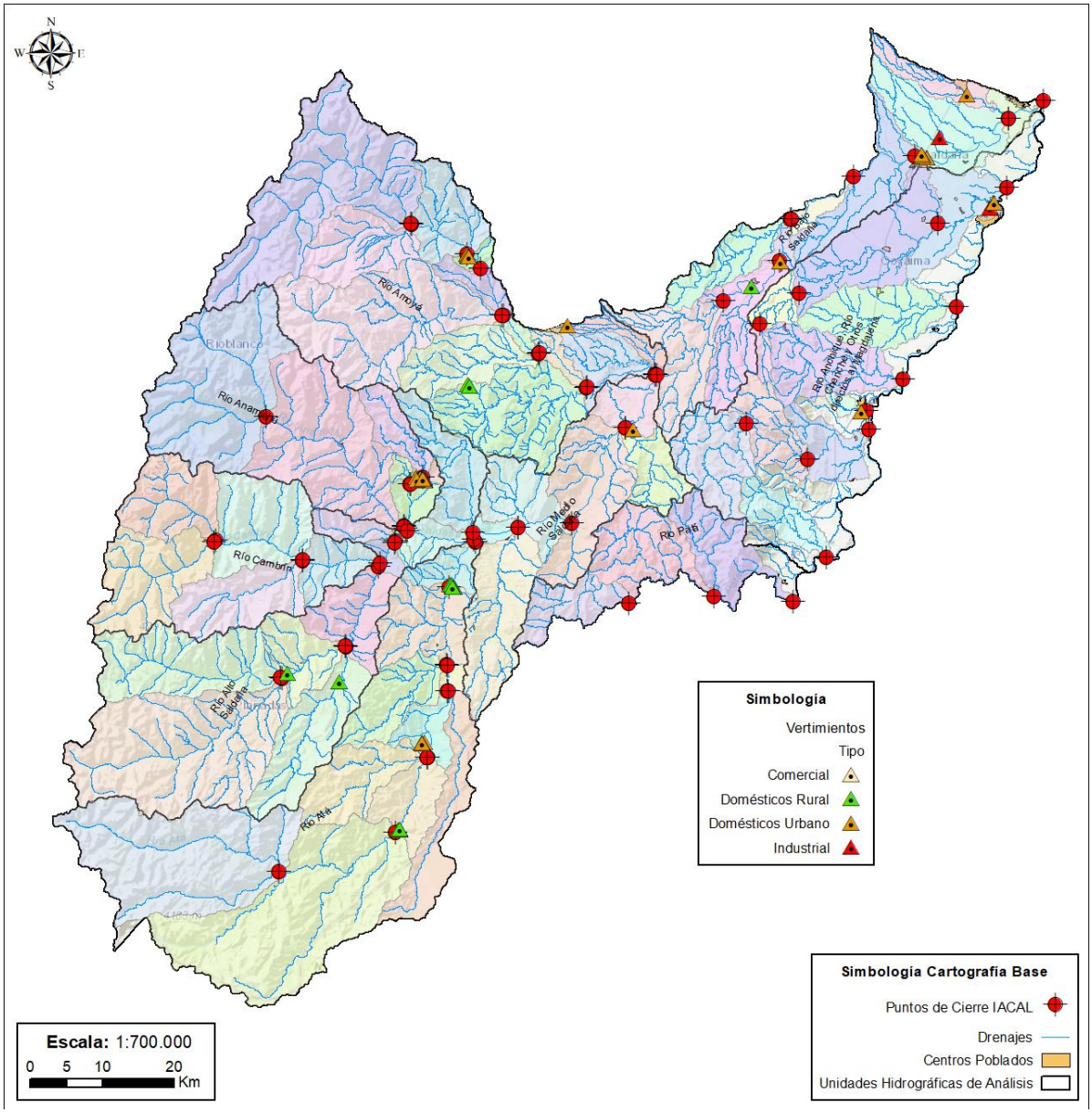


Figura 589. Puntos de cierre para la determinación de cargar contaminantes por tramos en las unidades hidrográficas de análisis de la ERA fase 2

La dinámica de los cuerpos lóticos superficiales puede estar relacionada con aportes puntuales y difusos, en los documentos del Estudio Nacional del Agua (ENA 2010, 2014 y 2018) se aclara que el esfuerzo se ha centrado en la determinación de las cargas puntuales, considerando la dificultad actual para obtener para Colombia datos confiables de los aportes difusos o de los factores para su determinación indirecta.

Se implementaron cuatro (4) escenarios para la determinación del IACAL, considerando para ello dos (2) condiciones de carga – tasa retributiva y dos (2) condiciones de oferta hídrica (año medio y seco).

De acuerdo con el IDEAM (2020), la carga puede ser calculada a partir de mediciones realizadas en vertimientos puntuales con fines regionales, como los derivados de las Evaluaciones Regionales del Agua – ERA, por lo tanto, en la presente evaluación se basa en las cargas estimadas y las reportadas en los informes técnicos obtenidos de los seguimientos realizados por CORTOLIMA en el año base (2020), en cumplimiento de las metas en carga de las cuencas de los ríos Alto, Medio y Bajo Saldaña, Amoyá, Anamichú, Atá, Anchique, Chenche y Otros Directos al Magdalena, identificando que el río Cambrín no tiene carga estimada, ni reportes de laboratorio en seguimiento de metas, probablemente porque no tiene vertimientos puntuales asociados a centros poblados significativos. Esta información es utilizada en los Escenarios 1A (OHT Año Medio) y 1B (OHT Año Seco).

Se implementa un segundo grupo de escenarios en los que se consideran las cargas máximas de DBO_5 y SST proyectadas para cada usuario, vertimiento o tramo, en el Acuerdo del Consejo Directivo de CORTOLIMA No. 13 de 24 de julio de 2018, para el año base (2020), para las cuencas de los ríos Alto, Medio y Bajo Saldaña, Amoyá, Anamichú, Anchique, Chenche y Otros Directos al Magdalena, Atá, consideración igual con el río Cambrín. Así mismo, para la cuenca de rio Pata jurisdicción política e hidrográfica compartida con entre CORTOLIMA y la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM), se utilizaron las cargas proyectadas para el sector cafetero en el municipio de Natagaima, ya que no se reporta información de cargas contaminantes o acceso a la información por las autoridades ambientales para esta subzona hidrográfica, incluyendo los escenarios 2A (OHT Año Medio) y 2B (OHT Año Seco).

De esta forma se determina la presión potencial actual sobre la calidad de los cuerpos de agua superficiales, en cuatro (4) escenarios, considerando variaciones en la oferta hídrica total (año Seco y año Medio) y en la carga aportada por los usuarios.

30.1. Estimación Cargas Aportadas por el Sector Municipal

Los registros de carga en el seguimiento del cumplimiento de las metas, así como los actos administrativos en expediente y reportes de laboratorio, corresponden a los parámetros DBO_5 y SST. Por lo tanto, se definieron factores que permiten obtener la carga de DQO, nitrógeno total –NT y fósforo total -PT a partir de la carga de DBO_5 (**Tabla 499**).

Para esto se determinó la relación promedio obtenida a partir de las concentraciones típicas de las Agua Residuales Domésticas (ARD) sin tratamiento según Metcalf y Eddy (1991), y de las concentraciones típicas del ARD tratada según

World Health Organization -WHO (1993). El factor obtenido para la relación promedio de DQO/DBO_5 es coherente con el definido en la Resolución MADS 0631 de 2015 (Norma Nacional de vertimientos a cuerpos de agua superficial y al alcantarillado, artículo 8).

Tabla 499. *Factores para determinación de la Carga Contaminante de ARD Municipales*

Fuente de los Factores (Ton compuesto interés/Ton DBO_5)	DQO/ DBO_5	NT/ DBO_5	PT/ DBO_5
ARD sin tratar Metcalf y Eddy	2.3	0.21	0.04
ARD con tratamiento WHO	1.75	0.18	0.05
ARD con Tratamiento Resolución 0631 MADS	2	-	-
ARD Promedio	*2.0*	*0.20*	*0.04*

Fuente: Metcalf y Eddy (1991), WHO (1993) y MADS (2015).

30.2. Estimación Cargas Aportadas por el Sector de Beneficio Animal

Dentro de esta categoría de la estimación de cargas aportadas por el sector de beneficio animal, estas descargas se encuentran asociados a las cabeceras municipales. En este sector se ha realizado la vectorización de puntos georreferenciados de los vertimientos de las Plantas de Beneficio Animal (PBA), considerando su conexión hidrológica con las unidades hidrográficas de análisis dentro del as 9 subzonas hidrográficas objeto de estudio. Por lo anterior, se descartaron algunos puntos como el vertimiento de la PBA del centro poblado de Purificación cuya carga contaminante generada se vierte directamente al río Magdalena; de igual forma, algunos vertimientos del centro poblado y la PBA de Chaparral se excluyeron, ya que son recepcionados en su mayoría sobre las quebradas receptoras La Pioja y La Sapera, afluentes sobre el Río Tetuán, estos dos vertimientos del sector no se tomaron en cuenta para la formulación del modelo del IACAL, ya que hidrográficamente no direccionan la carga contaminante a las unidades hidrográficas de análisis en el marco de la ERA fase 2.

En la **Tabla 500**, se determinan los factores de DBO_5, NT, PT y SST obtenidos mediante los límites máximos permisibles para aguas residuales tratadas, según la Resolución MADS 0631 de 2015. Se tomaron los valores de la WHO (1993) para la relación NT/DBO_5 y PT/DBO_5.

Tabla 500. *Factores para determinación de la Carga Contaminante de ARnD de Beneficio Animal*

Fuente de los Factores (Kg/Unidad)	DBO_5	NT	PT	SST	NT/DBO_5	PT/DBO_5
Ganado vacuno Modelo de inventarios y controles de residuos líquidos (Organización Mundial de la Salud, 1993)	164	43,8	11,3	1204	0,267	0,069

Fuente: MADS (2015) y WHO (1993).

30.3. Estimación de Cargas Aportadas por el Beneficio del Café

El beneficio del café consiste en el proceso de transformación del grano de café cereza en pergamino seco. En el proceso se separan las partes del fruto y se seca el grano para su conservación (CENICAFE, 2000).

En la actualidad, existen en Colombia tres tipos de beneficio para el fruto, los cuales se describen a continuación (CENICAFE, 2015):

Beneficio convencional: Con este nombre se conoce al proceso que tradicionalmente se ha utilizado en Colombia para transformar el fruto en semilla y en el cual se utiliza agua en las etapas de despulpado, lavado y transporte (del fruto, del café despulpado y del café lavado), con un consumo global cercano a los 40 litros de agua por cada kilogramo de beneficio tradicional de café pergamino seco (cps) y en el cual no se realiza manejo a los subproductos obtenidos.

Beneficio Ecológico: un proceso de beneficio de café amigable con el ambiente, que permite obtener café con la calidad física y de taza característico del café de Colombia. Se define como "El conjunto de operaciones realizadas para transformar la café cereza en café pergamino seco, conservando la calidad exigida por las normas de comercialización, evitando pérdidas del producto y eliminando procesos innecesarios, lográndose además el aprovechamiento de los subproductos, lo cual representa el mayor ingreso económico para el caficultor y la mínima alteración del agua estrictamente necesaria en el beneficio"

Beneficio Ecológico sin Vertimientos: aquel beneficio en el cual se hace un uso racional del agua y se tratan los subproductos como pulpa, mucílago y aguas residuales, de forma que no se generen vertimientos en el proceso. Para ello, los lixiviados generados en el proceso de descomposición de la pulpa se recirculan permanentemente sobre el mismo material, hasta lograr su incorporación completa, y las aguas tratadas, provenientes de los sistemas de tratamiento, son utilizadas en el

riego de los cultivos de la zona, en las condiciones establecidas en la Resolución MADS 1207 del 2014.

De acuerdo con la publicación presentada por la Federación Nacional de Cafeteros (2021), a nivel nacional para el primer trimestre del año 2018 más de 30% de los beneficiadores de café ya eran ecológicos y más del 50% estaban en transición hacia esta tecnología.

A partir de los registros para el año 2020 de las Evaluaciones Agropecuarias Municipales – EVA, se determinó el rendimiento de los cultivos de café por cada municipio (**Tabla 501**), en unidades de toneladas de café verde equivalente/hectárea/año. A partir de la espacialización de las áreas de café sembradas en el área de estudio, fue posible determinar la producción de café verde equivalente para el año 2020 para las diferentes zonas de interés.

Tabla 501. *Rendimiento de Café Pergamino por municipios*

Valor	Municipio	Rendimiento (Ton Café Pergamino /Año)
Rendimiento	Ataco	1.17
	Chaparral	1.18
	Coyaima	0.50
	Natagaima	1.19
	Planadas	1.18
	Purificación	1.19
	Río Blanco	1.18

Fuente: MADR EVA (2020).

El Café en pergamino se refiere a los granos de café beneficiados por vía húmeda antes de descerezarlos, secados hasta alcanzar un contenido de humedad de alrededor de 12%, antes de que se haya retirado su cubierta exterior dura (el endocarpio/ pergamino) al descascararlos. También corresponden a granos elaborados en húmedo después del despulpe, secados hasta alanzar un contenido de humedad de alrededor de 12%, pero antes de que con el descascarado se haya extraído su cubierta exterior dura (el endocarpio o pergamino). Mientras que el café en verde es el término genérico para el grano seco sin cáscara exclusivamente. Puede hallarse en cualquiera de los distintos momentos de la elaboración, desde la cosecha hasta la eliminación de todos los granos defectuosos. El café se exporta en este estado, listo para la torrefacción.

Para la determinación de los factores de Café se utilizó el promedio de los presentados por CENICAFÉ (2015), para el beneficio convencional y el beneficio ecológico (**Tabla 502**). Se determinó un único factor considerando la estadística

nacional presentada por la Federación, considerando un 30% de beneficio ecológico y un 70% de Beneficio convencional. Estos factores corresponden a los kg de DBO_5 y SST generados por el beneficio de una (1) arroba (12,5 kg) de café Pergamino. Al multiplicar el área de cultivo de las áreas producción de café en la Subzonas hidrográficas de la ERA FASE II (**Figura 590**), por el rendimiento y el uso de los factores de la **Tabla 502** se obtuvieron las cargas de DBO_5 y SST para el beneficio del café.

Tabla 502. *Valores de referencia de Carga de DBO5 y SST para el Beneficio de Café convencional y ecológico*

Tipo de Beneficio	DBO5	SST
	kg de cps	
Convencional 1	3,59	3,5
Convencional 2	2,87	0,7
Convencional 3	2,51	0,24
Convencional 4	1,79	0,05
En transición con reducción de Agua	3,58	3,47
Promedio Convencional	*2,87*	*1,59*
Ecológico 1	1,375	0,21
Ecológico 2	1,02	0,12
Ecológico 3	1,02	0,12
Ecológico 4	0,335	0,015
Ecológico 5	0,335	0,02
Promedio Ecológico	*0,82*	*0,1*
30% Ecológico 70% convencional	**2,25**	**1,14**
Factor conversión 1 arroba de CPS = 12,5 kg		
Ton / Ton cps	0,18	0,091

Fuente: UTOLIMA adaptado de CENICAFÉ (2015).

A partir de datos experimentales obtenidos para el beneficio del café en el departamento del Quindío por Di-Torres et al (2019), se obtuvieron factores para las relaciones NT/DQO y PT/DQO (**Tabla 503**). La relación DQO/DBO_5 se obtuvo del documento denominado El Beneficio del Café en Colombia (CENICAFE, 2015).

Tabla 503. *Factores para determinación de la Carga Contaminante de ARnD de Beneficio de Café*

Factor de Conversión de la Carga	Valor	Fuente
CAFÉ Soluble 631 DQO/DBO5	1,67	Resolución MADS 0631 de 2015
kg cps/kg café verde	1,25	Organización Internacional del Café - OIC
Ton DBO5/Ton cps	0,180	CENICAFE, 2015. 30%ecol 70%conv
Ton SST/Ton cps	0,091	CENICAFE, 2015. 30%ecol 70%conv
Café DQO/ DBO5	2,07	CENICAFE, 2015
Café NT/DQO	0,07	Di-Torres et al (2019)
Café PT/NT	0,10	

Factor de Conversión de la Carga	Valor	Fuente
Café DQO/NT	15	Di-Torres et al (2019)
Café NT/PT	9,74	

Fuente: MADS (2015), OICE (s.f.), CANICAFÉ (2015) y Di-Torres et al (2019).

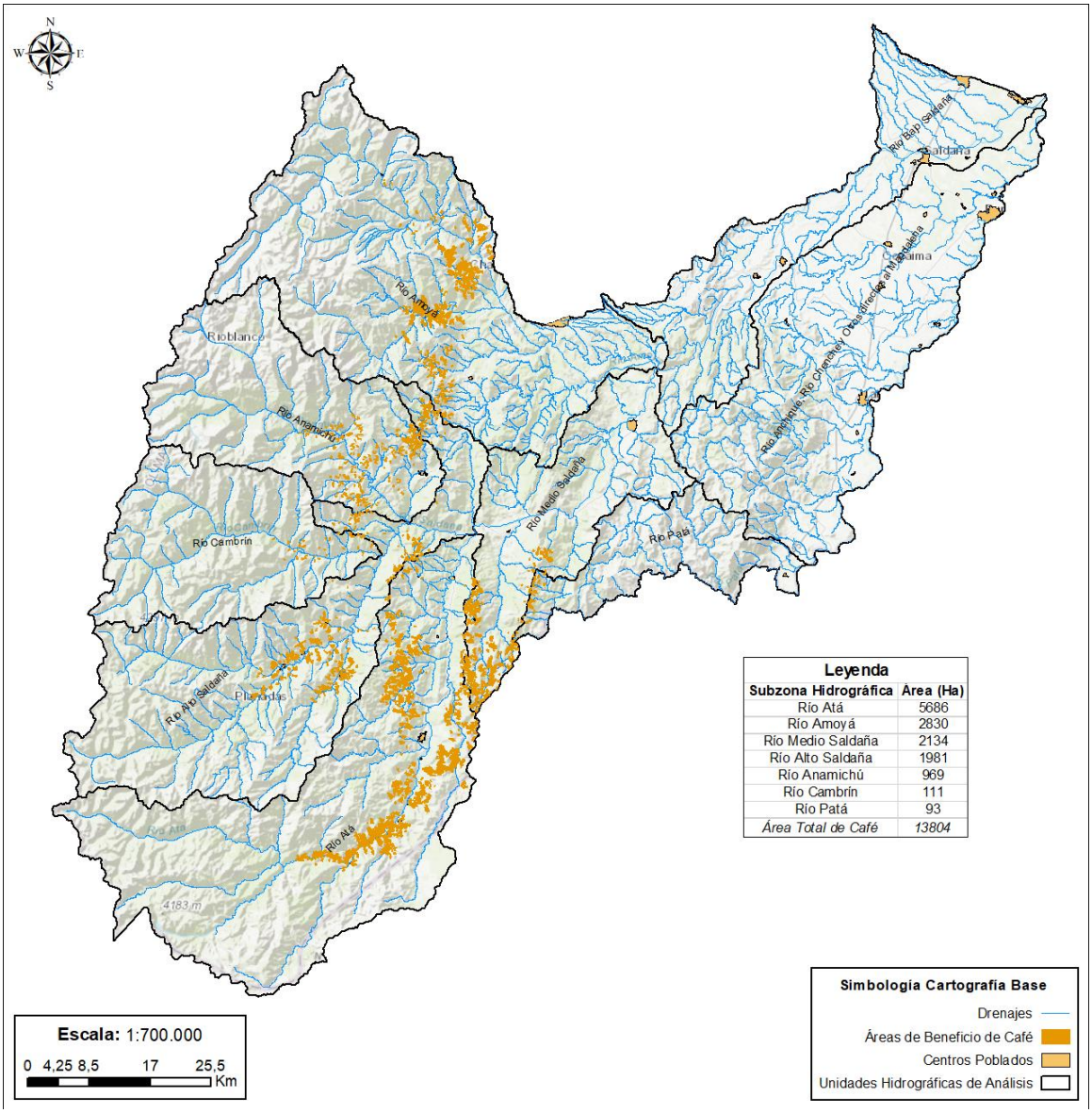


Figura 590. *Áreas producción de café en las Subzonas hidrográficas, ERA FASE II.*

30.4. Estimación Cargas Aportadas por el Sector Industrial

Para la minería de oro se tomaron los valores de referencia de los factores DQO/DBO_5, NT/DBO_5, PT/DBO_5 y SST de la Mina El Gran Porvenir del municipio del Líbano- Tolima (**Tabla 504**), debido a que, en la zona sur bajo evaluación, no se encuentra una minería legal con datos de vertimiento disponibles, sino que la gran mayoría se encuentran bajo el concepto de minería artesanal, informal o ilegal. Por lo anterior en la ERA fase 2, se considera incluir dentro de la evaluación el sector minero, únicamente con valores estimados de carga contaminante, ya que en estas Subzonas hidrográficas de análisis no se reportan permisos de vertimiento por parte de la autoridad ambiental, pero considerando las campañas de campo de validación de puntos de monitoreo Hidrobiológico, Hidrosedimentológico y de Calidad de Agua, se identifican y/o son reportados por la comunidad, la real presencia y probables impactos a la calidad de los recursos hídricos.

Para las Aguas Residuales No Domésticas (ARnD) generadas por el usuario CSS Constructores de extracción de minerales de otra minas y carteras, se usaron los factores obtenidos a partir de los valores permisibles de la resolución 0631 del 2015 del MADS y la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA (**Tabla 504**).

Tabla 504. *Factores para determinación de la Carga Contaminante de ARnD del Sector Industrial*

Minería de Oro		
DQO/DBO_5	2,53	Reportes de laboratorio para el Mina El Gran Porvenir, según reporte de laboratorio de la ERA fase I
NT/DBO_5	0,15	
PT/DBO_5	0	
Industria Construcción		
Factor de Conversión de la Carga	**Valor**	**Fuente**
DQO/DBO_5	3	CSS Constructores, según Resolución 0631 MADS
NT/DBO_5	0	
PT/DBO_5	0	

Fuente: MADS (2015) y CORTOLIMA – UT ERA fase 1 (2022).

30.4.1. Estimación de cargas contaminantes para minería de oro

En las unidades hidrográficas de análisis de la ERA fase 2 no se encontraron mineras con permisos de vertimientos ante la autoridad ambiental, se tomaron como valores de referencia y considerados como factores de referencia los reportados por la compañía minera El Gran Porvenir del Líbano S.A.S., en base a las cargas contaminantes

reportadas se estimaron en título sin reportes de laboratorio, únicamente considerando la probable y potencial capacidad de generación de carga, en relación con el Área Superficial en Hectáreas de los títulos mineros, publicados y disponibles en el SIG Minero de la Agencia Nacional de Minería (ANM), visor cartográfico que espacializan en vector de polígonos de los títulos minero activos del extracción de Oro sobre drenajes superficiales, descritos en la **Figura 591** y **Tabla 506**. Siendo la variable observada en todos los títulos mineros el área y los parámetros de DBO_5, DQO, NT, PT y SST para la Mina EL Gran Porvenir (MGPL); como producto se estiman empíricamente los parámetros de los títulos mineros presentes sobre las unidades hidrográficas de análisis de la ERA fase 2, como se demuestra en la siguiente ecuación:

$$Parámetro\ a\ Estimar_{(DBO5,DQO,NT,PT,SST)} = \frac{Parámetro\ Medido\ MGPL\ \ x\ \ Área\ Título\ a\ Estimar\ (Ha)}{Área\ del\ Título\ MGPL\ (Ha)}$$

El área superficial de la Mina El Gran Porvenir del Líbano se conforma en 5 títulos vigentes asociados a la compañía, otorgados por la ANM, con número internos CCC-111, FI7-161, GI2-101, GLG-101 y HJA-08011, referenciados del SIG Minero de la ANM, suman un área superficial de 2319,88 hectáreas; como valores de referencia de los parámetros se reportaron el $DB0_5$, DQO, NT, PT y SST descritos en la **Tabla 505** y DQO/DBO_5, NT/DBO_5, PT/DBO_5 de la **Tabla 504** se consideraron los reportados por el laboratorio de calidad de agua, producto del monitoreo del día 11 de febrero de 2022 en el marco de ejecución de la ERA fase 1, sobre la unidad de análisis hidrográfico del río Lagunilla.

Tabla 505. *Valores de referencia del reporte de laboratorio para la estimación de cargas contaminantes en ARnD del sector minero*

Tipo	Títulos	Compañía	Área (Ha)	DBO_5	DQO	NT	PT	SST
Minería de Oro	CCC-111	Mina El Gran Porvenir del Líbano S.A.S.	2319,88	43	109	6,48	0,21	6,48
	FI7-161							
	GI2-101							
	GLG-101							
	HJA-08011							

Fuente: ANM SIGM (2022) y *CORTOLIMA – UT ERA fase 1 (2022).*

30.4.2. Títulos mineros presentes en las unidades hidrográficas de análisis de la ERA fase II

Basados en la estimación potencial de carga contaminante que generan las compañías mineras, se realiza el análisis hidrográfico en donde se superponen las unidades hidrográficas de análisis, identificando que los títulos mineros se concentran el Medio Saldaña sobre el cauce principal, sobre las quebradas Icurco y Guaco (La Palma), asociados al municipio de Ataco las compañías con código de estudio del 2 al 10; el título de código 1 se extiende sobre las quebradas Yaco, Nacaroco y Chorro de Eva en el sector de Balsillas; el título con códio 11, se ubica sobre el cauce principal del Bajo Saldaña sobre la quebrada Doyare, sobre la vía Castilla a 10 kilómetros antes del centro poblado de Coyaima; el título con códio 12, se ubica sobre la quebrada Guaguarco específicamente sobre la quebrada Coello, a 2 kilómetros al suroriente del centro poblado de Totarco Dince, de municipio de Coyaima. Las cargas contaminantes del sector minero, cada parámetro se estima en proporción directa al área superficial en hectáreas para los 12 títulos descritos en la **Tabla 506**, teniendo los parámetros observados en la Mina el Gran Porvenir del Líbano S.A.S.

Tabla 506. *Compañías Mineras con presencia en las Unidades Hidrográficas de Análisis de la ERA fase 2*

Cod.	Títulos	Compañía	Área (Ha)
1	GK2-152	Abraham Polania Gutiérrez	1924,3
2	ICQ-080216X	Agregados Ingecol Y Construcciones Sas	346,87
3	4974	Compañía Minera De Ataco S.A.S.	115,62
4	11717	Coop.Multiac.Agroind.Y Minera Ataco	377,09
5	EJV-152	Cooperativa El Samán	236,42
6	HF5-113	Elsy Pacheco De Ospina	129,64
7	HBN-091	Goliat S.A.S.	499,69
8	IIH-08181	Goliat S.A.S.	315,76
9	HKU-08051	Liliana Patricia Chitiva Ramírez	196,94
10	4971	Rueda Inversiones S.A.S.	586,54
11	JDG-14191	Saul Guillermo Sánchez Suarez	319,8
12	EBC-101	Sociedad Minera Las Jotas Ltda.	200,56

Fuente: Geodatabase de ANM SIGM (2022), modificado ERA FASE II.

Es evidente sobre las unidades hidrográficas de análisis de la ERA fase 2, la presencia de títulos mineros para la extracción de oro y sus concentrados, con potencial carga contaminante sin reportes de laboratorio a la fecha ante la corporación; adicionalmente existe actividad minería de subsistencia, dispersa en las partes medias y bajas de las cuencas hidrográficas, igualmente sin información de referencia para la

estimación de cargas contaminante representativas del sector Minero. Bajo las consideraciones anteriores y aplicando la estimación potencial de la carga en relación con el área superficial de los títulos mineros, en la **Tabla 507** se presentan los resultados estimados de carga contaminante para las 12 compañías mineros halladas en el SIGM de la ANM, ubicadas en las cuencas hidrográficas de la ERA fase 2, ubicadas espacialmente y consideradas en los tramos que conforman las áreas aferentes a los puntos de cierre y cálculo del IACAL.

Tabla 507. *Parámetros estimados empíricos para la estimación de cargas contaminantes en ARnD del sector minero*

Cod.	Títulos	Compañía	Área (Ha)	DBO_5	DQO	NT	PT	SST	DQO/ DBO_5	NT/ DBO_5	PT/ DBO_5
1	GK2-152	Abraham Polania Gutiérrez	1924,30	35,67	90,41	5,38	0,18	5,38	2,103	0,125	0,00407
2	ICQ-080216 X	Agregados Ingecol Y Construcciones Sas	346,87	6,43	16,30	0,97	0,03	0,97	0,379	0,023	0,00073
3	4974	Compañía Minera De Ataco S.A.S.	115,62	2,14	5,43	0,32	0,01	0,32	0,126	0,008	0,00024
4	11717	Coop.Multiac.Agroind. Y Minera Ataco	377,09	6,99	17,72	1,05	0,03	1,05	0,412	0,024	0,00080
5	EJV-152	Cooperativa El Samán	236,42	4,38	11,11	0,66	0,02	0,66	0,258	0,015	0,00050
6	HF5-113	Elsy Pacheco De Ospina	129,64	2,40	6,09	0,36	0,01	0,36	0,142	0,008	0,00027
7	HBN-091	Goliat S.A.S.	499,69	9,26	23,48	1,40	0,05	1,40	0,546	0,032	0,00106
8	IIH-08181	Goliat S.A.S.	315,76	5,85	14,84	0,88	0,03	0,88	0,345	0,021	0,00067
9	HKU-08051	Liliana Patricia Chitiva Ramírez	196,94	3,65	9,25	0,55	0,02	0,55	0,215	0,013	0,00042
10	4971	Rueda Inversiones S.A.S.	586,54	10,87	27,56	1,64	0,05	1,64	0,641	0,038	0,00124
11	JDG-14191	Saul Guillermo Sánchez Suarez	319,80	5,93	15,03	0,89	0,03	0,89	0,349	0,021	0,00068
12	EBC-101	Sociedad Minera Las Jotas Ltda.	200,56	3,72	9,42	0,56	0,02	0,56	0,219	0,013	0,00042

Fuente: ANM SIGM (2022) y Grupo de Calidad de Agua ERA fase 2 *(2022).*

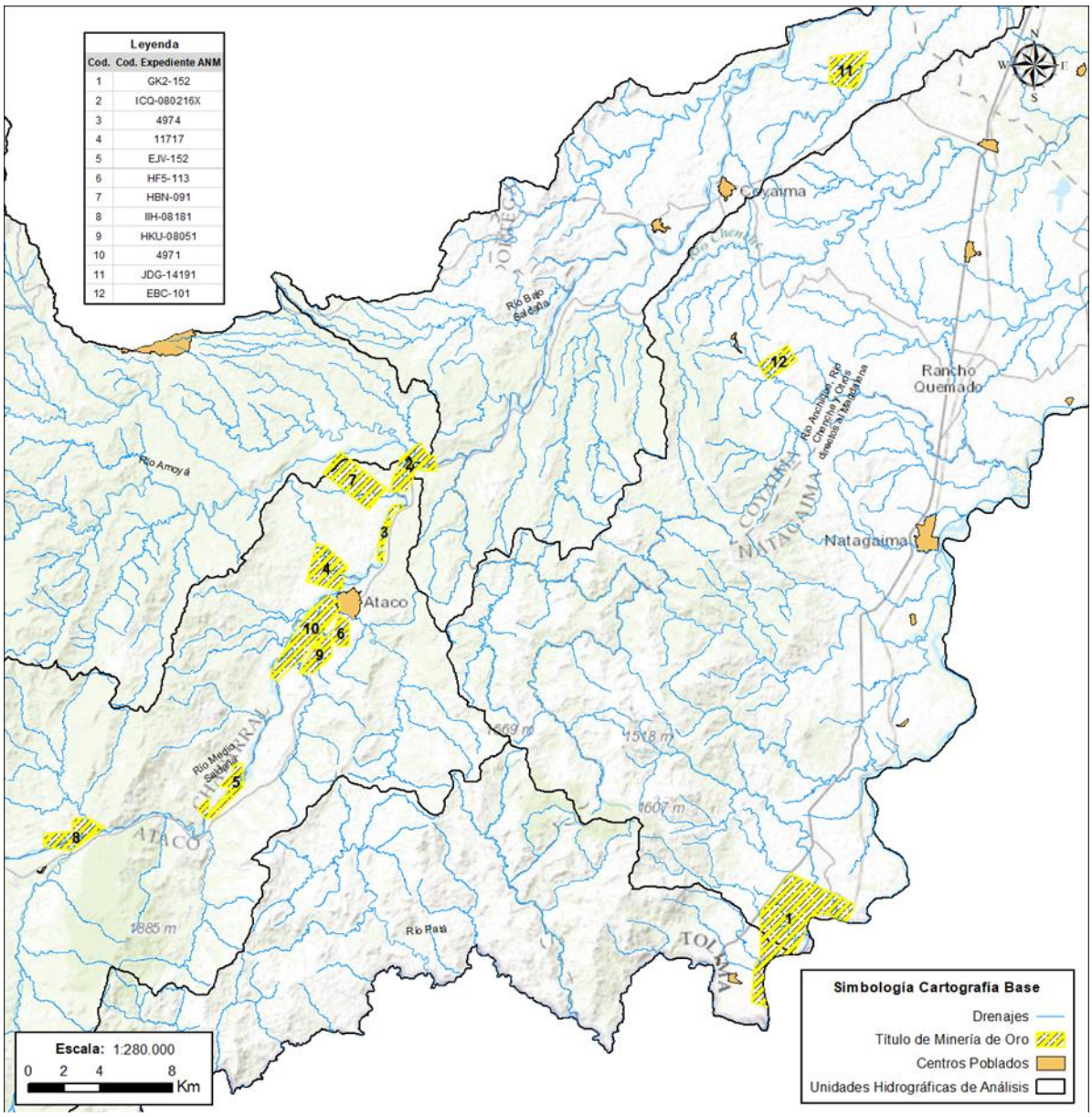


Figura 591. *Áreas mineras sin permisos ambientales en las unidades hidrográficas de análisis*

30.5. Determinación de la Oferta hídrica

EL IACAL se define a partir de la relación entre la carga aportada por un área específica, y la oferta hídrica de esta. Para el presente estudio, se obtendrá el valor del IACAL para una determinada zona, considerando la Oferta Hídrica Total – OHT para año Seco y la OHT para año medio. La metodología para la determinación de estos volúmenes se desarrolla ampliamente en el componente de Hidrología del presente estudio.

31. Procesos de Alteración de la Calidad del Agua: Cargas Contaminantes

31.1. Determinación de Cargas aportantes

Las cargas de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), sólidos suspendidos totales (SST), nitrógeno total (NT) y fósforo total (PT) fueron calculados para diferentes tramos o unidades de análisis de la calidad del agua definidos previamente, para las corrientes principales. Estas cargas se acumulan hacia aguas abajo con el fin de realizar la determinación del IACAL para polígonos con puntos de cierre en zonas de interés, de forma que permiten mostrar la dinámica de presión relacionada con cambios en la carga aportada hacia aguas abajo, así como el caudal disponible para realizar la dilución de dichas cargas, a partir de la Oferta Hídrica Total (OHT) para año Medio y para año Seco.

31.1.1. Determinación de Cargas para la SZH del río Alto Saldaña

A continuación, se presentan las cargas aportadas por los diferentes vertimientos realizados en la cuenca del río Alto Saldaña por el sector doméstico y beneficio del Café (**Figura 592**).

En la **Figura 593** se detalla que el sector de beneficio de café tiene un mayor aporte en cargas de DBO5, SST, DQO y NT en donde el uso de agroquímicos es muy alto en especial aquellos de fuentes nitrogenadas, e inversamente proporcional vemos que sucede con PT, en donde su mayor carga proviene del sector doméstico.

Las **Tabla 508** y **Tabla 509**, en las unidades de análisis ALTOSALD_01¸ ALTOSALD_02, ALTOSALD_03, ALTOSALD_04, ALTOSALD_05, ALTOSALD_06, ALTOSALD_09, ALTOSALD_010 no se reportan ni evidencian vertimientos con base en la información consultada (PSMV, POMCAS, TR) y los recorridos de campo, por lo cual no se registran valores de cargas aportadas a estas unidades de análisis.

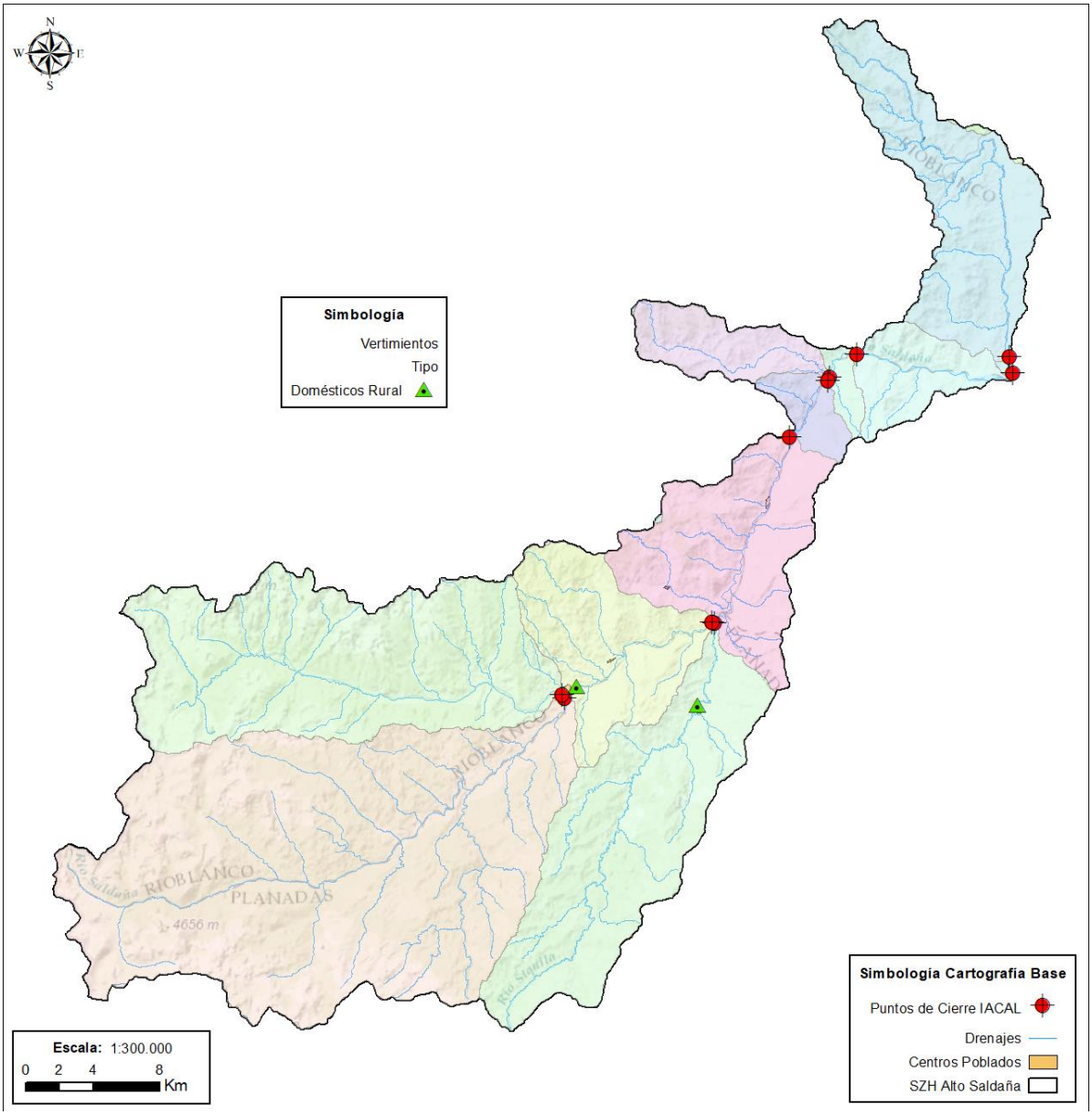
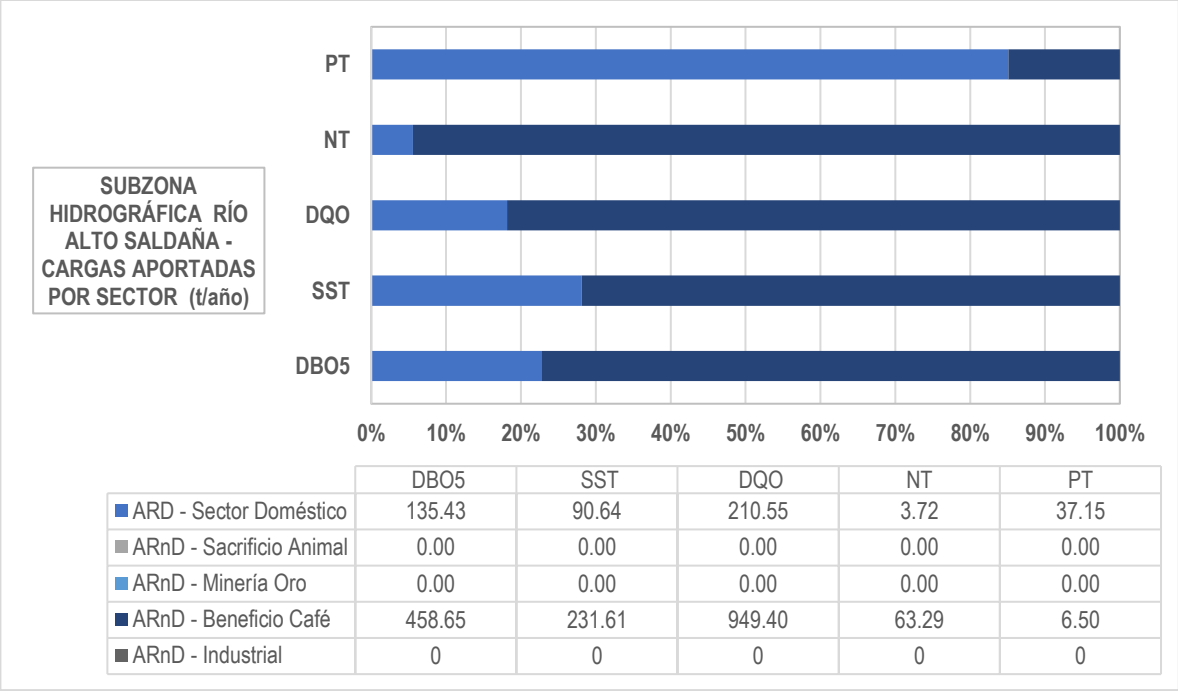


Figura 592. *Puntos para la determinación de cargas contaminantes y del IACAL para el río Alto Saldaña*



	DBO5	SST	DQO	NT	PT
ARD - Sector Doméstico	135.43	90.64	210.55	3.72	37.15
ARnD - Sacrificio Animal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ARnD - Minería Oro	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ARnD - Beneficio Café	458.65	231.61	949.40	63.29	6.50
ARnD - Industrial	0	0	0	0	0

Figura 593. *Carga total aportada por sectores en el año 2020 para la cuenca del río Alto Saldaña*

Tabla 508. *Determinación de Cargas para la Cuenca del río Alto Saldaña. Valores determinados para el año 2020*

Tramo o Unidad de Análisis	Vertimiento	Tipo de Agua Residual	Carga Actual (2020)				
			DBO_5 (t/año)	SST (t/año)	DQO (t/año)	NT (t/año)	PT (t/año)
ALTOSALD_01	Beneficio de Café Municipio de Ataco	ARnD - Beneficio Café	40,46	20,43	83,74	5,58	0,57
ALTOSALD_01			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTOSALD_01 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		40,46	20,43	83,74	5,58	0,57
ALTOSALD_02	Beneficio de Café Municipio de Chaparral	ARnD - Beneficio Café	0,21	0,11	0,44	0,03	0,00
ALTOSALD_02			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTOSALD_02 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0,21	0,11	0,44	0,03	0,00
ALTOSALD_03	Beneficio de Café Municipio de Ataco	ARnD - Beneficio Café	8,48	4,28	17,56	1,17	0,12
ALTOSALD_03			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

ALTOSALD_03 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		8,48	4,28	17,56	1,17	0,12
ALTOSALD_04	Beneficio de Café Municipio de Rioblanco	ARnD - Beneficio Café	31,07	15,69	64,32	4,29	0,44
ALTOSALD_04			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTOSALD_04 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		31,07	15,69	64,32	4,29	0,44
ALTOSALD_05	Beneficio de Café Municipio de Ataco	ARnD - Beneficio Café	13,01	6,57	26,93	1,80	0,18
ALTOSALD_05			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTOSALD_05 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		13,01	6,57	26,93	1,80	0,18
ALTOSALD_06	Beneficio de Café Municipio de Ataco	ARnD - Beneficio Café	49,78	25,14	103,05	6,87	0,71
ALTOSALD_06			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTOSALD_06 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		49,78	25,14	103,05	6,87	0,71
ALTOSALD_07	Beneficio de Café Municipio de Planadas	ARnD - Beneficio Café	152,64	77,08	315,96	21,06	2,16
ALTOSALD_07	Vertimientos Herrera	AR_Mun <625	113,02	37,48	173,92	0,00	36,83
ALTOSALD_07 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		265,65	114,56	489,88	21,06	39,00
ALTOSALD_08	Beneficio de Café Municipio de Planadas	ARnD - Beneficio Café	117,21	59,19	242,63	16,18	1,66
ALTOSALD_08	Vertimientos Bilbao	AR_Mun <625	22,41	53,16	36,64	3,72	0,31
ALTOSALD_08 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		139,63	112,35	279,27	19,90	1,97
ALTOSALD_09	Beneficio de Café Municipio de Planadas	ARnD - Beneficio Café	25,56	12,91	52,91	3,53	0,36
ALTOSALD_09			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTOSALD_09 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		25,56	12,91	52,91	3,53	0,36

ALTOSALD_10	Beneficio de Café Municipio de Rioblanco	ARnD - Beneficio Café	20,22	10,21	41,85	2,79	0,29
ALTOSALD_10			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTOSALD_10 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		20,22	10,21	41,85	2,79	0,29
ALTOSALD TOTAL	Punto para cálculo del IACAL		594,07	322,25	1159,95	67,01	43,64

Tabla 509. *Determinación de Cargas para la Cuenca del río Alto Saldaña. Meta en Carga para el año 2020*

Tramo o Unidad de Análisis	Vertimiento	Tipo de Agua Residual	Meta en carga (2020)				
			DBO_5 (t/año)	SST (t/año)	DQO (t/año)	NT (t/año)	PT (t/año)
ALTOSALD_01	Beneficio de Café Municipio de Ataco	ARnD - Beneficio Café	40,46	20,43	83,74	5,58	0,57
ALTOSALD_01			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTOSALD_01 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		40,46	20,43	83,74	5,58	0,57
ALTOSALD_02	Beneficio de Café Municipio de Chaparral	ARnD - Beneficio Café	0,21	0,11	0,44	0,03	0,00
ALTOSALD_02			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTOSALD_02 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0,21	0,11	0,44	0,03	0,00
ALTOSALD_03	Beneficio de Café Municipio de Ataco	ARnD - Beneficio Café	8,48	4,28	17,56	1,17	0,12
ALTOSALD_03			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTOSALD_03 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		8,48	4,28	17,56	1,17	0,12
ALTOSALD_04	Beneficio de Café Municipio de Rioblanco	ARnD - Beneficio Café	31,07	15,69	64,32	4,29	0,44

ALTOSALD_04			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTOSALD_04 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		31,07	15,69	64,32	4,29	0,44
ALTOSALD_05	Beneficio de Café Municipio de Ataco	ARnD - Beneficio Café	13,01	6,57	26,93	1,80	0,18
ALTOSALD_05			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTOSALD_05 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		13,01	6,57	26,93	1,80	0,18
ALTOSALD_06	Beneficio de Café Municipio de Ataco	ARnD - Beneficio Café	49,78	25,14	103,05	6,87	0,71
ALTOSALD_06			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTOSALD_06 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		49,78	25,14	103,05	6,87	0,71
ALTOSALD_07	Beneficio de Café Municipio de Planadas	ARnD - Beneficio Café	152,64	77,08	315,96	21,06	2,16
ALTOSALD_07	Vertimientos Herrera	AR_Mun <625	113,02	37,48	173,92	0,00	36,83
ALTOSALD_07 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		265,65	114,56	489,88	21,06	39,00
ALTOSALD_08	Beneficio de Café Municipio de Planadas	ARnD - Beneficio Café	117,21	59,19	242,63	16,18	1,66
ALTOSALD_08	Vertimientos Bilbao	AR_Mun <625	22,41	53,16	36,64	3,72	0,31
ALTOSALD_08 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		139,63	112,35	279,27	19,90	1,97
ALTOSALD_09	Beneficio de Café Municipio de Planadas	ARnD - Beneficio Café	25,56	12,91	52,91	3,53	0,36
ALTOSALD_09			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTOSALD_09 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		25,56	12,91	52,91	3,53	0,36
ALTOSALD_10	Beneficio de Café	ARnD - Beneficio	20,22	10,21	41,85	2,79	0,29

	Municipio de Rioblanco	Café					
ALTOSALD_10			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ALTOSALD_10 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		20,22	10,21	41,85	2,79	0,29
ALTOSALD TOTAL	Punto para cálculo del IACAL		594,07	322,25	1159,95	67,01	43,64

31.1.2. Determinación de Cargas para la SZH Medio Saldaña

Las cargas aportadas en la cuenca del Medio Saldaña provienen de los sectores doméstico, Minería Oro, Beneficio del café. También es impórtate contextualizar que, dentro del cauce, El Río Alto Saldaña, Atá, Cambrín y Anamichú, se unen y forman el medio Saldaña (**Figura 594**).

Dentro de la **Figura 595**, se observa que de los tres sectores aportantes de cargas, el sector de beneficio del café tiene mayores aportes en DBO5, SST, DQO, NT y PT, seguido por el sector Minero quien tiene unas cargas similares al sector doméstico, sin embargo, en el parámetro de PT tiene mayor aporte.

En las **Tabla 510** y **Tabla 511** se observa que en la unidad MEDIOSALD_05, no se reportan ni evidencian vertimientos con base en la información consultada (PSMV, POMCAS, TR) y los recorridos de campo. Por lo cual no se registran valores de cargas aportadas a estas unidades de análisis.

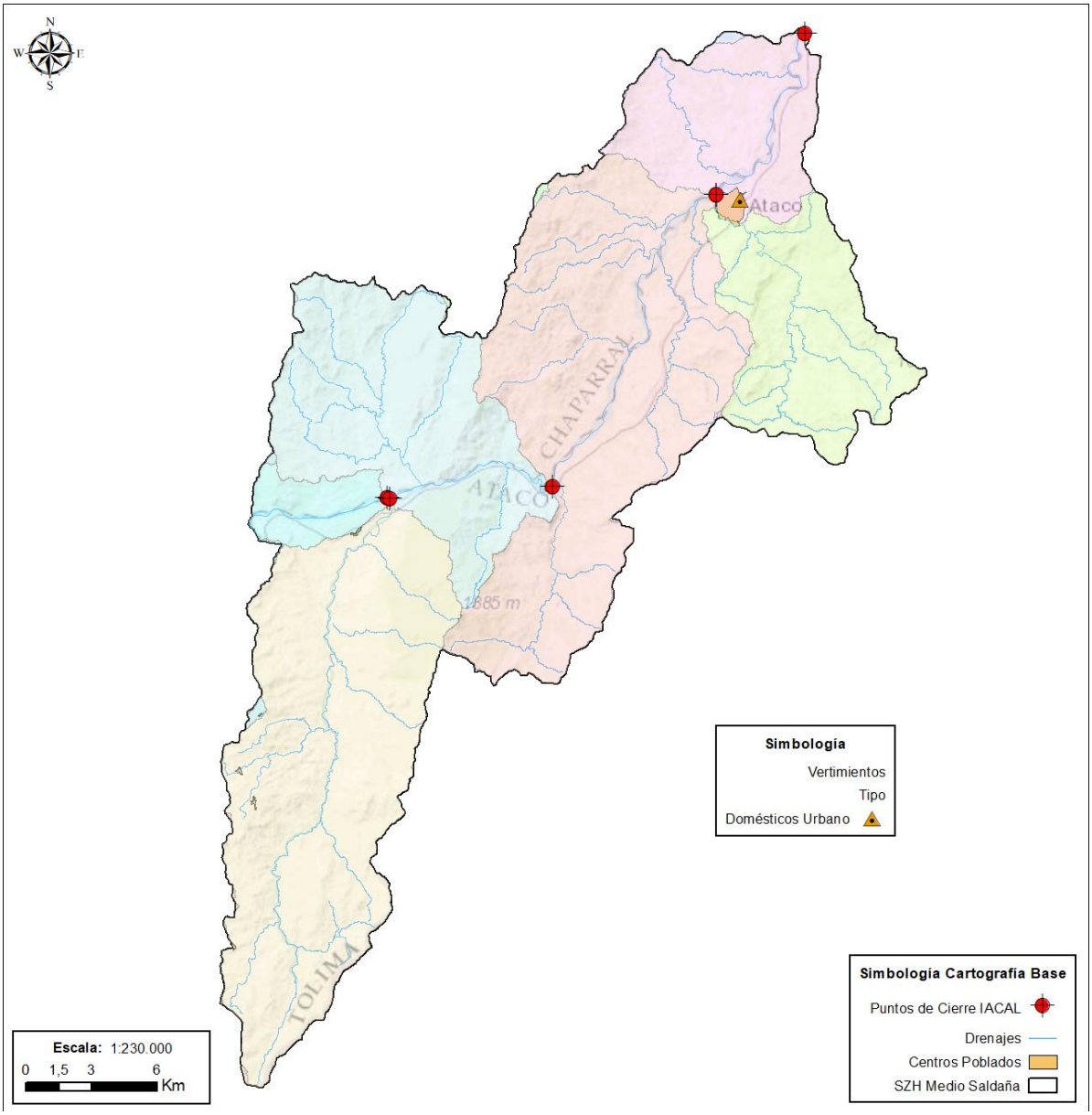
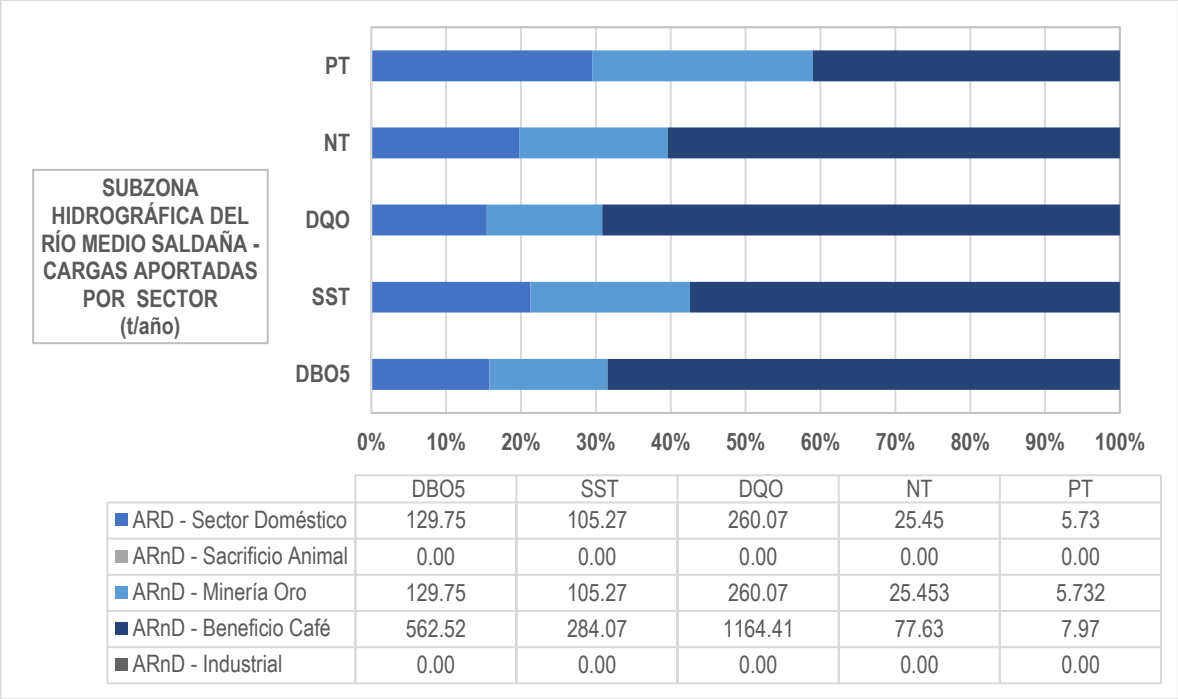


Figura 594. *Puntos para la determinación de cargas contaminantes y del IACAL para el río Medio Saldaña*



	DBO5	SST	DQO	NT	PT
ARD - Sector Doméstico	129.75	105.27	260.07	25.45	5.73
ARnD - Sacrificio Animal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ARnD - Minería Oro	129.75	105.27	260.07	25.453	5.732
ARnD - Beneficio Café	562.52	284.07	1164.41	77.63	7.97
ARnD - Industrial	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura 595. *Carga total aportada por sectores en el año 2020 para la cuenca del río Medio Saldaña*

Tabla 510. *Determinación de Cargas para la Cuenca del río Medio Saldaña. Valores determinados para el año 2020*

Tramo o Unidad de Análisis	Vertimiento	Tipo de Agua Residual	Carga Actual (2020)				
			DBO_5 (t/año)	SST (t/año)	DQO (t/año)	NT (t/año)	PT (t/año)
MEDIOSALD_01	Vertimiento batallón Municipio de Ataco (V1)	AR_Mun <625	129,75	105,27	260,07	25,45	5,73
MEDIOSALD_01	Minería	ARnD-Minería	29,27	4,41	1,73	0,103	0,003
MEDIOSALD_01 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		159,02	109,68	261,79	25,56	5,74
MEDIOSALD_02	Beneficio de Café Municipio de Ataco	ARnD - Beneficio Café	17,46	8,82	36,13	2,41	0,25
MEDIOSALD_02	Minería	ARnD-Minería	4,38	0,66	0,26	0,02	0,00
MDIO SALD_02 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		21,84	9,48	36,39	2,42	0,25
MEDIOSALD_03	Minería	ARnD-Minería	2,40	0,36	0,14	0,01	0,00
MDIO SALD_03 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		2,40	0,36	0,14	0,01	0,00

MEDIOSALD_04	Beneficio de Café Municipio de Ataco	ARnD - Beneficio Café	6,19	3,13	12,82	0,85	0,09
MEDIOSALD_04	Minería	ARnD-Minería	5,85	0,88	0,35	0,02	0,00
MDIO SALD_04 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		12,05	4,01	13,17	0,88	0,09
MEDIOSALD_05			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MDIO SALD_05 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEDIOSALD_06	Beneficio de Café Municipio de Ataco	ARnD - Beneficio Café	538,87	272,12	1115,45	74,36	7,63
MEDIO SALD_06 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		538,87	272,12	1115,45	74,36	7,63
MEDIO SALD TOTAL	Punto para cálculo del IACAL		734,17	395,65	1426,95	103,23	13,71

Tabla 511. *Determinación de Cargas para la Cuenca del río Medio Saldaña. Meta en Carga para el año 2020*

Tramo o Unidad de Análisis	Vertimiento	Tipo de Agua Residual	Meta en carga (2020)				
			DBO_5 (t/año)	SST (t/año)	DQO (t/año)	NT (t/año)	PT (t/año)
MEDIOSALD_01	Vertimiento batallón Municipio de Ataco (V1)	AR_Mun <625	324,77	287,44	650,96	63,71	14,35
MEDIOSALD_01	Minería	ARnD-Minería	29,27	4,41	1,73	0,103	0,003
MEDIOSALD_01 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		354,04	291,85	652,69	63,81	14,35
MEDIOSALD_02	Beneficio de Café Municipio de Ataco	ARnD - Beneficio Café	17,46	8,82	36,13	2,409	0,247
MEDIOSALD_02	Minería	ARnD-Minería	4,38	0,66	0,26	0,015	0,0005
MDIO SALD_02 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		21,84	9,48	36,39	2,42	0,25
MEDIOSALD_03	Minería	ARnD-Minería	2,40	0,36	0,1417	0,0084	0,0003
MDIO SALD_03 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		2,40	0,36	0,1417	0,0084	0,0003
MEDIOSALD_04	Beneficio de Café Municipio de Ataco	ARnD - Beneficio Café	6,19	3,13	12,82	0,855	0,088
MEDIOSALD_04	Minería	ARnD-Minería	5,85	0,88	0,345	0,021	0,001

MDIO SALD_04 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		12,05	4,01	13,17	0,88	0,09
MEDIOSALD_05			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MDIO SALD_05 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MEDIOSALD_06	Beneficio de Café Municipio de Ataco	ARnD - Beneficio Café	538,87	272,12	1115,45	74,363	7,634
MEDIO SALD_06 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		538,87	272,12	1115,45	74,36	7,63
MEDIO SALD TOTAL	Punto para cálculo del IACAL		929,19	577,82	1817,84	141,48	22,32

31.1.3. Determinación de Cargas para la SZH Bajo Saldaña

Las cargas aportadas en la subzona hidrográfica Bajo Saldaña provienen de los sectores domésticos y Minería de Oro, esta subzona hidrográfica tiene como característica que es la zona en donde caen las aguas de todo el recorrido desde el alto Saldaña y medio Saldaña con sus afluentes, de igual forma pasa por el municipio de Coyaima, Saldaña y caen parte de las aguas del municipio del Guamo sobre microcuenca hidrográfica receptora de vertimientos quebrada Lemayá. En la parte baja de la unidad hidrográfica de análisis, se encuentra abastecida por los caudales de las Subzonas hidrográficas de los ríos Tetuán, ortega y Cucuana; finalmente con todos los afluentes conforman el punto de cierre y afluencia hacia la cuenca del Río Magdalena (**Figura 596**).

Dentro de la **Figura 597** se observa que el sector doméstico es el mayor aportante de carga en esta unidad hidrográfica de análisis, seguido por el sector minero y por último como bajo aportante está el sector industrial. Esto se debe a que el río bajo Saldaña es un receptor de varias afluentes y además de tener gran descarga de los centros poblados.

En las unidades de análisis BAJO SALD_01, BAJO SALD_05, BAJO SALD_09 (**Tabla 512** y **Tabla 513**) no se reportan ni evidencian vertimientos con base en la información consultada (PSMV, POMCAS, TR) y los recorridos de campo. por lo cual no se registran valores de cargas aportadas a estas unidades de análisis.

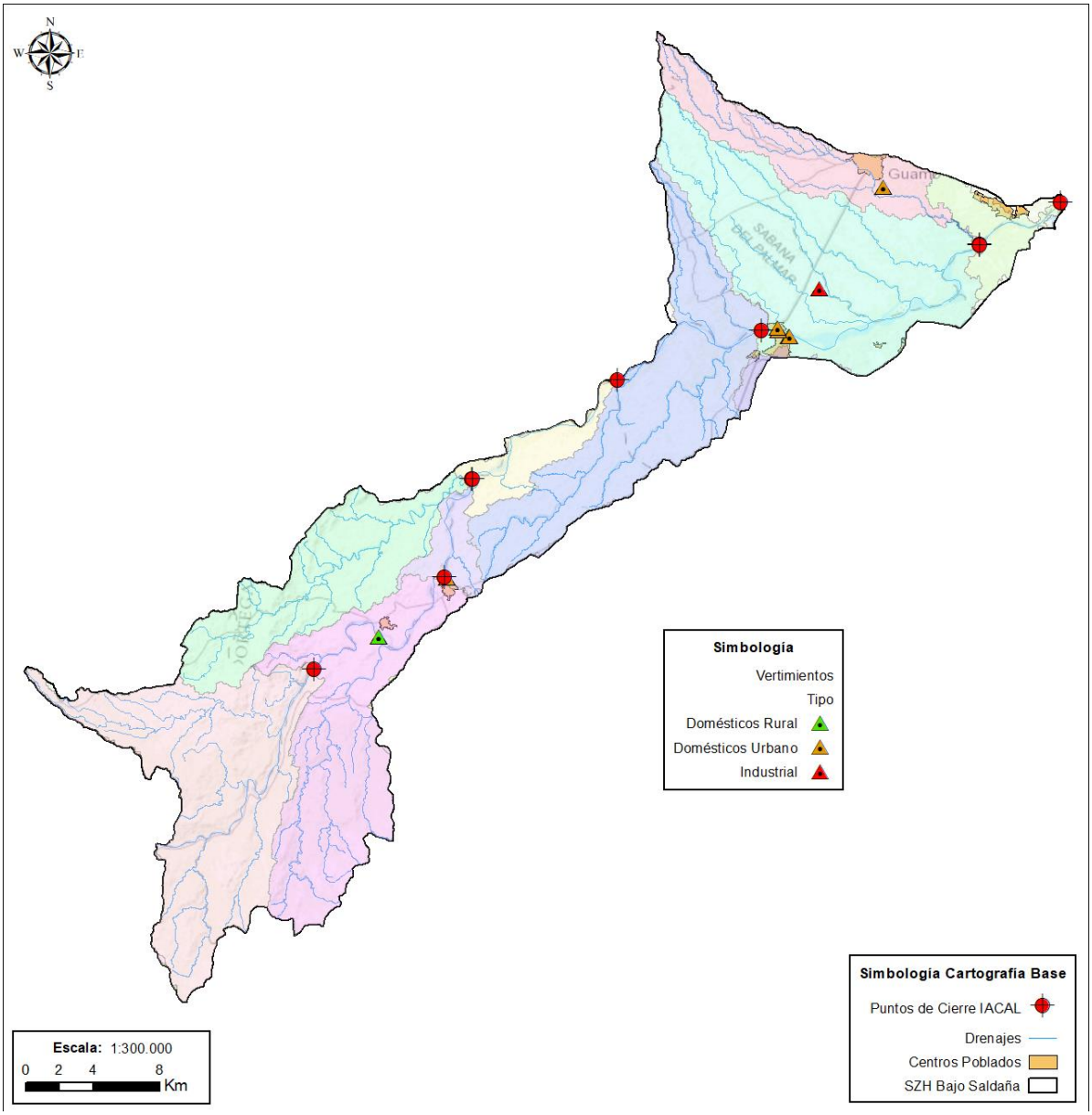
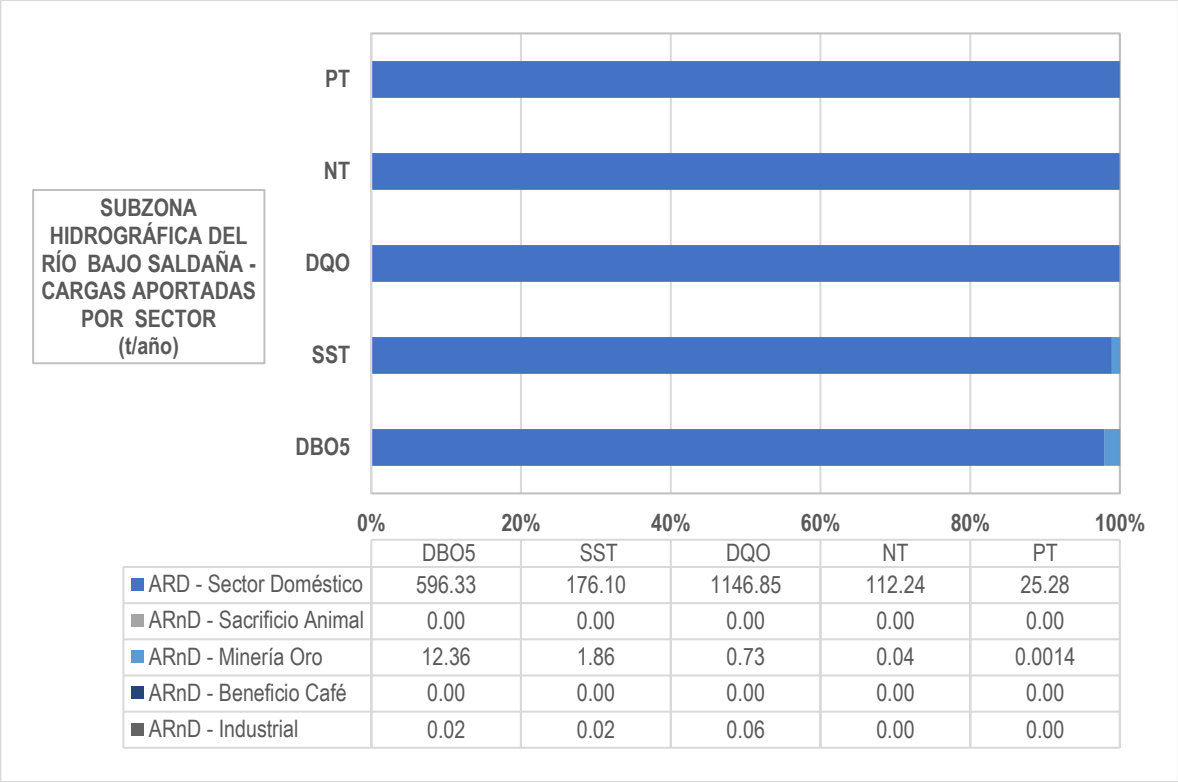


Figura 596. *Puntos para la determinación de cargas contaminantes y del IACAL para el río Bajo Saldaña*



	DBO5	SST	DQO	NT	PT
ARD - Sector Doméstico	596.33	176.10	1146.85	112.24	25.28
ARnD - Sacrificio Animal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ARnD - Minería Oro	12.36	1.86	0.73	0.04	0.0014
ARnD - Beneficio Café	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ARnD - Industrial	0.02	0.02	0.06	0.00	0.00

Figura 597. *Carga total aportada por sectores en el año 2020 para la cuenca del Bajo Saldaña*

Tabla 512. *Determinación de Cargas para la Cuenca del río Bajo Saldaña. Valores determinados para el año 2020*

Tramo o Unidad de Análisis	Vertimiento	Tipo de Agua Residual	Carga Actual (2020)				
			DBO_5 (t/año)	SST (t/año)	DQO (t/año)	NT (t/año)	PT (t/año)
BAJO SALD_01				0,00	0,00		
BAJO SALD_01 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0	0	0	0	0
BAJO SALD_02	Barrio 12 de octubre/ El Caucho 1 (V33)	AR_Mun <625	111,37	35,33	223,23	21,85	4,92
BAJO SALD_02	Barrio 12 de octubre/ Desarenadero (V34)	AR_Mun <625	52,82	16,76	105,88	10,36	2,33
BAJO	Sector Palmar	AR_Mun	7,93	2,51	15,89	1,55	0,35

SALD_02	(V35)	<625					
BAJO SALD_02	PTAR Villa Mónica (PTAR 6)	AR_Mun <625	1,808	0,57	3,62	0,35	0,08
BAJO SALD_02	Vto. Salida PTAR_Saldaña_CSS Constructores (PTAR 7)	ARnD - Industrial Extracción	0,019	0,019	36,56175	0	0
BAJO SALD_02 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		173,95	55,19	385,18	34,12	7,68
BAJO SALD_03	PTAR Subsistema Lemayá (PTAR 3)	AR_Mun <625	153,65	5,96	307,97	30,14	6,79
BAJO SALD_03 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		153,65	5,96	307,97	30,14	6,79
BAJO SALD_04		ARnD-Minería	5,93	0,89	0,35	0,02	0,001
BAJO SALD_04 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		5,93	0,89	0,35	0,02	0,00
BAJO SALD_05			0,00				
BAJO SALD_05 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BAJO SALD_06	Sector Cementerio en Coyaima (V7)	AR_Mun <625	244,59	104,99	490,25	47,98	10,81
BAJO SALD_06 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		244,59	104,99	490,25	47,98	10,81
BAJO SALD_07			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BAJO SALD_07 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BAJO SALD_08	Vertimiento Guaipa	AR_Mun <625	30,08	12,43	0,00	0,00	0,00
BAJO SALD_08 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		30,08	12,43	0,00	0,00	0,00
BAJO SALD_09		ARnD-Minería	6,43	0,97	0,38	0,02	0,001
BAJO SALD_09 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		6,43	0,97	0,38	0,02	0,00
BAJO SALD TOTAL	Punto para cálculo del IACAL		614,62	180,43	1184,14	112,29	25,28

Tabla 513. *Determinación de Cargas para la Cuenca del río Bajo Saldaña. Meta en Carga para el año 2020*

Tramo o Unidad de Análisis	Vertimiento	Tipo de Agua Residual	Meta en carga (2020)				
			DBO_5 (t/año)	SST (t/año)	DQO (t/año)	NT (t/año)	PT (t/año)
BAJO SALD_01				0,00	0,00	0,00	0,00
BAJO SALD_01 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0	0	0	0	0
BAJO SALD_02	Barrio 12 de octubre/ El Caucho 1 (V33)	AR_Mun <625					
BAJO SALD_02	Barrio 12 de octubre/ Desarenadero (V34)	AR_Mun <625	249	89,24	499,09	48,85	11,00
BAJO SALD_02	Sector Palmar (V35)	AR_Mun <625					
BAJO SALD_02	PTAR Villa Mónica (PTAR 6)	AR_Mun <625					
BAJO SALD_02	Vto. Salida PTAR_Saldaña_CSS Constructores (PTAR 7)	ARnD - Industrial Extracción	0,08	0,08	153,9442	0	0
BAJO SALD_02 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		249,08	653,04	653,04	48,85	11,00
BAJO SALD_03	PTAR Subsistema Lemayá (PTAR 3)	AR_Mun <625	8,94	14,90	17,92	1,75	0,39
BAJO SALD_03 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		8,94	14,90	17,92	1,75	0,39
BAJO SALD_04		ARnD- Minería	5,93	0,89	0,35	0,02	0,00
BAJO SALD_04 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		5,93	0,89	0,35	0,02	0,00
BAJO SALD_05			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BAJO SALD_05 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BAJO SALD_06	Sector Cementerio en Coyaima (V7)	AR_Mun <625	80,98	54,37	162,32	15,89	3,58

BAJO SALD_06 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		80,98	54,37	162,32	15,89	3,58
BAJO SALD_07			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BAJO SALD_07 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BAJO SALD_08	Vertimiento Guaipa	AR_Mun <625	24,16	9,98	0,00	0,00	0,00
BAJO SALD_08 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		24,16	9,98	0,00	**0,00**	**0,00**
BAJO SALD_09		ARnD-Minería	6,43	0,97	0,38	**0,02**	**0,001**
BAJO SALD_09 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		6,43	0,97	0,38	0,02	0,00
BAJO SALD TOTAL	Punto para cálculo del IACAL		375,52	734,15	834,00	66,53	14,97

31.1.4. Determinación de Cargas para la SZH del río Amoyá

Las cargas aportadas en la cuenca del río Amoyá provienen de los sectores doméstico y beneficio del café. En la zona alta del río Amoyá, se presentan cultivos de café en el municipio de chaparral, es importante anotar que desde el centro poblado del Salado aguas abajo, se une con el río El Davis, el cual es aportante de gran cantidad de agua, luego el Amoyá continua su cauce, hasta que metros más abajo tiene una gran captación de agua por parte de la hidroeléctrica ISAGEN (**Figura 598**).

En la **Figura 599** podemos observar el total de cargas aportadas por los sectores para el año 2020 en 12 puntos de cierre del IACAL, media, para el NT y PT se encuentra que no hay rangos determinantes, sin embargo, se nota que los aportes son pocos, debido a las condiciones ambientales e hidrográficas de la Subzona hidrográfica, permite mantener un óptimo amortiguamiento y la densidad poblacional presente no genera mayor presión sobre la subzona.

En la **Tabla 514** en las unidades hidrológicas de análisis AMOYA_1, AMOYA_3, AMOYA_5, uno de los 2 puntos en el AMOYA_6, uno de los 2 puntos en el AMOYA_7, uno de los 2 puntos en el AMOYA_8, uno de los 2 puntos en el AMOYA_10, uno de los 2 puntos en el AMOYA_11, uno de los 2 puntos en el AMOYA_12, no se reportan ni evidencian vertimientos con base en la información consultada (PSMV, POMCAS, TR) y los recorridos de campo, por lo cual no se registran valores de cargas aportadas a estas unidades de análisis. En la **Tabla 515**, en las unidades hidrológicas de análisis Vto.

Salida PTARD -Lavandería (V36), Vto. Salida Pozo Séptico Base Militar (V37), Vto. Salida PTARD -Campamentos (V39) no se reportan ni evidencian vertimientos con base en la información consultada (PSMV, POMCAS, TR) y los recorridos de campo, por lo cual no se registran valores de cargas aportadas a estas unidades de análisis.

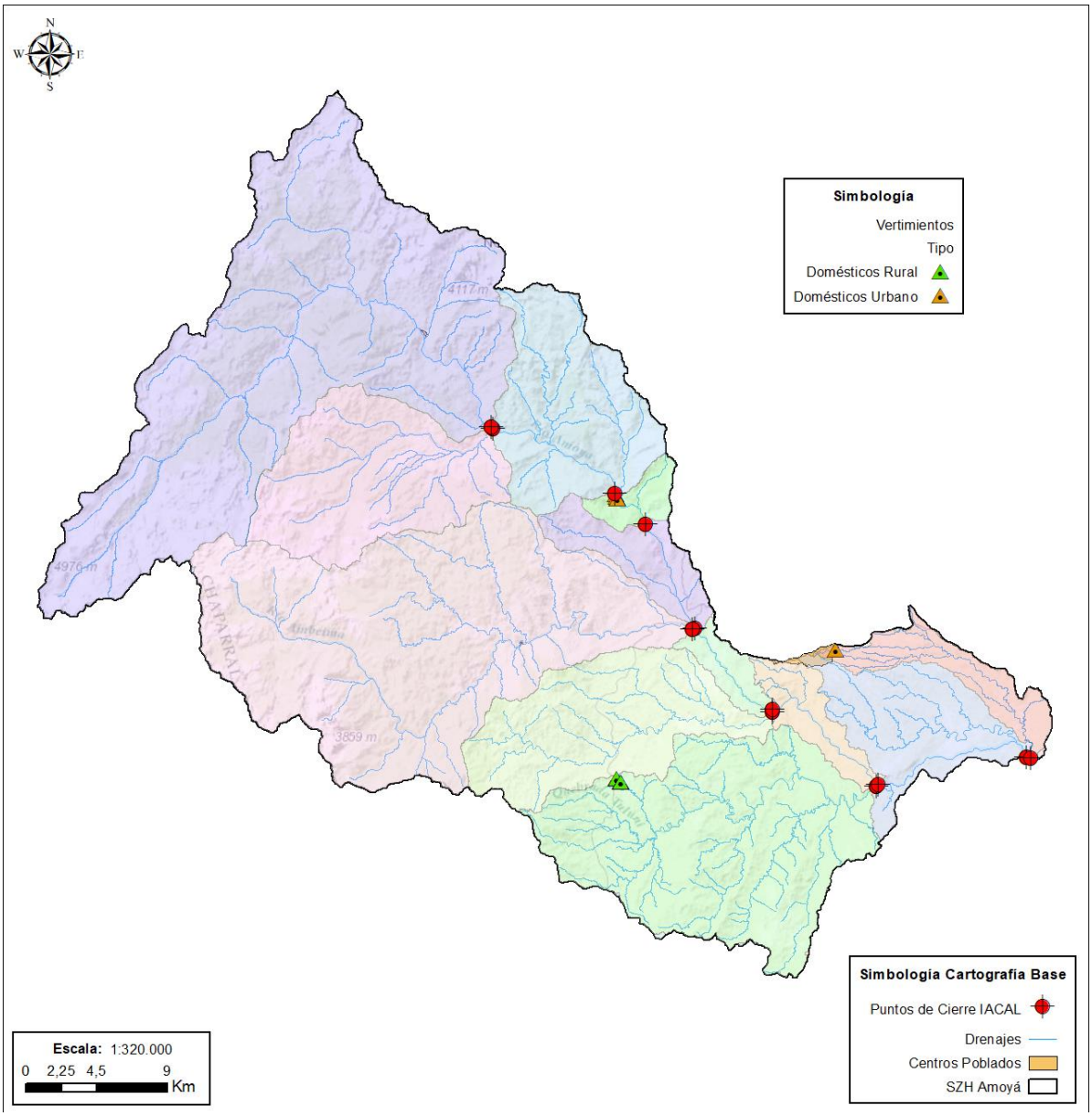
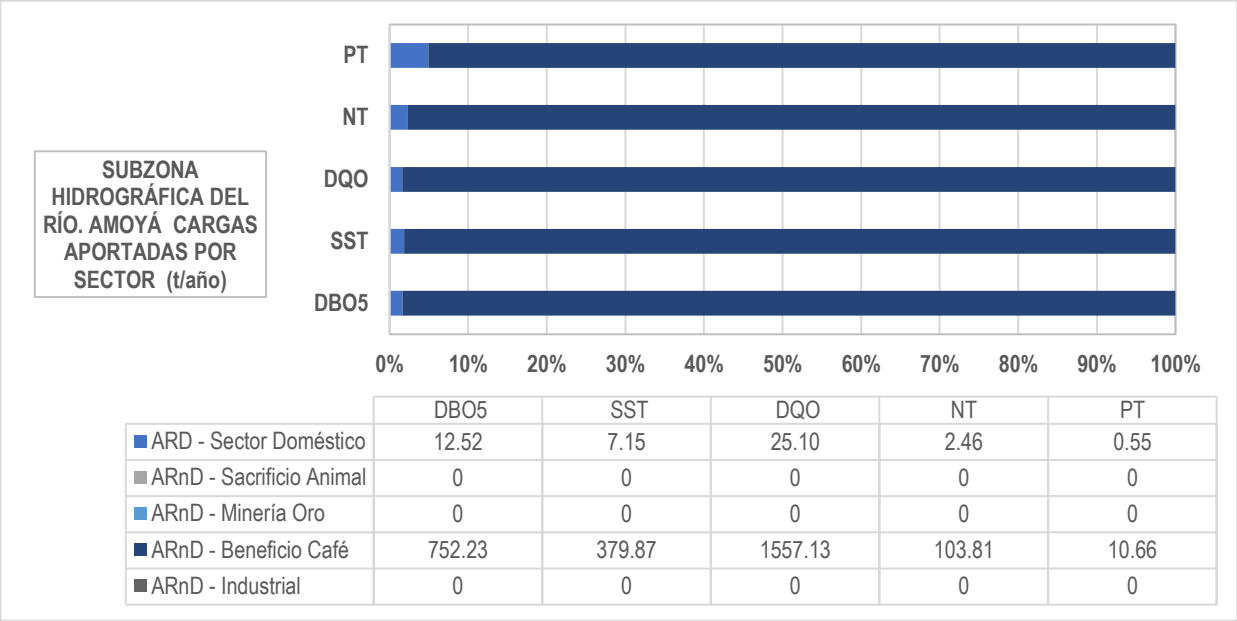


Figura 598. *Puntos para la determinación de cargas contaminantes y del IACAL para el río Amoyá*



	DBO5	SST	DQO	NT	PT
ARD - Sector Doméstico	12.52	7.15	25.10	2.46	0.55
ARnD - Sacrificio Animal	0	0	0	0	0
ARnD - Minería Oro	0	0	0	0	0
ARnD - Beneficio Café	752.23	379.87	1557.13	103.81	10.66
ARnD - Industrial	0	0	0	0	0

Figura 599. *Carga total aportada por sectores en el año 2020 para la cuenca del río Amoyá*

Tabla 514. *Determinación de Cargas para la Cuenca del río Amoyá. Valores determinados para el año 2020*

Tramo o Unidad de Análisis	Vertimiento	Tipo de Agua Residual	Carga Actual (2020)				
			DBO_5 (t/año)	SST (t/año)	DQO (t/año)	NT (t/año)	PT (t/año)
AMOYA_01			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AMOYA_01 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AMOYA_02	PTAR Santa Helena_Chaparral (PTAR1)	AR_Mun <625	0,52	0,86	1,04	0,10	0,02
AMOYA_02 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0,52	0,86	1,04	0,10	0,02
AMOYA_03			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AMOYA_03 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AMOYA_04	Beneficio de Café Municipio de Chaparral	ARnD - Benefici	47,44	23,96	98,21	6,55	0,67

		o Café					
AMOYA_04	Vto. Matadero Chaparral_El Limón (V6)	AR_Mun <625	5,64	3,59	11,30	1,11	0,25
AMOYA_04	Vto. PTAR Chaparral_El Limón (PTAR2)	AR_Mun <625	4,32	2,18	8,65	0,85	0,19
AMOYA_04 PARCIAL	**Punto para cálculo del IACAL**		57,40	27,55	109,51	7,65	0,44
AMOYA_05			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AMOYA_05 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AMOYA_06	Beneficio de Café Municipio de Chaparral	ARnD - Beneficio Café	80,00	40,40	165,60	11,04	1,13
AMOYA_06			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AMOYA_06 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		80,00	40,40	165,60	11,04	1,13
AMOYA_07	Beneficio de Café Municipio de Chaparral	ARnD - Beneficio Café	138,09	69,73	285,84	19,06	1,96
AMOYA_07			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AMOYA_07 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		138,09	69,73	285,84	19,06	1,96
AMOYA_08	Beneficio de Café Municipio de Chaparral	ARnD - Beneficio Café	355,05	179,30	734,95	49,00	5,03
AMOYA_08			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AMOYA_08 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		355,05	179,30	734,95	49,00	5,03
AMOYA_09	Beneficio de Café Municipio de Chaparral	ARnD - Beneficio Café	35,30	17,83	73,07	4,87	0,50
AMOYA_09	Vto. SalidaPTARD - Lavandería (V36)	AR_Mun <625	1,24	0,32	2,48	0,24	0,05
AMOYA_09	Vto. SalidaPozo SépticoBase Militar (V37)	AR_Mun <625	0,04	0,01	0,08	0,01	0,00
AMOYA_09	Vto. SalidaPTARD - Oficinas (V38)	AR_Mun <625	0,72	0,10	1,45	0,14	0,03
AMOYA_09	Vto. SalidaPTARD - Campamentos (V39)	AR_Mun <625	0,04	0,09	0,09	0,01	0,00

AMOYA_09 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		37,34	18,34	77,16	5,27	0,59
AMOYA_10	Beneficio de Café Municipio de Chaparral	ARnD - Beneficio Café	87,50	44,19	181,13	12,08	1,24
AMOYA_10			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AMOYA_10 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		87,50	44,19	181,13	12,08	1,24
AMOYA_11	Beneficio de Café Municipio de Chaparral	ARnD - Beneficio Café	4,66	2,35	9,64	0,64	0,07
AMOYA_11			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AMOYA_11 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		4,66	2,35	9,64	0,64	0,07
AMOYA_12	Beneficio de Café Municipio de Chaparral	ARnD - Beneficio Café	4,20	2,12	8,69	0,58	0,06
AMOYA_12			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AMOYA_12 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		4,20	2,12	8,69	0,58	0,06
AMOYA TOTAL	Punto para cálculo del IACAL		764,76	384,84	1573,57	105,42	10,54

Tabla 515. *Determinación de Cargas para la Cuenca del río Amoyá. Meta en Carga para el año 2020*

Tramo o Unidad de Análisis	Vertimiento	Tipo de Agua Residual	Meta en carga (2020)				
			DBO_5 (t/año)	SST (t/año)	DQO (t/año)	NT (t/año)	PT (t/año)
AMOYA_01			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AMOYA_01 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AMOYA_02	PTAR Santa Helena_Chaparral (PTAR1)	AR_Mun <625	0,50	0,36	1,00	0,10	0,02
AMOYA_02 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0,50	0,36	1,00	0,10	0,02
AMOYA_03			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

AMOYA_03 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AMOYA_04	Beneficio de Café Municipio de Chaparral	ARnD - Beneficio Café	47,44	23,96	98,21	6,55	0,67
AMOYA_04	Vto. Matadero Chaparral_El Limón (V6)	AR_Mun <625	13,52	13,35	27,10	2,65	0,60
AMOYA_04	Vto. PTAR Chaparral_El Limón (PTAR2)	AR_Mun <625	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AMOYA_04 PARCIAL	**Punto para cálculo del IACAL**		60,96	37,31	125,31	9,20	1,27
AMOYA_05			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AMOYA_05 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AMOYA_06	Beneficio de Café Municipio de Chaparral	ARnD - Beneficio Café	80,00	40,40	165,60	11,04	1,13
AMOYA_06			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AMOYA_06 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		80,00	40,40	165,60	11,04	1,13
AMOYA_07	Beneficio de Café Municipio de Chaparral	ARnD - Beneficio Café	138,09	69,73	285,84	19,06	1,96
AMOYA_07			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AMOYA_07 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		138,09	69,73	285,84	19,06	1,96
AMOYA_08	Beneficio de Café Municipio de Chaparral	ARnD - Beneficio Café	355,05	179,30	734,95	49,00	5,03
AMOYA_08			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AMOYA_08 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		355,05	179,30	734,95	49,00	5,03
AMOYA_09	Beneficio de Café Municipio de Chaparral	ARnD - Beneficio Café	35,30	17,83	73,07	4,87	0,50
AMOYA_09	Vto. SalidaPTARD - Lavandería (V36)	AR_Mun <625	2,88	2,88	5,77	0,56	0,13
AMOYA_09	Vto. SalidaPozo SépticoBase Militar (V37)	AR_Mun <625					
AMOYA_09	Vto. SalidaPTARD - Oficinas (V38)	AR_Mun <625					
AMOYA_09	Vto. SalidaPTARD - Campamentos (V39)	AR_Mun <625					
AMOYA_09 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		38,18	20,71	78,84	5,44	0,63

AMOYA_10	Beneficio de Café Municipio de Chaparral	ARnD - Beneficio Café	87,50	44,19	181,13	12,08	1,24
AMOYA_10			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AMOYA_10 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		87,50	44,19	181,13	12,08	1,24
AMOYA_11	Beneficio de Café Municipio de Chaparral	ARnD - Beneficio Café	4,66	2,35	9,64	0,64	0,07
AMOYA_11			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AMOYA_11 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		4,66	2,35	9,64	0,64	0,07
AMOYA_12	Beneficio de Café Municipio de Chaparral	ARnD - Beneficio Café	4,20	2,12	8,69	0,58	0,06
AMOYA_12			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AMOYA_12 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		4,20	2,12	8,69	0,58	0,06
AMOYA TOTAL	Punto para cálculo del IACAL		769,13	396,46	1591,00	107,12	11,40

31.1.5. Determinación de Cargas para la SZH del río Anamichú

Las cargas aportadas en la cuenca del río Anamichú provienen de los sectores domésticos y beneficio de café, esto se debe en gran medida que desde donde nace el Río Anamichú es un área de bastante bosque, con cultivos no densos, solo un centro poblado, como lo es Gaitán y durante el recorrido tiene aportantes de diferentes afluentes, de igual forma más abajo se une río Blanco, el cual trae consigo cargas del centro poblado de Rioblanco, además es importante tener en cuenta que esta zona es una de las más productivas a lo que respecta en la producción del cultivo de Café, y ya más abajo forma parte de la conformación del medio Saldaña (**Figura 600**).

En la **Figura 601** en la cual se presenta la carga total aportadas por el sector doméstico y beneficio de sobre la unidad hidrográfica de análisis, en donde el sector del beneficio del café, tiene un mayor aporte del DBO5, SST, DQO y para el NT y PT se observa que es superior al sector doméstico debido a la presencia de un área considerable de producción del cultivo de café en monocultivo.

En la **Tabla 516** se observa que en las unidades hidrológicas de análisis de ANAMICHU_01, ANAMICHU_02, ANAMICHU_03, ANAMICHU_04, ANAMICHU_05, y en la **Tabla 517** ANAMICHU_01, ANAMICHU_02, ANAMICHU_03, ANAMICHU_04,) no se

reportan ni evidencian vertimientos con base en la información consultada (PSMV, POMCAS, TR) y los recorridos de campo, por lo cual no se registran valores de cargas aportadas a estas unidades de análisis.

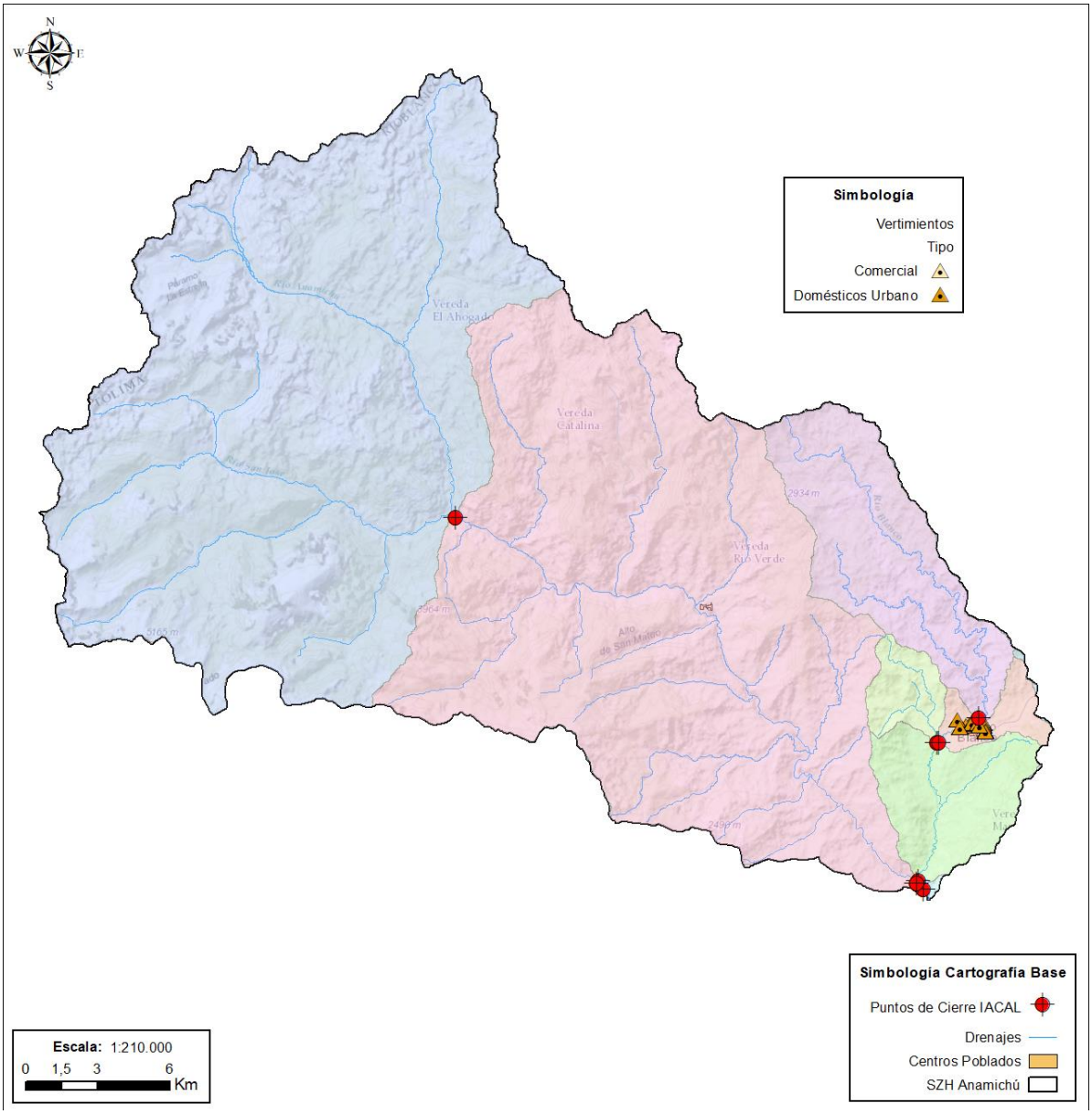
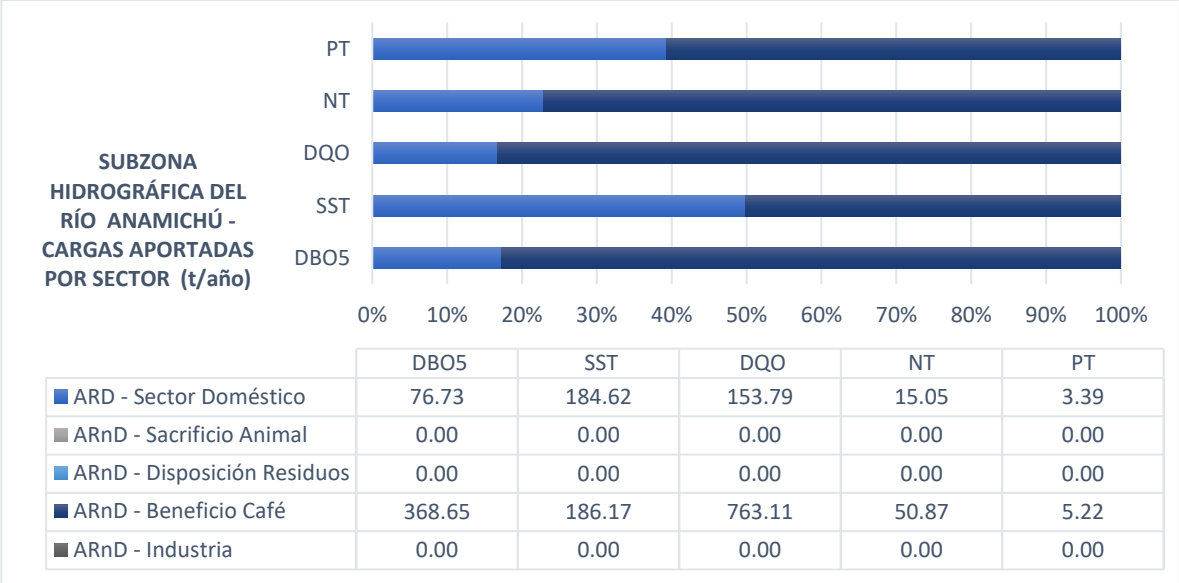


Figura 600. *Puntos para la determinación de cargas contaminantes y del IACAL para el río Anamichú*



	DBO5	SST	DQO	NT	PT
ARD - Sector Doméstico	76.73	184.62	153.79	15.05	3.39
ARnD - Sacrificio Animal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ARnD - Disposición Residuos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ARnD - Beneficio Café	368.65	186.17	763.11	50.87	5.22
ARnD - Industria	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura 601. *Carga total aportada por sectores en el año 2020 para la cuenca del río Anamichú*

Tabla 516. *Determinación de Cargas para la Cuenca del río Anamichú. Valores determinados para el año 2020*

Tramo o Unidad de Análisis	Vertimiento	Tipo de Agua Residual	Carga Actual (2020)				
			DBO_5 (t/año)	SST (t/año)	DQO (t/año)	NT (t/año)	PT (t/año)
ANAMICHU_01			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ANAMICHU_01 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0	0	0	0	0
ANAMICHU_02	Beneficio de Café Municipio de Rioblanco	ARnD - Beneficio Café	117,21	59,19	242,63	16,18	1,66
ANAMICHU_02			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ANAMICHU_02 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		117,21	59,19	242,63	16,18	1,66
ANAMICHU_03	Beneficio de Café Municipio de Rioblanco	ARnD - Beneficio Café	161,89	81,76	335,12	22,34	2,29
ANAMICHU_03 PARCIAL			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ANAMICHU_03 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		161,89	81,76	335,12	22,34	2,29
ANAMICHU_04			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

ANAMICHU_04 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ANAMICHU_05	Beneficio de Café Municipio de Rioblanco	ARnD - Beneficio Café	14,58	7,37	30,19	2,01	0,21
ANAMICHU_05			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ANAMICHU_05 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		14,58	7,37	30,19	2,01	0,00
ANAMICHU_06	Barrio La Esperanza (V17)	AR_Mun <625	47,34	113,91	94,89	9,29	2,09
ANAMICHU_06	Vto. La Esperanza 2 (V18)	AR_Mun <625	0,87	2,09	1,74	0,17	0,04
ANAMICHU_06	San Jorge 2 (19)	AR_Mun <625	0,81	1,94	1,62	0,16	0,04
ANAMICHU_06	Barrio Gaitán (V20)	AR_Mun <625	2,85	6,85	5,70	0,56	0,13
ANAMICHU_06	Matadero (V21)	AR_Mun <625	7,25	17,43	14,52	1,42	0,32
ANAMICHU_06	Barrio Gaitán 2 (V22)	AR_Mun <625	2,04	4,91	4,09	0,40	0,09
ANAMICHU_06	San José Parte Baja 2 (V23)	AR_Mun <625	5,15	12,38	10,32	1,01	0,23
ANAMICHU_06	San José Parte Baja 3 (V24)	AR_Mun <625	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ANAMICHU_06	Barrio Buenos Aires (V25)	AR_Mun <625	1,05	2,53	2,10	0,21	0,05
ANAMICHU_06	San José Parte Baja 4 (V26)	AR_Mun <625	0,14	0,34	0,28	0,03	0,01
ANAMICHU_06	San José Parte Baja 5 (V27)	AR_Mun <625	4,38	10,54	8,78	0,86	0,19
ANAMICHU_06	San José Parte Baja 6 (V28)	AR_Mun <625	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ANAMICHU_06	San José Parte Baja 7 (V29)	AR_Mun <625	0,77	1,85	1,54	0,15	0,03
ANAMICHU_06	Cambulos (V30)	AR_Mun <625	3,51	8,45	7,04	0,69	0,16
ANAMICHU_06	Cambulos 2 (V31)	AR_Mun <625	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ANAMICHU_06	San Jorge (V32)	AR_Mun <625	0,59	1,41	1,17	0,11	0,03
ANAMICHU_06 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		17,62	42,40	35,32	3,46	0,78
ANAMICHU_07	Beneficio de Café Municipio de Rioblanco	ARnD - Beneficio Café	74,96	37,85	155,17	10,34	1,06
ANAMICHU_07PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		74,96	37,85	155,17	10,34	1,06
ANAMICHU TOTAL	Punto para		386,2	228,5	798,4	54,33	5,79

	cálculo del IACAL		7	6	2	

Tabla 517. *Determinación de Cargas para la Cuenca del Anamichú. Meta en Carga para el año 2020*

Tramo o Unidad de Análisis	Vertimiento	Tipo de Agua Residual	Meta en carga (2020)				
			DBO_5 (t/año)	SST (t/año)	DQO (t/año)	NT (t/año)	PT (t/año)
ANAMICHU_01			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ANAMICHU_01 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0	0	0	0	0
ANAMICHU_02	Beneficio de Café Municipio de Rioblanco	ARnD - Beneficio Café	117,21	59,19	242,63	16,18	1,66
ANAMICHU_02			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ANAMICHU_02 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		117,21	59,19	242,63	16,18	1,66
ANAMICHU_03	Beneficio de Café Municipio de Rioblanco	ARnD - Beneficio Café	161,89	81,76	335,12	22,34	2,29
ANAMICHU_03 PARCIAL			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ANAMICHU_03 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		161,89	81,76	335,12	22,34	2,29
ANAMICHU_04			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ANAMICHU_04 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ANAMICHU_05	Beneficio de Café Municipio de Rioblanco	ARnD - Beneficio Café	14,58	7,37	30,19	2,01	0,21
ANAMICHU_05 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		14,58	7,37	30,19	2,01	0,21
ANAMICHU_06	Barrio La Esperanza (V17)	AR_Mun <625	2,80	3,93	5,61	0,55	0,12
ANAMICHU_06	Vto. La Esperanza 2 (V18)	AR_Mun <625					
ANAMICHU_06	San Jorge 2 (19)	AR_Mun <625					
ANAMICHU_06	Barrio Gaitán (V20)	AR_Mun <625					

ANAMICHU_06	Matadero (V21)	AR_Mun <625					
ANAMICHU_06	Barrio Gaitán 2 (V22)	AR_Mun <625					
ANAMICHU_06	San José Parte Baja 2 (V23)	AR_Mun <625					
ANAMICHU_06	San José Parte Baja 3 (V24)	AR_Mun <625					
ANAMICHU_06	Barrio Buenos Aires (V25)	AR_Mun <625					
ANAMICHU_06	San José Parte Baja 4 (V26)	AR_Mun <625					
ANAMICHU_06	San José Parte Baja 5 (V27)	AR_Mun <625					
ANAMICHU_06	San José Parte Baja 6 (V28)	AR_Mun <625					
ANAMICHU_06	San José Parte Baja 7 (V29)	AR_Mun <625					
ANAMICHU_06	Cambulos (V30)	AR_Mun <625					
ANAMICHU_06	Cambulos 2 (V31)	AR_Mun <625					
ANAMICHU_06	San Jorge (V32)	AR_Mun <625					
ANAMICHU_06 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		2,80	3,93	5,61	0,55	0,12
ANAMICHU_07	Beneficio de Café Municipio de Rioblanco	ARnD - Beneficio Café	74,96	37,85	155,17	10,34	1,06
ANAMICHU_07PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		74,96	37,85	155,17	10,34	1,06
ANAMICHU TOTAL	Punto para cálculo del IACAL		371,45	190,10	768,72	51,42	5,35

31.1.6. Determinación de Cargas para la SZH del río Cambrín

Las cargas aportadas en la cuenca del río Cambrín, provienen del sector del beneficio del café. Esta unidad hidrográfica de análisis se encuentra en la zona alta del municipio de Rioblanco, en donde las coberturas de bosques son amplias, no se evidencia centros poblados durante su cauce, sin embargo, se encuentran fincas en donde el cultivo del café es predominante, en el corregimiento de puerto Saldaña se une para ser un afluente que se suma a la conformación del Río Medio Saldaña (**Figura 602**).

Dentro de la **Figura 603** de cargas totales aportadas por sectores en el año 2020 para Río Cambrín, se observa que el sector del beneficio de café es el único aportante de cargas, en el DBO5, en los SST, en el DQO, EN EL NT y PT en donde los aportes son mínimos. Este resultado se debe a que en la zona el área de cultivo de café no es muy grande lo cual hace que no aporte como en otros afluentes, además es importante agregar que esta unidad hidrográfica de análisis es muy conservada, limpia y además tiene un muy buen caudal.

Dentro de la **Tabla 518** y **Tabla 519** para las unidades CAMBRIN_1, CAMBRIN_2, CAMBRIN_3, CAMBRIN_4 Y CAMBRIN_5 no se reportan ni evidencian vertimientos con base en la información consultada (PSMV, POMCAS, TR) y los recorridos de campo. Por lo cual no se registran valores de cargas aportadas a estas unidades de análisis.

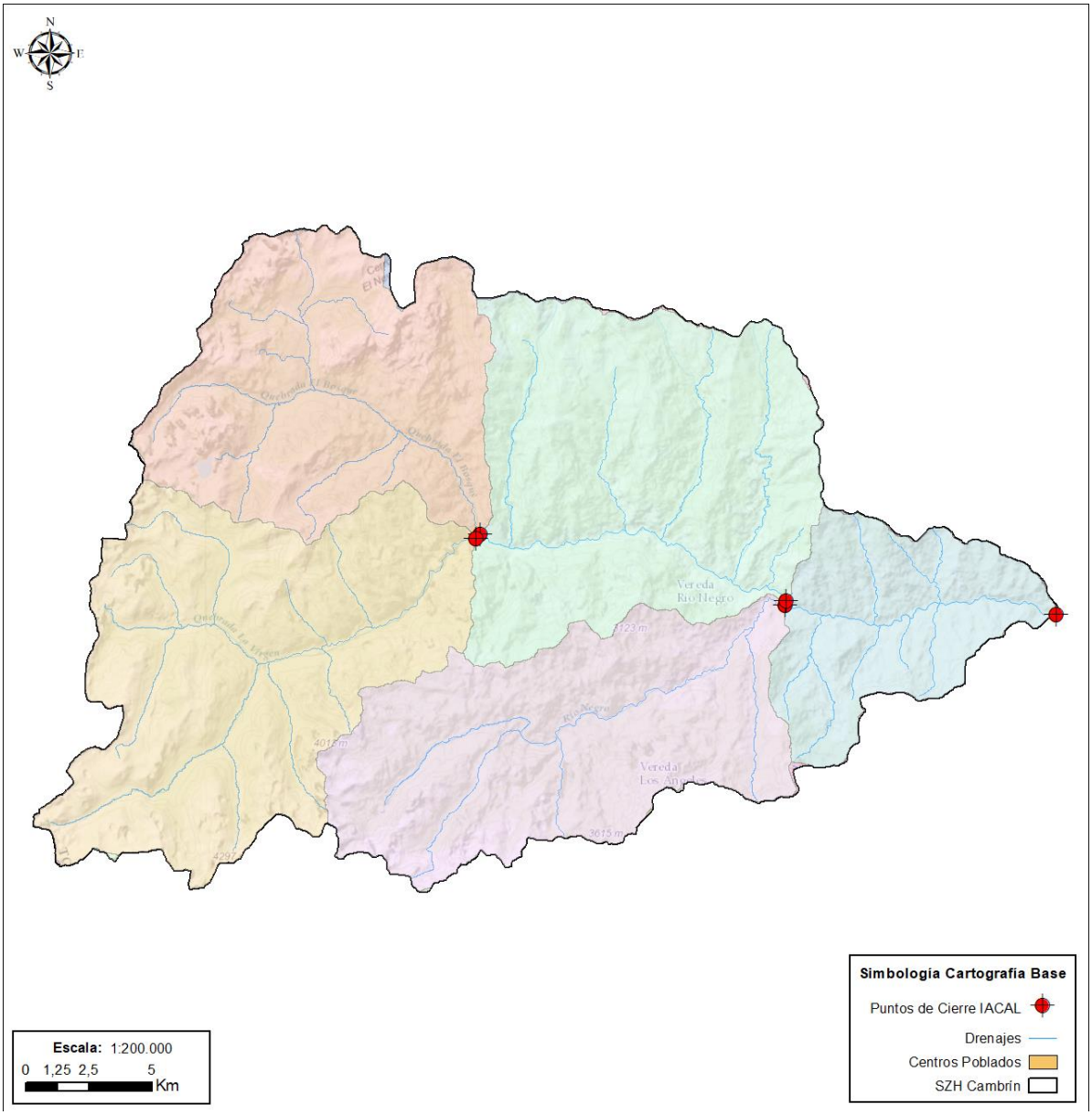
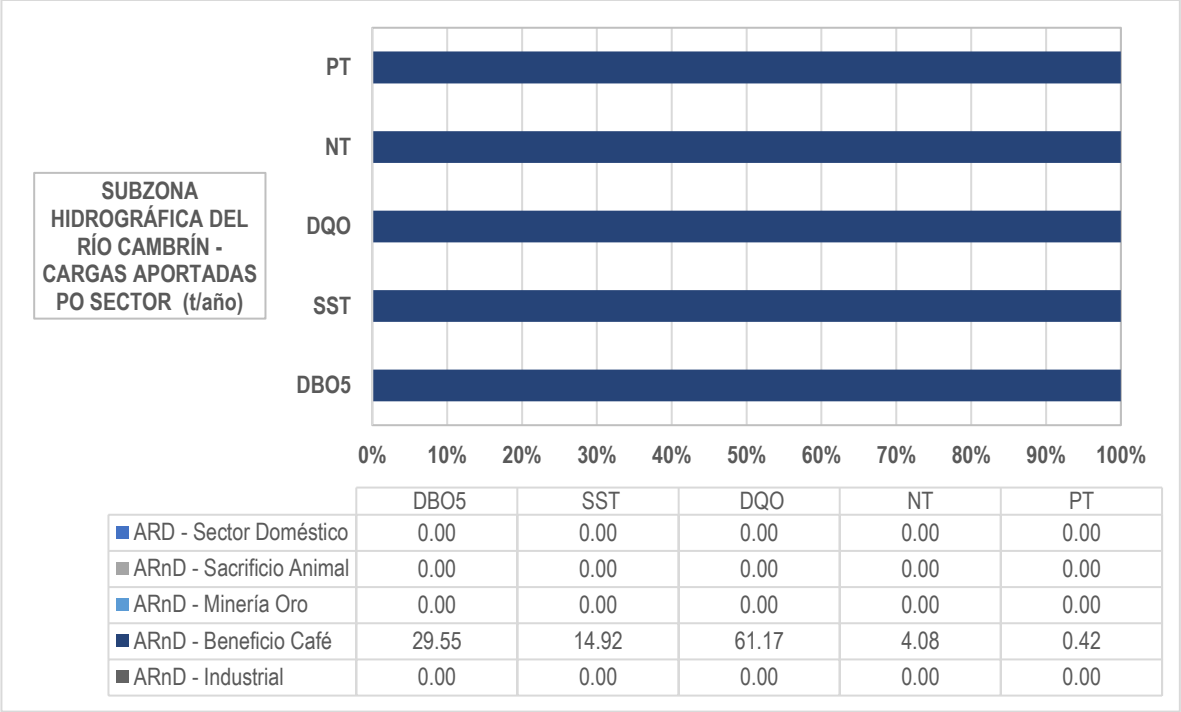


Figura 602. *Puntos para la determinación de cargas contaminantes y del IACAL para el río Cambrín*



	DBO5	SST	DQO	NT	PT
ARD - Sector Doméstico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ARnD - Sacrificio Animal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ARnD - Minería Oro	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ARnD - Beneficio Café	29.55	14.92	61.17	4.08	0.42
ARnD - Industrial	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura 603. *Carga total aportada por sectores en el año 2020 para la cuenca del río Cambrín.*

Tabla 518. *Determinación de Cargas para la Cuenca del río Cambrín. Valores determinados para el año 2020*

Tramo o Unidad de Análisis	Vertimiento	Tipo de Agua Residual	Carga Actual (2020)				
			DBO_5 (t/año)	SST (t/año)	DQO (t/año)	NT (t/año)	PT (t/año)
CAMBRIN_01	Beneficio de Café Municipio de Rioblanco	ARnD - Beneficio Café	15,12	7,64	31,30	2,09	0,21
CAMBRIN_01							
CAMBRIN_01 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		15,12	7,64	31,30	2,09	0,21
CAMBRIN_02	Beneficio de Café Municipio de Rioblanco	ARnD - Beneficio Café	9,68	4,89	20,04	1,34	0,14
CAMBRIN_02							
CAMBRIN_02 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		9,68	4,89	20,04	1,34	0,14
CAMBRIN_03	Beneficio de Café Municipio de Rioblanco	ARnD - Beneficio Café	4,74	2,40	9,82	0,65	0,07
CAMBRIN_03							
CAMBRIN_03 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		4,74	2,40	9,82	0,65	0,07
CAMBRIN_04							
CAMBRIN_04 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CAMBRIN_05							
CAMBRIN_05 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CAMBRIN_TOTAL	Punto para cálculo del IACAL		29,55	14,92	61,17	4,08	0,42

Tabla 519. *Determinación de Cargas para la Cuenca del río Cambrín. Meta en Carga para el año 2020*

Tramo o Unidad de Análisis	Vertimiento	Tipo de Agua Residual	Meta en carga (2020)				
			DBO_5 (t/año)	SST (t/año)	DQO (t/año)	NT (t/año)	PT (t/año)
CAMBRIN_01	Beneficio de Café Municipio de Rioblanco	ARnD - Beneficio Café	15,123	7,637	31,304	2,087	0,214
CAMBRIN_01							
CAMBRIN_01 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		15,123	7,637	31,304	2,087	0,214
CAMBRIN_02	Beneficio de Café Municipio de Rioblanco	ARnD - Beneficio Café	9,683	4,890	20,044	1,336	0,137
CAMBRIN_02							
CAMBRIN_02 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		9,683	4,890	20,044	1,336	0,137
CAMBRIN_03	Beneficio de Café Municipio de Rioblanco	ARnD - Beneficio Café	4,745	2,396	9,822	0,655	0,067
CAMBRIN_03							
CAMBRIN_03 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		4,745	2,396	9,822	0,655	0,067
CAMBRIN_04							
CAMBRIN_04 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CAMBRIN_05							
CAMBRIN_05 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CAMBRIN_TOTAL	Punto para cálculo del IACAL		29,551	14,923	61,171	4,078	0,419

31.1.7. Determinación de Cargas para la SZH del río Atá

Las cargas aportadas en la cuenca del río Ata provienen de los sectores doméstico y beneficio de café. Se evidencia estos dos sectores ya que en la zona la actividad agrícola es la principal fuente de dinamismo económico y enfocada en el cultivo del café y de igual forma durante el recorrido de la unidad hidrográfica, se identificó que es receptora de los vertimientos de los centros poblados como: Gaitania, sur de Ata, Planadas, Bruselas, Cóndor, Monteloro y Santiago Pérez (**Figura 604**).

La **Figura 605** muestra la carga total aportada por los sectores de doméstico y beneficio de café, en donde se observa que el sector doméstico aporta mayores cargas en el parámetro de DQO, vemos que para el NT y PT se evidencia un aumento importante del sector beneficio de café frente al sector doméstico, eso se debe como anteriormente se mencionó a la gran cobertura del cultivo del café y del manejo convencional que se realiza del mismo.

En la **Tabla 520** y **Tabla 521** en la unidad de análisis ATA_10 no se reportan ni evidencian vertimientos con base en la información consultada (PSMV, POMCAS, TR) y los recorridos de campo. Por lo cual no se registran valores de cargas aportadas a estas unidades de análisis.

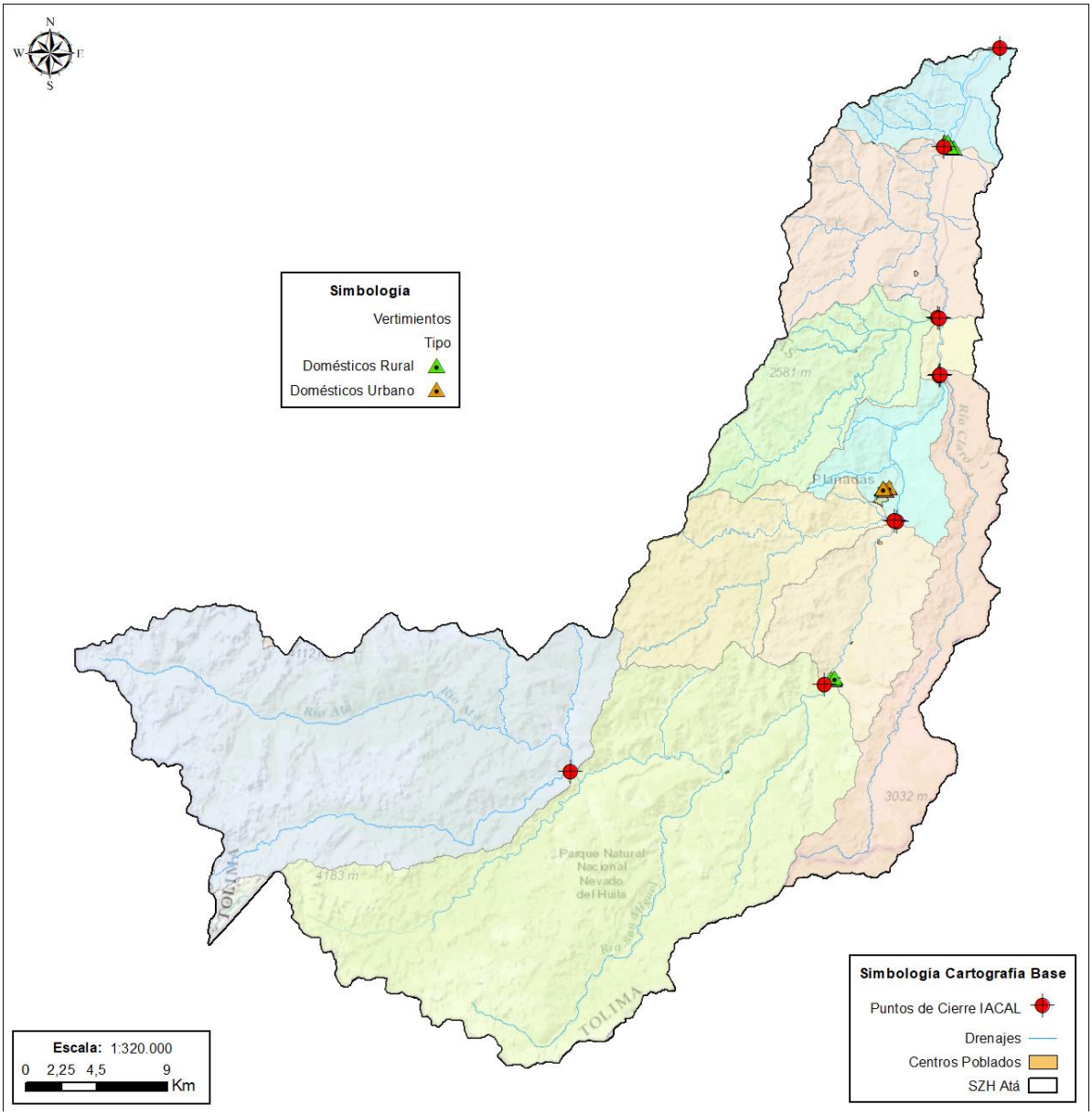
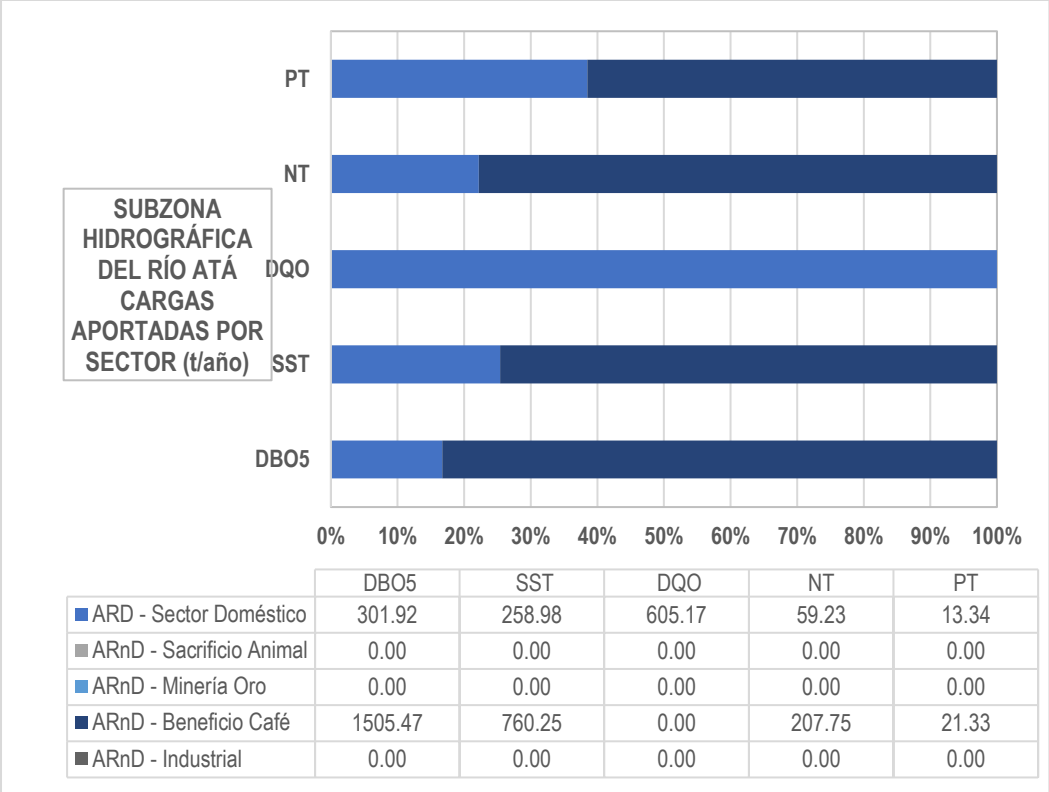


Figura 604. *Puntos para la determinación de cargas contaminantes y del IACAL para el río Atá*



	DBO5	SST	DQO	NT	PT
ARD - Sector Doméstico	301.92	258.98	605.17	59.23	13.34
ARnD - Sacrificio Animal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ARnD - Minería Oro	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ARnD - Beneficio Café	1505.47	760.25	0.00	207.75	21.33
ARnD - Industrial	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura 605. *Carga total aportada por sectores en el año 2020 para la cuenca del río Atá*

Tabla 520. *Determinación de Cargas para la Cuenca del río Atá. Valores determinados para el año 2020*

Tramo o Unidad de Análisis	Vertimiento	Tipo de Agua Residual	Carga Actual (2020)				
			DBO_5 (t/año)	SST (t/año)	DQO (t/año)	NT (t/año)	PT (t/año)
ATA_1	Beneficio de Café Municipio de Ataco	ARnD - Beneficio Café	14,28	7,21	29,56	1,97	0,20
ATA_1	Vertimiento colegio Santiago Pérez (V4)	AR_Mun <625	32,41	22,04	64,96	6,36	1,43
ATA_1	Vertimiento Barrio Acacias, Santiago Pérez, Municipio de Ataco (V3)	AR_Mun <625	7,02	4,78	14,08	1,38	0,31
ATA_1 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		53,71	34,03	108,60	9,71	1,94
ATA_2	Beneficio de Café Municipio de Ataco	ARnD - Beneficio Café	129,53	65,41	268,12	17,87	1,84

ATA_2	Vertimiento ferretería el Mape, CP Santiago Pérez Municipio de Ataco (V5)	AR_Mun <625	0,47	0,32	0,94	0,09	0,02
ATA_2	Vertimiento el puente, CP Santiago Pérez, Municipio de Ataco (V2)	AR_Mun <625	2,87	1,95	5,74	0,56	0,13
ATA_2 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		129,99	65,73	269,06	17,97	1,86
ATA_3	Beneficio de Café Municipio de Ataco	ARnD - Beneficio Café	7,99	4,03	16,54	1,10	0,11
ATA_3 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		7,99	4,03	16,54	1,10	0,11
ATA_4	Beneficio de Café Municipio de Ataco	ARnD - Beneficio Café	268,13	135,40	555,03	37,00	3,80
ATA_4 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		268,13	135,40	555,03	37,00	3,80
ATA_5	Beneficio de Café Municipio de Planadas	ARnD - Beneficio Café	92,87	46,90	192,23	12,82	1,32
ATA_5	VTOS individuales barrio 9 de febrero y barrio Osorio (V9)	AR_Mun <625	18,84	16,15	37,76	3,70	0,83
ATA_5	Vto. Sector Villa Dulimar (V12)	AR_Mun <625	17,71	15,18	35,50	3,47	0,78
ATA_5	Vto. Barrio El Porvenir_Planadas (V10)	AR_Mun <625	137,18	117,58	274,96	26,91	6,06
ATA_5	VTOS sector colegio Pablo Sexto_Planadas (V11)	AR_Mun <625	44,21	37,89	88,61	8,67	1,95
ATA_5 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		248,89	180,63	504,96	43,42	8,21
ATA_6	Beneficio de Café Municipio de Ataco	ARnD - Beneficio Café	265,31	133,98	549,19	36,61	3,76
ATA_6 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		265,31	133,98	549,19	36,61	3,76
ATA_7	Beneficio de Café Municipio de Planadas	ARnD - Beneficio Café	284,11	143,47	588,10	39,21	4,02
ATA_7	Vto. Centro (Frente a la escuela María Auxiliadora) CP Gaitania (V13)	AR_Mun <625	31,45	32,88	63,04	6,17	1,39

ATA_7	Vto. Sector Pueblo Nuevo CP Gaitania (V14)	AR_Mun <625	4,40	4,59	8,81	0,86	0,19
ATA_7	Vto. Sector Estación de Servicio CP Gaitania (V15)	AR_Mun <625	5,37	5,61	10,76	1,05	0,24
ATA_7 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		315,56	176,35	651,14	45,38	5,41
ATA_8	Beneficio de Café Municipio de Planadas	ARnD - Beneficio Café	11,21	5,66	23,21	1,55	0,16
ATA_8 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		11,21	5,66	23,21	1,55	0,16
ATA_9	Beneficio de Café Municipio de Planadas	ARnD - Beneficio Café	432,05	218,18	894,34	59,62	6,12
ATA_9 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		432,05	218,18	894,34	59,62	6,12
ATA_10			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ATA_10 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ATA TOTAL	Punto para cálculo del IACAL		1732,84	954,00	3572,06	252,36	31,37

Tabla 521. *Determinación de Cargas para la Cuenca del río Atá. Meta en Carga para el año 2020*

Tramo o Unidad de Análisis	Vertimiento	Tipo de Agua Residual	Meta en carga (2020)				
			DBO_5 (t/año)	SST (t/año)	DQO (t/año)	NT (t/año)	PT (t/año)
ATA_1	Beneficio de Café Municipio de Ataco	ARnD - Beneficio Café	14,28	7,21	29,56	1,97	0,20
ATA_1	Vertimiento colegio Santiago Pérez (V4)	AR_Mun <625	114,15	91,38	228,80	22,39	5,04
ATA_1	Vertimiento Barrio Acacias Municipio de Ataco (V3)	AR_Mun <625	324,77	287,44	650,96	63,71	14,35
ATA_1 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		453,20	386,03	909,32	88,07	19,59

ATA_2	Beneficio de Café Municipio de Ataco	ARnD - Beneficio Café	129,53	65,41	268,12	17,87	1,84
ATA_2	Vertimiento ferretería el Mape Municipio de Ataco (V5)	AR_Mun <625	324,77	287,44	650,96	63,71	14,35
ATA_2	Vertimiento el puente Municipio de Ataco (V2)	AR_Mun <625					
ATA_2 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		454,30	352,85	919,08	81,59	16,18
ATA_3	Beneficio de Café Municipio de Ataco	ARnD - Beneficio Café	7,99	4,03	16,54	1,10	0,11
ATA_3 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		7,99	4,03	16,54	1,10	0,11
ATA_4	Beneficio de Café Municipio de Ataco	ARnD - Beneficio Café	268,13	135,40	555,03	37,00	3,80
ATA_4 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		268,13	135,40	555,03	37,00	3,80
ATA_5	Beneficio de Café Municipio de Planadas	ARnD - Beneficio Café	92,87	46,90	192,23	12,82	1,32
ATA_5	VTOS individuales barrio 9 de febrero y barrio Osorio (V9)	AR_Mun <625	10,08	9,13	20,20	1,98	0,45
ATA_5	Vto. Sector Villa Dulimar (V12)	AR_Mun <625					
ATA_5	Vto. Barrio El Porvenir_Planadas (V10)	AR_Mun <625	264,74	239,88	530,64	51,93	11,70
ATA_5	VTOS sector colegio Pablo Sexto_Planadas (V11)	AR_Mun <625					
ATA_5 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		367,69	295,91	743,08	66,73	13,46
ATA_6	Beneficio de Café Municipio de Ataco	ARnD - Beneficio Café	265,31	133,98	549,19	36,61	3,76
ATA_6 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		265,31	133,98	549,19	36,61	3,76
ATA_7	Beneficio de Café Municipio de Planadas	ARnD - Benefici	284,11	143,47	588,10	39,21	4,02

		o Café					
ATA_7	Vto. Centro (Frente a la escuela María Auxiliadora) (V13)	AR_Mun <625	109,66	80,76	219,80	21,51	4,84
ATA_7	Vto. Sector Pueblo Nuevo (V14)	AR_Mun <625					
ATA_7	Vto. Sector Estación de Servicio (V15)	AR_Mun <625					
ATA_7 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		393,77	224,23	807,91	60,72	8,87
ATA_8	Beneficio de Café Municipio de Planadas	ARnD - Beneficio Café	11,21	5,66	23,21	1,55	0,16
ATA_8 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		11,21	5,66	23,21	1,55	0,16
ATA_9	Beneficio de Café Municipio de Planadas	ARnD - Beneficio Café	432,05	218,18	894,34	59,62	6,12
ATA_9 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		432,05	218,18	894,34	59,62	6,12
ATA_10			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ATA_10 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ATA TOTAL	Punto para cálculo del IACAL		2653,64	1756,28	5417,69	432,99	72,05

31.1.8. Determinación de Cargas para la SZH del río Anchique, Chenche y Otros Directos al Magdalena

Las cargas aportadas en la cuenca del río Anchique, Chenche y quebradas Naturco, Guaguarco y Yaco, los cuales van a desembocar directamente a la cuenca del río Magdalena, provienen de los sectores doméstico, sacrificio animal y minería de Oro (**Figura 606**).

Para la unidad hidrográfica de análisis del río Anchique se observa que no se identifican cargas contaminantes de origen doméstico ni puntual proveniente de otros sectores usuarios (**Tabla 522** y **Tabla 523**)., es importante dar a conocer que el caudal en gran parte del cauce es bajo

Para la unidad hidrográfica de análisis del río Chenche se presenta un caudal bajo en epoca seca y en un cierto punto es receptora de agua proveniente de río Saldaña, con el fin de abastecer el distrito de riego del triángulo del sur del Tolima. En la ***Figura 607*** *se evidencian las cargas totales aportadas por los sectores, para DBO5, SST, DQO, NT y PT presentan valores bajos de carga contaminante, las cuales son aportadas por el sector doméstico; es importante tener en cuenta que durante su recorrido vierten varios centros poblados como: Castilla, chenche uno, chenche asoleado tres y el Baura. Dentro de las* ***Tabla 524*** *y*

Tabla 525 se observa que las unidades hidrográficas de análisis DIRMAG_CHENCHE_02, DIRMAG_CHENCHE_03 y DIRMAG_CHENCHE_04, no se reportan ni evidencian vertimientos con base en la información consultada (PSMV, POMCAS, TR) y los recorridos de campo, por lo cual no se registran valores de cargas aportadas a estas unidades de análisis.

*Para la quebrada Naturco se puede observar que el sector aportante de carga es el sector doméstico sobre la unidad hidrográfica de análisis (****Figura 608****,*

Tabla 526 y **Tabla 527**).

Para la quebrada Guaguarco se puede observar que el sector aportante de carga es la minería de oro, en donde el DBO5, SST, DQO, NT y PT generan un bajo aporte sobre la unidad hidrográfica de análisis (**Figura 609**, **Tabla 528** y **Tabla 529**).

Para la unidad hidrográfica de análisis de la quebrada Yaco, dentro de su recorrido no presentan centros poblados que generen aportes de carga doméstica puntual por lo cual el factor de carga se centró en el sector de minería de Oro. Es importante destacar en esta unidad confluyen 3 cuerpos de agua: quebrada. Chilirmo, quebrada. Ambalema, quebrada. Zancudo, las cuales aportan al caudal de la quebrada Yaco. En la **Figura 610**, se puede observar que los aportes totales de DBO5, SST, DQO, NT y PT, en esta unidad son bajos (**Tabla 530** y **Tabla 531**).

Para la unidad hidrológica del río Hilarco, dentro de su recorrido se encuentra el centro poblado de San Miguel, sin embargo, no se encontraron cargas puntuales de origen doméstico ni industrial, no se reportan ni evidencian vertimientos con base en la información consultada (PSMV, POMCAS, TR) y los recorridos de campo, por lo cual no se registran valores de cargas aportadas a esta unidad de análisis (**Tabla 532** y **Tabla 533**).

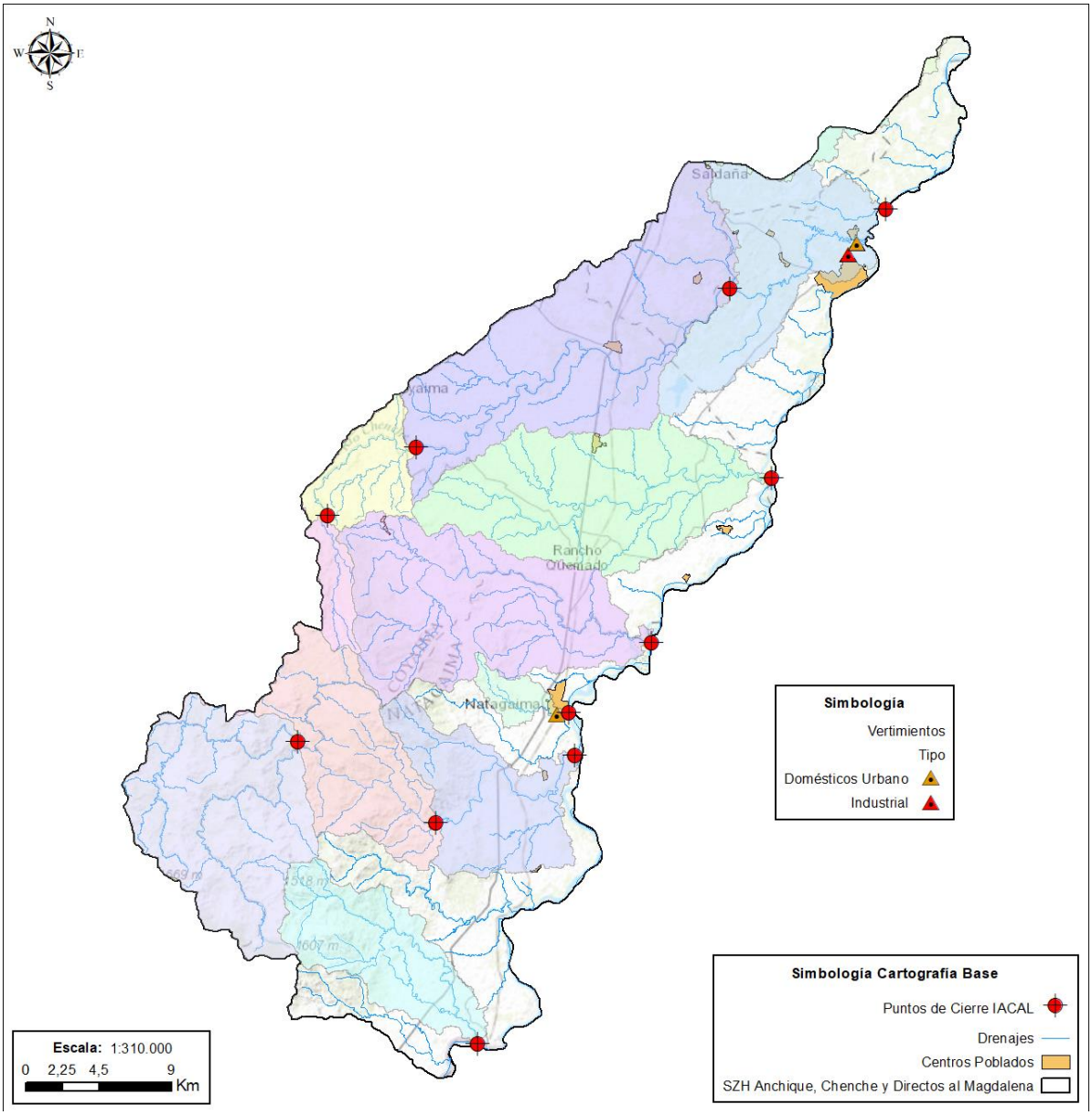


Figura 606. *Puntos para la determinación de cargas contaminantes y del IACAL para el río Anchique, Chenche y otros Directos al Magdalena*

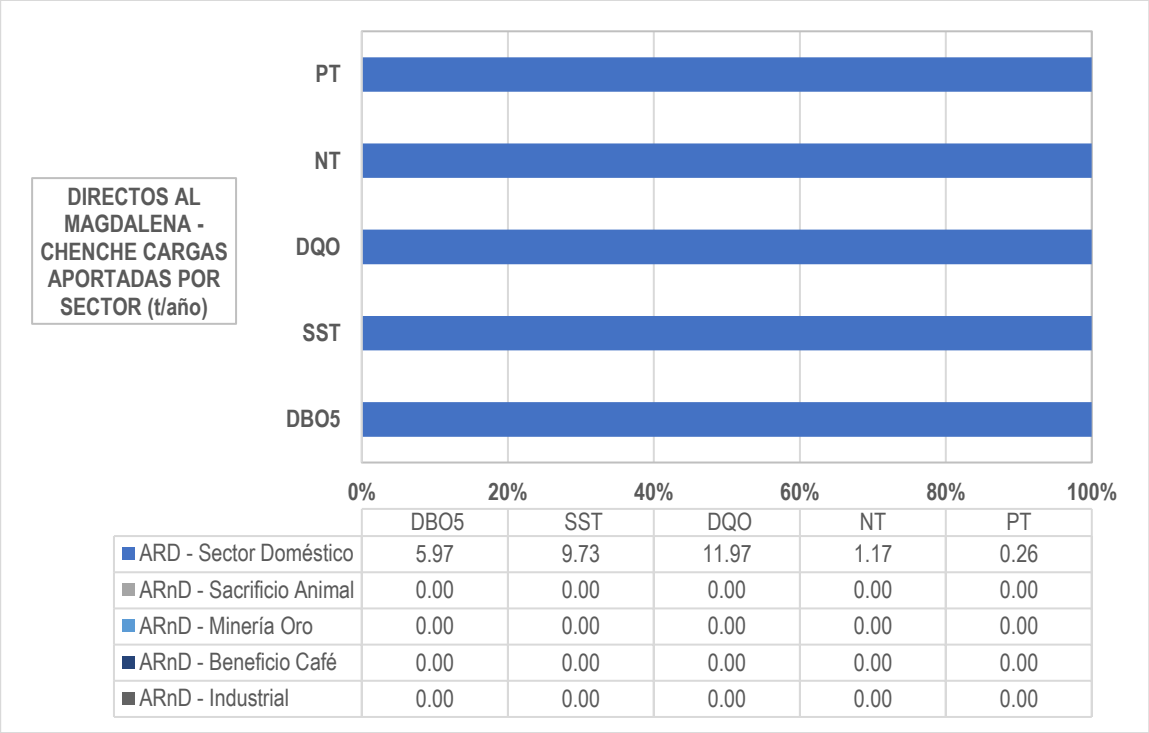
Tabla 522. *Determinación de Cargas para la Cuenca del río Anchique. Valores determinados para el año 2020*

Tramo o Unidad de Análisis	Vertimiento	Tipo de Agua Residual	Carga Actual (2020)				
			DBO_5 (t/año)	SST (t/año)	DQO (t/año)	NT (t/año)	PT (t/año)
DIRMAG_ANCHIQUE_01			0	0	0	0	0

DIRMAG_ANCHIQUE_01 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL	0	0	0	0	0
DIRMAG_ANCHIQUE_02		0	0	0	0	0
DIRMAG_ANCHIQUE_02 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL	0	0	0	0	0
DIRMAG_ANCHIQUE_03		0	0	0	0	0
DIRMAG_ANCHIQUE_03 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL	0	0	0	0	0
DIRMAG_ANCHIQUE_TOTAL	Punto para cálculo del IACAL	0	0	0	0	0

Tabla 523. *Determinación de Cargas para la Cuenca del río Anchique. Meta en Carga para el año 2020*

Tramo o Unidad de Análisis	Vertimiento	Tipo de Agua Residual	Meta en carga (2020)				
			DBO_5 (t/año)	SST (t/año)	DQO (t/año)	NT (t/año)	PT (t/año)
DIRMAG_ANCHIQUE_01			0	0	0	0	0
DIRMAG_ANCHIQUE_01 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0	0	0	0	0
DIRMAG_ANCHIQUE_02			0	0	0	0	0
DIRMAG_ANCHIQUE_02 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0	0	0	0	0
DIRMAG_ANCHIQUE_03			0	0	0	0	0
DIRMAG_ANCHIQUE_03 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0	0	0	0	0
DIRMAG_ANCHIQUE_TOTAL	Punto para cálculo del IACAL		0	0	0	0	0



	DBO5	SST	DQO	NT	PT
ARD - Sector Doméstico	5.97	9.73	11.97	1.17	0.26
ARnD - Sacrificio Animal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ARnD - Minería Oro	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ARnD - Beneficio Café	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ARnD - Industrial	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura 607. *Carga total aportada por sectores en el año 2020 para la cuenca del río Chenche*

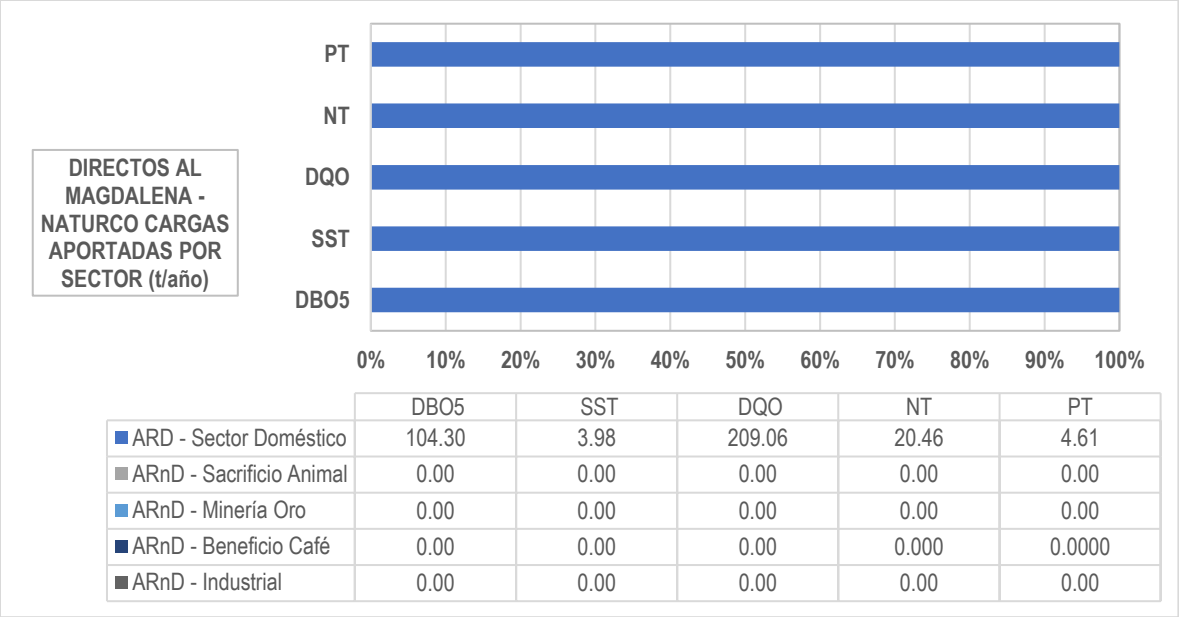
Tabla 524. *Determinación de Cargas para la Cuenca del río Chenche. Valores determinados para el año 2020*

Tramo o Unidad de Análisis	Vertimiento	Tipo de Agua Residual	Carga Actual (2020)				
			DBO_5 (t/año)	SST (t/año)	DQO (t/año)	NT (t/año)	PT (t/año)
DIRMAG_CHENCHE_01	PTAR Sector Baura – El Hobo_Purificación (PTAR 4)	AR_Mun <625	5,97	9,73	11,97	1,17	0,26
DIRMAG_CHENCHE_01	PTAR_Sector Matadero_Purificación (V7)	PBA_Purificación	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DIRMAG_CHENCHE_01 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		5,97	9,73	11,97	1,17	0,26
DIRMAG_CHENCHE_02			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DIRMAG_CHENCHE_02 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DIRMAG_CHENCHE_03			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

DIRMAG_CHENCHE_03 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DIRMAG_CHENCHE_04			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DIRMAG_CHENCHE_04 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DIRMAG_CHENCHE TOTAL	Punto para cálculo del IACAL		5,97	9,73	11,97	1,17	0,26

Tabla 525. *Determinación de Cargas para la Cuenca del río Chenche. Meta en Carga para el año 2020*

Tramo o Unidad de Análisis	Vertimiento	Tipo de Agua Residual	Meta en carga (2020)				
			DBO_5 (t/año)	SST (t/año)	DQO (t/año)	NT (t/año)	PT (t/año)
DIRMAG_CHENCHE_01	PTAR Sector Baura – El Hobo_Purificación (PTAR 4)	AR_Mun <625	36,07	26,18	72,30	7,08	1,59
DIRMAG_CHENCHE_01	PTAR_Sector Matadero_Purificación (V7)	PBA_Purificación	1,50	0,66	2,67	0,40	0,10
DIRMAG_CHENCHE_01 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		37,57	26,84	74,96	7,48	1,70
DIRMAG_CHENCHE_02			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DIRMAG_CHENCHE_02 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DIRMAG_CHENCHE_03			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DIRMAG_CHENCHE_03 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DIRMAG_CHENCHE_04			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DIRMAG_CHENCHE_04 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0	0	0	0	0
DIRMAG_CHENCHE TOTAL	Punto para cálculo del IACAL		37,57	26,84	74,96	7,48	1,70



	DBO5	SST	DQO	NT	PT
ARD - Sector Doméstico	104.30	3.98	209.06	20.46	4.61
ARnD - Sacrificio Animal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ARnD - Minería Oro	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ARnD - Beneficio Café	0.00	0.00	0.00	0.000	0.0000
ARnD - Industrial	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura 608. *Carga total aportada por sectores en el año 2020 para la quebrada Naturco*

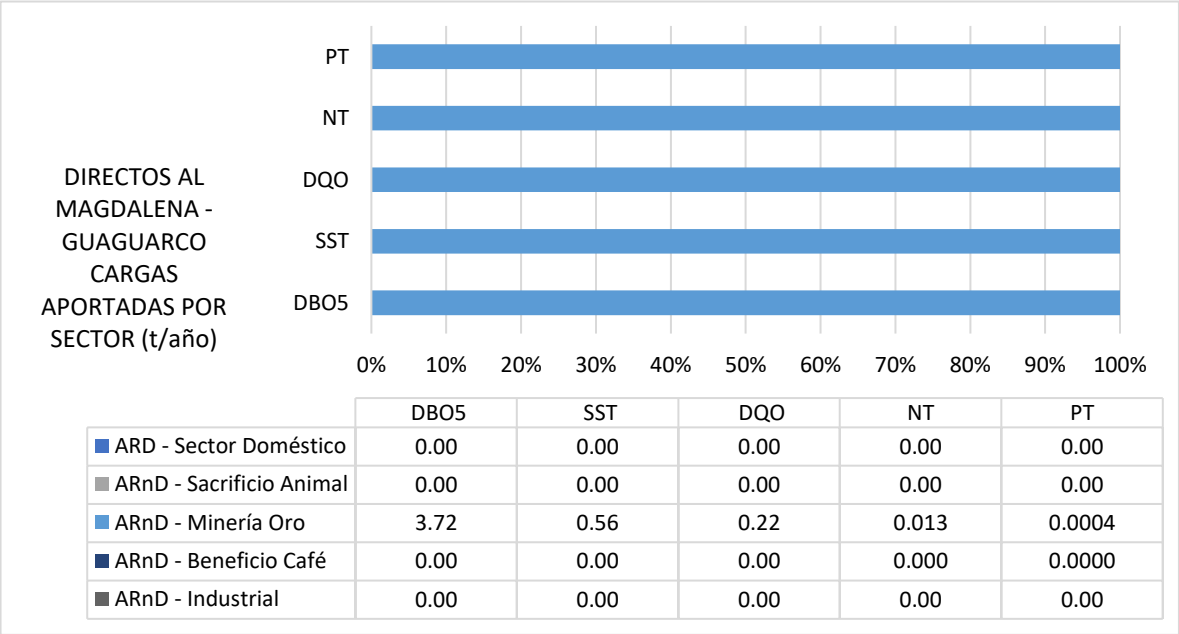
Tabla 526. *Determinación de Cargas para la quebrada Naturco. Valores determinados para el año 2020*

Tramo o Unidad de Análisis	Vertimiento	Tipo de Agua Residual	Carga Actual (2020)				
			DBO_5 (t/año)	SST (t/año)	DQO (t/año)	NT (t/año)	PT (t/año)
DIRMAG_NATURCO_01	Vto.Individual Río Magdalena_Nataga ima (V8)	AR_Mun <625	104,30	3,98	209,06	20,46	4,61
DIRMAG_NATURCO_TOTAL	Punto para cálculo del IACAL		104,30	3,98	209,06	20,46	4,61

Tabla 527. *Determinación de Cargas para la quebrada Naturco. Meta en Carga para el año 2020*

Tramo o Unidad de Análisis	Vertimiento	Tipo de Agua Residual	Meta en carga (2020)				
			DBO_5 (t/año)	SST (t/año)	DQO (t/año)	NT (t/año)	PT (t/año)
DIRMAG_NATURCO_01	Vto.Individual Río Magdalena_Nataga ima (V8)	AR_Mun <625	105,00	97,82	210,46	20,60	4,64

DIRMAG_NATURCO_TOTAL	Punto para cálculo del IACAL		105	97,82	210,46	20,60	4,64



	DBO5	SST	DQO	NT	PT
ARD - Sector Doméstico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ARnD - Sacrificio Animal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ARnD - Minería Oro	3.72	0.56	0.22	0.013	0.0004
ARnD - Beneficio Café	0.00	0.00	0.00	0.000	0.0000
ARnD - Industrial	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura 609. *Carga total aportada por sectores en el año 2020 para la quebrada Guaguarco*

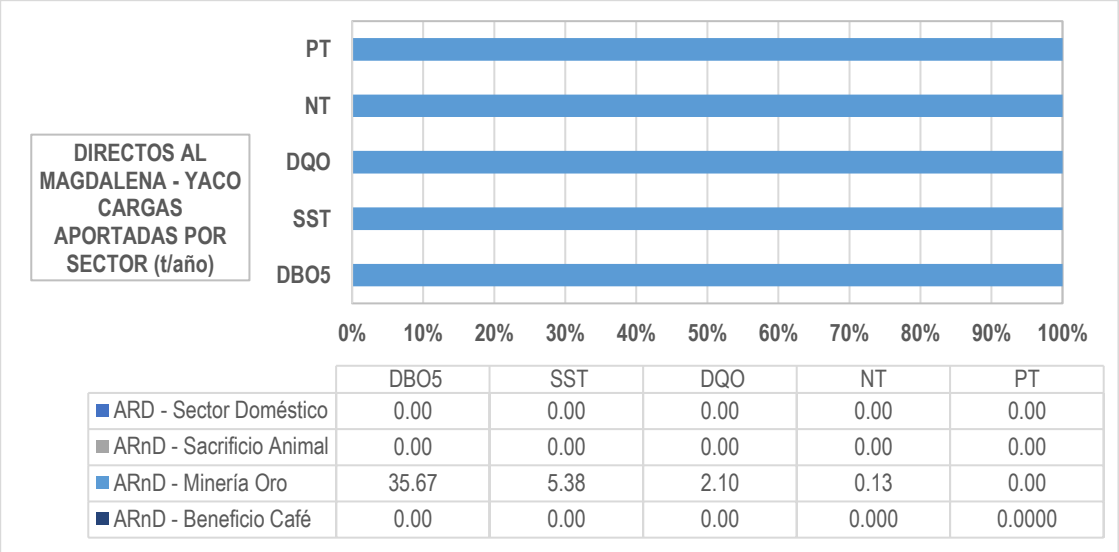
Tabla 528. *Determinación de Cargas para la quebrada Guaguarco. Valores determinados para el año 2020*

Tramo o Unidad de Análisis	Vertimiento	Tipo de Agua Residual	Carga Actual (2020)				
			DBO_5 (t/año)	SST (t/año)	DQO (t/año)	NT (t/año)	PT (t/año)
DIRMAG_GUAGUARCO_01	Minería	ARnD-Minería	3,72	0,56	0,22	0,01	0,00
DIRMAG_GUAGUARCO_TOTAL	Punto para cálculo del IACAL		3,72	0,56	0,22	0,01	0,00

Tabla 529. *Determinación de Cargas para la quebrada Guaguarco. Meta en Carga para el año 2020*

Tramo o Unidad de Análisis	Vertimient	Tipo de	Meta en carga (2020)

	o	Agua Residual	DBO_5 (t/año)	SST (t/año)	DQO (t/año)	NT (t/año)	PT (t/año)
DIRMAG_GUAGUARCO_01	Minería	ARnD-Minería	3,72	0,56	0,22	0,01	0,00
DIRMAG_GUAGUARCO_TOTAL	Punto para cálculo del IACAL		3,72	0,56	0,22	0,01	0,00



	DBO5	SST	DQO	NT	PT
ARD - Sector Doméstico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ARnD - Sacrificio Animal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ARnD - Minería Oro	35.67	5.38	2.10	0.13	0.00
ARnD - Beneficio Café	0.00	0.00	0.00	0.000	0.0000

Figura 610. *Carga total aportada por sectores en el año 2020 para la quebrada Yaco*

Tabla 530. *Determinación de Cargas para la quebrada Yaco. Valores determinados para el año 2020*

Tramo o Unidad de Análisis	Vertimiento	Tipo de Agua Residual	Carga Actual (2020)				
			DBO_5 (t/año)	SST (t/año)	DQO (t/año)	NT (t/año)	PT (t/año)
DIRMAG_YACO_01	Minería	ARnD-Minería	35,67	5,38	2,10	0,125	0,004
DIRMAG_YACO_TOTAL	Punto para cálculo del IACAL		35,67	5,38	2,10	0,125	0,004

Tabla 531. *Determinación de Cargas para la quebrada Yaco. Meta en Carga para el año 2020*

Tramo o Unidad de Análisis	Vertimiento	Tipo de Agua Residual	Carga Actual (2020)				
			DBO_5 (t/año)	SST (t/año)	DQO (t/año)	NT (t/año)	PT (t/año)
DIRMAG_YACO_01	Minería	ARnD-Minería	35,67	5,38	2,10	0,125	0,004
DIRMAG_YACO_TOTAL	Punto para cálculo del IACAL		35,67	5,38	2,10	0,125	0,004

Tabla 532. *Determinación de Cargas para la Cuenca del río Hilarco. Valores determinados para el año 2020*

Tramo o Unidad de Análisis	Vertimiento	Tipo de Agua Residual	Carga Actual (2020)				
			DBO_5 (t/año)	SST (t/año)	DQO (t/año)	NT (t/año)	PT (t/año)
DIRMAG_HILARCO_01			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DIRMAG_HILARCO_01 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DIRMAG_HILARCO_TOTAL	Punto para cálculo del IACAL		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla 533. *Determinación de Cargas para la Cuenca del río Hilarco. Meta en Carga para el año 2020*

Tramo o Unidad de Análisis	Vertimiento	Tipo de Agua Residual	Meta en carga (2020)				
			DBO_5 (t/año)	SST (t/año)	DQO (t/año)	NT (t/año)	PT (t/año)
DIRMAG_HILARCO_01			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DIRMAG_HILARCO_01 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DIRMAG_HILARCO_TOTAL	Punto para cálculo del IACAL		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

31.1.9. Determinación de Cargas para la SZH del río Patá

Las cargas aportadas en la cuenca del río Pata proviene principalmente del sector de beneficio del café, es preciso decir que se tomó solo este sector ya que dentro de la

información de línea base consolidada sobre las cargas en los PSMV y en los permisos de vertimientos, no se evidencian vertimientos puntuales significativos, por lo cual para el cálculo de cargas se tomó una estimación teniendo en cuenta las área de interés en los rendimientos de café por hectárea (**Figura 611**).

Para la **Figura 612** se observa los aportes del sector del beneficio del café sobre los parámetros del DBO5, DQO, SST, NT y PT en los cuales se evidencia que el aporte de DQO es mayor y el PT es el menor.

En las unidades PATA_01 y PATA_02, no se reportan ni evidencian vertimientos con base en la información consultada (PSMV, POMCAS, TR) y los recorridos de campo. Por lo cual no se registran valores de cargas aportadas a estas unidades de análisis.

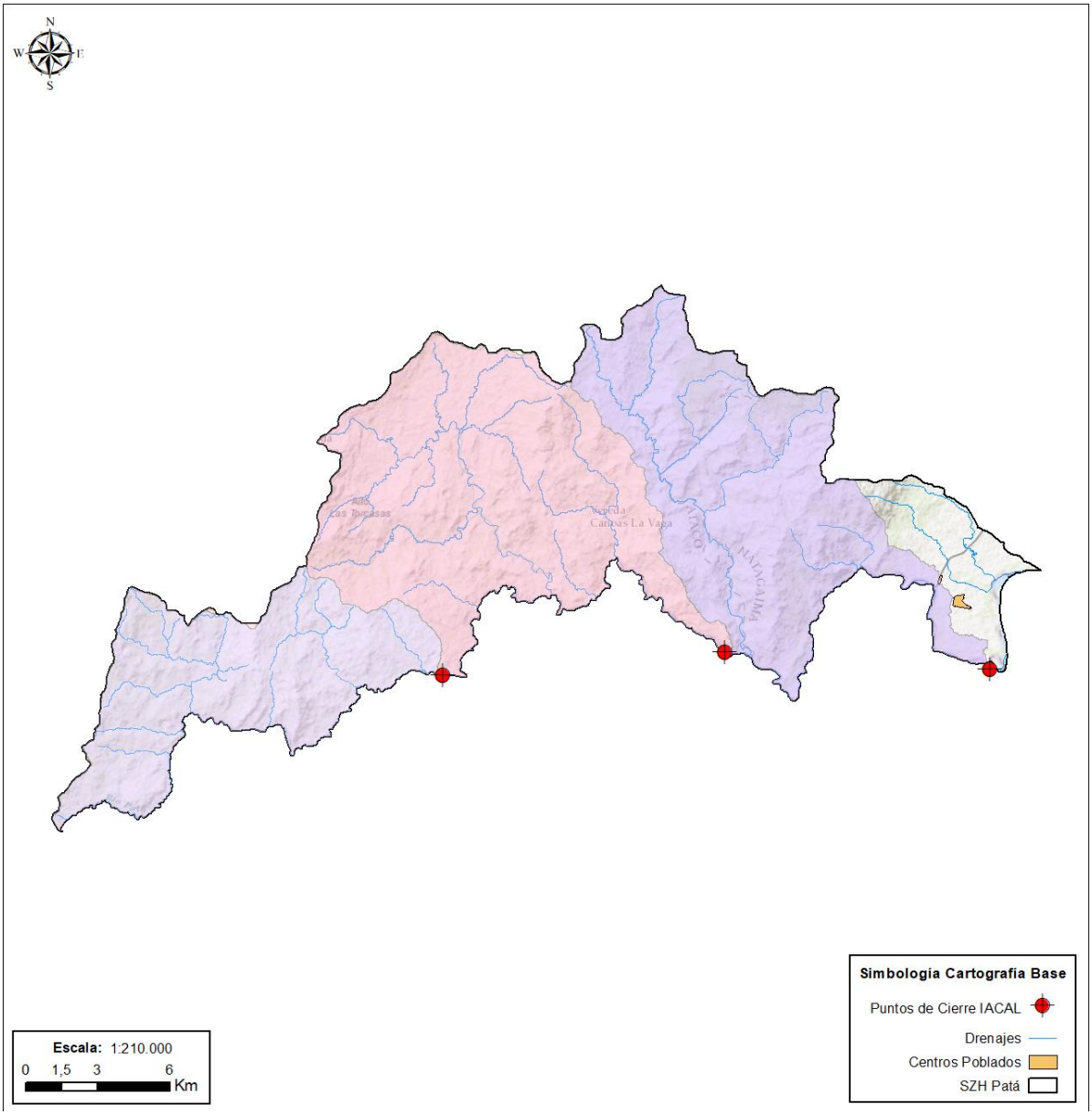
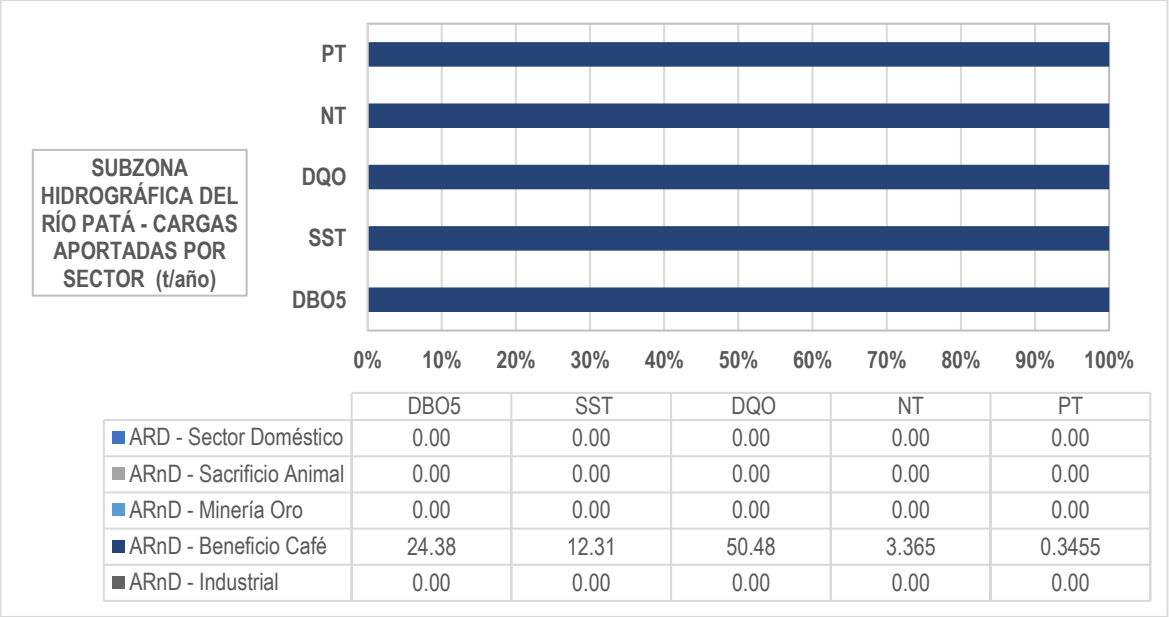


Figura 611. *Puntos para la determinación de cargas contaminantes y del IACAL para el río Patá*



	DBO5	SST	DQO	NT	PT
ARD - Sector Doméstico	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ARnD - Sacrificio Animal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ARnD - Minería Oro	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ARnD - Beneficio Café	24.38	12.31	50.48	3.365	0.3455
ARnD - Industrial	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura 612. *Carga total aportada por sectores en el año 2020 para la cuenca del río Patá*

Tabla 534. *Determinación de Cargas para la Cuenca del río Patá. Valores determinados para el año 2020*

Tramo o Unidad de Análisis	Vertimiento	Tipo de Agua Residual	Carga Actual (2020)				
			DBO_5 (t/año)	SST (t/año)	DQO (t/año)	NT (t/año)	PT (t/año)
PATA_01			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PATA_01PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PATA_02			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PATA_02 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PATA_03	Beneficio de Café	ARnD - Beneficio Café	24,38	12,31	50,48	3,37	0,35
PATA_03 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		24,38	12,31	50,48	3,37	0,35
PATA_TOTAL	Punto para cálculo del IACAL		24,38	12,31	50,48	3,37	0,35

Tabla 535. *Determinación de Cargas para la Cuenca del río Pata. Meta en cargas para el año 2020*

Tramo o Unidad de Análisis	Vertimiento	Tipo de Agua Residual	Meta en carga (2020)				
			DBO_5 (t/año)	SST (t/año)	DQO (t/año)	NT (t/año)	PT (t/año)
PATA_01			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PATA_01PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PATA_02			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PATA_02 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PATA_03	Beneficio de Café	ARnD - Beneficio Café	24,38	12,31	50,48	3,37	0,35
PATA_03 PARCIAL	Punto para cálculo del IACAL		24,38	12,31	50,48	3,37	0,35
PATA_TOTAL	Punto para cálculo del IACAL		24,38	12,31	50,48	3,37	0,35

32. Marco Conceptual para la Evaluación de la Calidad del Agua Superficial

El diagnóstico y la evaluación de la calidad del agua se fundamentan en los lineamientos para las Evaluaciones Regionales del Agua -ERA, contemplando que el modelo básico para entender el funcionamiento de los sistemas hídricos es el ciclo hidrológico y su balance de agua, donde la compleja interacción entre la atmósfera y los procesos superficiales y subsuperficiales afectan, entre otros aspectos, la calidad del agua en las diferentes Subzonas hidrográficas.

La calidad del agua se define como aquellas condiciones que deben darse en el agua para que ésta mantenga un ecosistema equilibrado y cumpla unos determinados objetivos de calidad y está definida por las características físicas, químicas, biológicas y ecológicas. (ENA 2014). En este sentido, de acuerdo con el enfoque de los Lineamientos Conceptuales y Metodológicos para las ERA (Figura 613), la calidad del agua de las nueve Subzonas Hidrográficas objeto de estudio, fueron analizadas considerando dos (2) elementos, las condiciones de calidad y los procesos de alteración potencial.

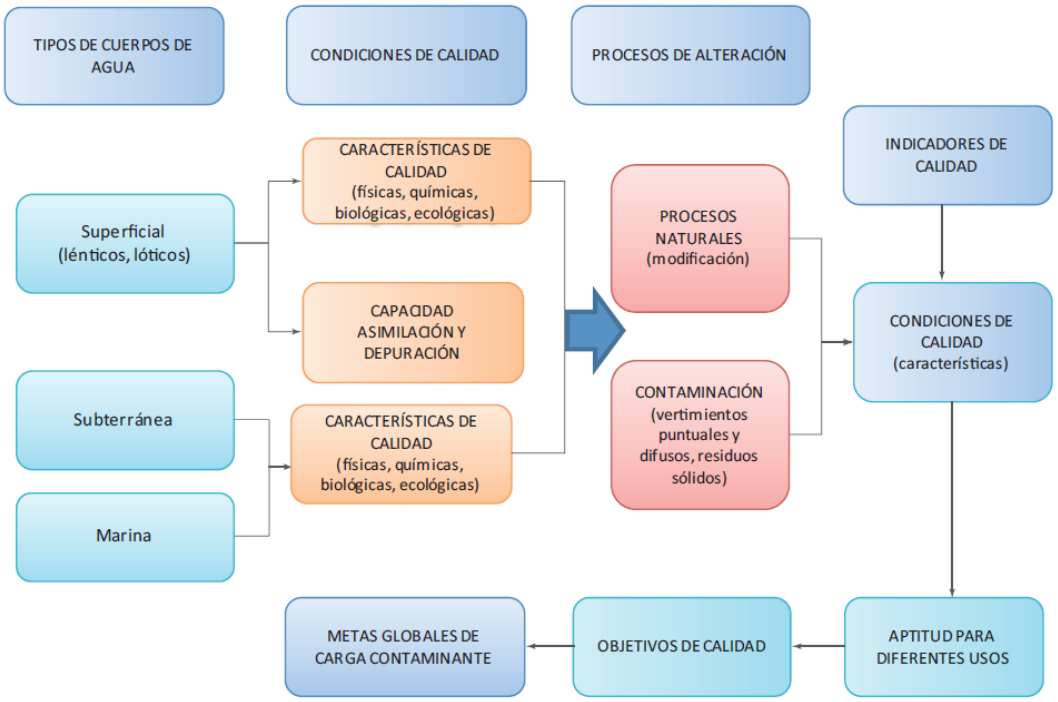


Figura 613. Modelo conceptual para la evaluación de la calidad del agua en las regiones. Fuente: IDEAM. Lineamientos Conceptuales y Metodológicos para las ERA

32.1. Procesos de Alteración – Factores de Contaminación

La calidad del agua puede verse modificada tanto por causas naturales como por factores externos, con aportes puntuales y/o difusos. Estas alteraciones tienen origen en los procesos naturales del ciclo hidrológico y su interacción con el medio natural o procesos relacionados con actividades antrópicas. La determinación de las cargas se presenta en el informe correspondiente al producto A11 del estudio.

33. Marco Metodológico para la Evaluación de la Calidad del Agua Superficial

La metodología implementada en el presente documento está fundamentada en los Lineamientos Conceptuales y Metodológicos para las Evaluaciones Regionales del Agua – ERA, establecidos por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM en el año 2013.

El desarrollo del componente metodológico se realiza en armonía con otros instrumentos existentes definidos en la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico - GIRH, que comprenden la Planificación como POMCAS, Regulación como los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos – PSMV y permisos de vertimientos; Económicos, que considera el programa de Tasas Retributivas – TR; e instrumentos de Información, como el Sistema de Información del Recurso Hídrico – SIRH.

El procedimiento para la evaluación de la calidad del agua superficial implementado en la Fase II del ERA del departamento del Tolima, comprende los siguientes aspectos (Figura 614):

- **Aprestamiento:** Se definen los tramos o unidades hídricas de análisis (UHA) de la calidad del agua, las cuales permitirán ubicar de forma organizada los puntos de monitoreo, vertimientos, captaciones, y entender el comportamiento de la calidad del agua en función de la distribución espacial en el área de estudio. Se revisa la cartografía disponible, la bibliografía y los métodos necesarios para la evaluación de la calidad del agua. Se realiza un levantamiento de la información hidrológica, de calidad del agua y del componente socioeconómico.

- **Inventario y georreferenciación de usos y usuarios:** Se realizó la ubicación georreferenciada de los usuarios del recurso, correspondientes a los registros captaciones de agua superficial y vertimientos puntuales de agua residual, obtenida a partir de la consulta de los diferentes instrumentos en la etapa de Aprestamiento. Los usos del agua considerados en los objetivos de calidad son incluidos en la cartografía.

- **Estimación de las cargas contaminantes vertidas**: A partir de los inventarios y caracterizaciones de los vertimientos, Metas de Carga Contaminantes, el uso de factores por actividad y por parámetro, se determina el aporte de carga vertida individualmente, así como el acumulado por cuencas, para los vertimientos puntuales, y para determinantes requeridos para el cálculo del Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua – IACAL.

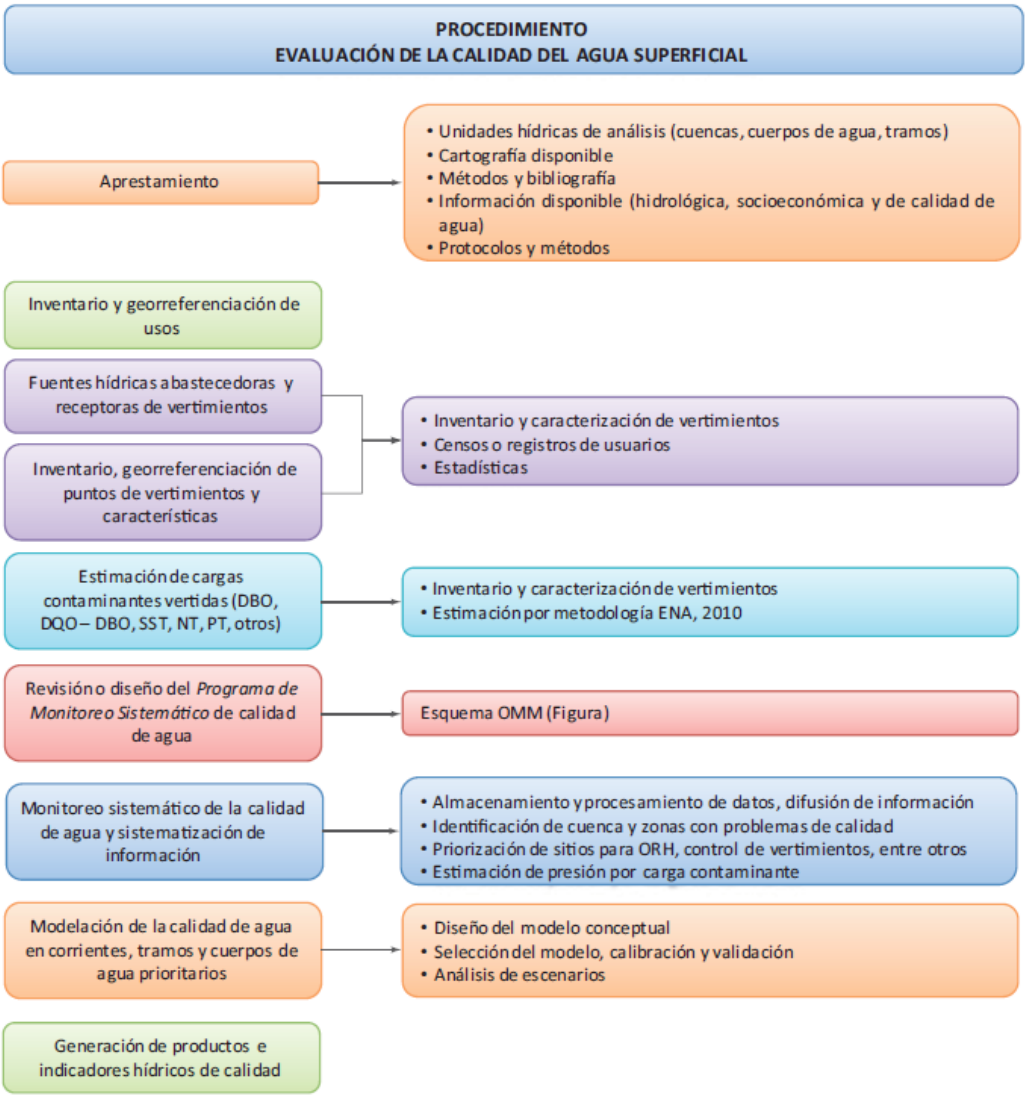


Figura 614. Procedimiento para la Evaluación de la Calidad del Agua Superficial. Fuente: IDEAM (2013). Lineamientos Conceptuales y Metodológicos para las ERA

- **Revisión o diseño del programa de monitoreo sistemático de calidad del agua**: A partir de la revisión de los puntos de monitoreos históricos, que comprenden los registros obtenidos del seguimiento realizado parte de CORTOLIMA al recurso hídrico superficial, así como de los monitoreos realizados como parte del diagnóstico de los POMCAS, se realiza una propuesta de puntos de monitoreo para determinar el estado actual de las cuencas del área de estudio, al nivel requerido por la Evaluación Regional del Agua.

- **Monitoreo sistemático de la calidad del agua y sistematización de la Información**: Se realizan campañas de monitoreo entre los años 2022 y 2023, para medir las características de las aguas superficiales, así como de aguas residuales en las nueve (9) cuencas objeto del presente estudio. A partir de los resultados se presenta un diagnóstico del estado histórico y actual de la calidad del agua, y se identifican las cuencas o zonas con problemas de calidad.

- **Análisis de Escenarios Tendenciales**: Con el fin de establecer posibles condiciones de presión sobre los cuerpos de agua superficial, se considera para ello dentro del cálculo del IACAL, un escenario con la carga definida como meta para el año 2020 (condición proyectada en el Acuerdo CORTOLIMA No. 013 de 2018, en un segundo escenario se tomará la carga aportada por los usuarios, registrada en el seguimiento a las metas en carga para el año 2020.

33.1. Aprestamiento

33.1.1. Definición del horizonte espacial para el análisis de la calidad del agua

La Fase II del Estudio Regional del Agua en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Tolima - CORTOLIMA, contempla nueve (9) cuencas de corrientes hídricas que drenan directamente al río Saldaña y Magdalena. Estas subzonas se ubican en la zona Sur del área de jurisdicción de la Corporación, tal como se presenta en la Figura 615 de acuerdo con la codificación del IDEAM.

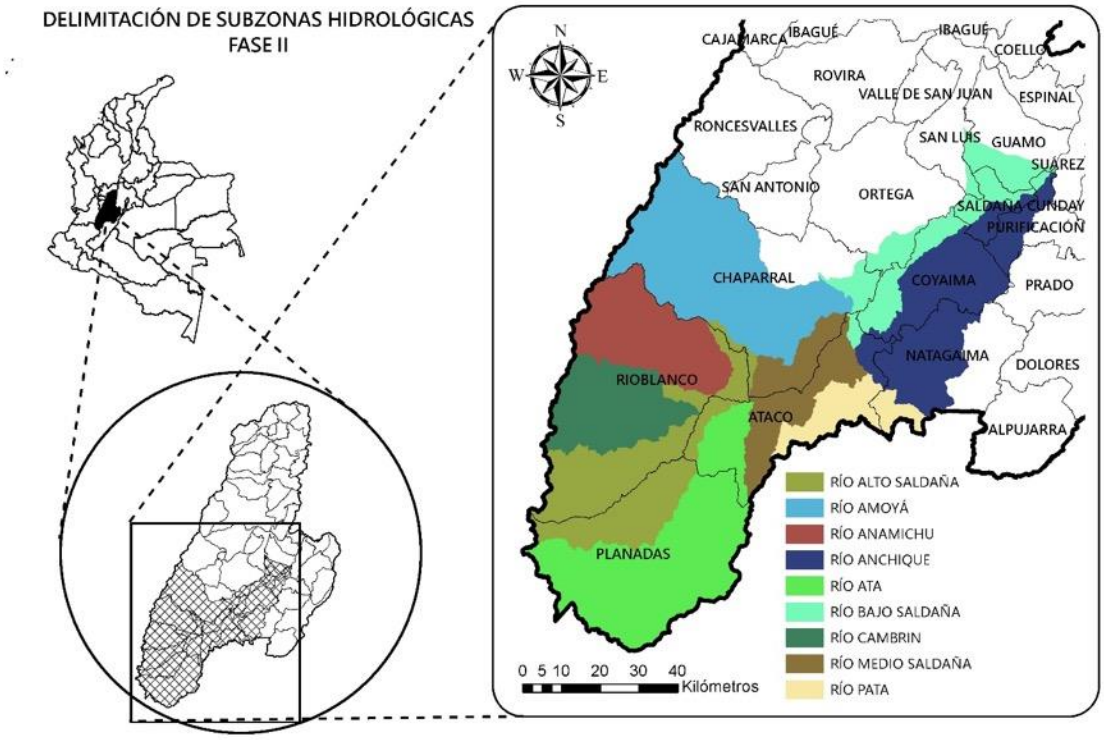


Figura 615. Ubicación de las subzonas hidrográficas objeto de estudio

Siguiendo la codificación de cuencas de orden menor, en la zona de estudio se cuenta con 157 cuencas y en relación con la distribución político administrativa, el área de estudio se ubica sobre 09 municipios. La distribución de Cuencas, Subzonas Hidrográficas - SZH y microcuencas, se presentan en la Tabla 536.

Tabla 536. Relación de Cuencas en la Zona de estudio.

Nombre del Municipio	Sub Zonas Hidrográficas	Número de Unidades de análisis
Planadas, Rioblanco, Ataco Chaparral	Río Alto Saldaña	10
Chaparral	Río Amoyá	12
Rioblanco	Río Anamichú	07
Natagaima, Coyaima, Ataco, Purificación, Saldaña	Río Anchique, Río chenche y otros directos al Magdalena	11
Planadas, Ataco	Río Ata	10
Chaparral, Natagaima, Coyaima, Saldaña, Guamo	Río Bajo Saldaña	09
Rioblanco	Río Cambrín	05

Ataco, Chaparral	Río Medio Saldaña	06
Ataco, Natagaima	Río Pata	03

La evaluación del estado de calidad del agua se realiza en cuerpos de agua o en parte de ellos. Por medio de los muestreos y análisis de determinantes físico-químicos y biológicos se evalúa la calidad en los sitios y momentos específicos donde se realizan. Si el muestreo es sistemático y frecuente, es decir, si se realiza monitoreo, se puede conocer la variación temporal de la calidad en los sitios monitoreados. La calidad del agua varía relativamente rápido en el espacio y en el tiempo; de acuerdo con el Informe Nacional de la Calidad del Agua para el consumo humano – INCA 2017 (Minsalud 2019), el Índice de Riesgo de la Calidad de Agua para Consumo Humano (IRCA) mediante el cual se mide el grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas que requiere el agua para consumo humano, establece que el departamento del Tolima presentó un grado de riesgo medio, el cual según la Resolución No. 2115 de 2007 expedida por el o los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, artículo 15 indica que el agua no es apta para consumo humano (RAR-CST, ANLA,2021). Espacialmente es modificada por la localización de los vertimientos y los procesos de asimilación de los contaminantes, así como por los flujos de los afluentes (Lineamientos ERA, 2013).

De acuerdo con los lineamientos del IDEAM, se deben definir tramos o Unidades Hídricas de Análisis (UHA), que pueden corresponder a cuencas, cuerpos de agua, tramos, etc., para lo cual se consideraron los siguientes aspectos:

- División de cuerpos de agua en función del ingreso de corrientes secundarias de importancia.
- Ingreso de vertimientos directamente en la corriente de estudio o indirectamente, a través de otros cuerpos de agua.
- Trasvases.
- Distritos de Riego.
- Presencia de cascos urbanos o centros poblados que pudieran tener influencia en la calidad del agua superficial.
- De forma general, se han considerado las unidades de análisis del componente hidrológico, creando subdivisiones para analizar la presión o calidad del agua en tramos más cortos de interés, o en cuerpos de agua tributarios que presentan condiciones de interés, por ejemplo, la presencia de vertimientos con carga representativa.

A continuación, se presentan las tablas con las unidades de análisis por cada una de las nueve (9) subonas hidrográficas objeto de estudio, indicando el inicio y final de cada unidad.

33.1.1.1. Unidades de análisis de la calidad del agua para la Cuenca del río Alto Saldaña.

En la Figura 616 se presentan las unidades hídricas de análisis de calidad del agua para la cuenca del río Alto Saldañ, las cuales se ubican en diez (10) cuerpos de agua superficial.

33.1.1.2. Unidades de análisis de la calidad del agua para la Cuenca del río Amoyá

En la Figura 616 se presentan las unidades hídricas de análisis de calidad del agua para la cuenca del río Amoyá, las cuales se ubican en doce (12) cuerpos de agua superficial.

33.1.1.3. Unidades de análisis de la calidad del agua para la Cuenca del río Anamichú

En la Figura 616 se presentan las unidades hídricas de análisis de calidad del agua para la cuenca del río Anamichú, las cuales se ubican en siete (7) cuerpos de agua superficial.

33.1.1.4. Unidades de análisis de la calidad del agua para la Cuenca de los ríos Anchique, río chenche y otros directos al Magdalena

En la Figura 616 se presentan las unidades hídricas de análisis de calidad del agua para la cuenca de los ríos Anchique, río chenche y otros directos al Magdalena, las cuales se ubican en once (11) cuerpos de agua superficial.

33.1.1.5. Tramos y Sectores para el análisis de la calidad del agua para la Cuenca del río Atá

En la *Figura 616* se presentan las unidades hídricas de análisis de calidad del agua para la cuenca del río Anchique, las cuales se ubican en diez (10) cuerpos de agua superficial.

33.1.1.6. Unidades de análisis de la calidad del agua para la Cuenca del río Bajo Saldaña

En la Figura 616 se presentan las unidades hídricas de análisis de calidad del agua para la cuenca del río Atá, las cuales se ubican en nueve (9) cuerpos de agua superficial.

33.1.1.7. Unidades de análisis de la calidad del agua para la Cuenca del río Cambrín

En la Figura 616 se presentan las unidades hídricas de análisis de calidad del agua para la cuenca del río Cambrín, las cuales se ubican en cinco (5) cuerpos de agua superficial.

33.1.1.8. Unidades de análisis de la calidad del agua para la Cuenca del río Medio Saldaña

En la Figura 616 se presentan las unidades hídricas de análisis de calidad del agua para la cuenca del río Medio saldaña, las cuales se ubican en seis (6) cuerpos de agua superficial.

33.1.1.9. Unidades de análisis de la calidad del agua para la Cuenca del río Patá.

En la Figura 616 se presentan las unidades hídricas de análisis de calidad del agua para la cuenca del río Medio Pata, las cuales se ubican en Tres (3) cuerpos de agua superficial.

33.2. Revisión y Diseño de la Red de Monitoreo de Calidad del agua

A continuación, se presenta la descripción de los elementos técnicos, que permiten definir la cantidad y ubicación de los puntos de monitoreo, necesarios para la caracterización del estado actual de la calidad del agua. Se destaca la revisión de información secundaria, condiciones de acceso y las características de las corrientes. Para este ejercicio se tuvo en cuenta las recomendaciones de la Guía de prácticas hidrológicas de la Organización Meteorológica Mundial (Vol. 1de la OMM-Nº 168), en donde se indica que, un buen control de la calidad del agua dependerá de la ubicación de los puntos de monitoreo (Mundial, 1994).

Para la definición de la ubicación de la red de monitoreo, se optó por una estrategia que permita determinar a escala regional las características actuales del cuerpo de agua, a través de los reportes de laboratorio, así como el cálculo del ICA para cada una de las cuencas de interés. Adicionalmente, con motivo de obtener información primaria de las características de las aguas residuales provenientes de las actividades más representativas, se incluyeron puntos de medición en aguas residuales provenientes del servicio público

Los puntos definidos permiten conocer las características de calidad del agua en tramos y sectores de los diferentes cuerpos de agua, la presión por vertimientos y las condiciones del agua captada para diferentes acueductos municipales y veredales de interés.

Entendiendo de esta forma la escala a la que se realizará la caracterización de la zona de estudio, a continuación, se presentan los principales criterios que se tuvieron en cuenta para la definición de los puntos de monitoreo.

- Puntos de cierre de las corrientes principales y algunos afluentes de mayor importancia en las cuencas de interés.
- Puntos de monitoreo en las zonas altas de algunas corrientes, como referentes de zonas con baja intervención antrópica.
- Captaciones de agua destinadas al consumo humano y doméstico (previo tratamiento) de sistemas de abastecimiento municipal o de centros poblados.
- Antes y/o después de derivaciones de agua para distritos de riego o trasvases.
- Puntos de monitoreo históricos medidos por CORTOLIMA o incluidos en los POMCAS de las diferentes cuencas.
- Aguas arriba y aguas abajo de la influencia de cascos urbanos de municipios o de sus centros poblados.
- Cambios morfométricos en el cauce de las principales corrientes.
- Según la Resolución 4316 (04 diciembre,2019) "Priorización Para adelantar los Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico - PORH en la Jurisdicción del Departamento del Tolima", en donde los priorizados fueron: río Amoyá, río Bajo Saldaña, Río Chenche, quebrada La palmita y río Blanco.
- Según el Acuerdo 014 (14 de Noviemnre,2017) "Por medio del cual se actualiza la priorización de ordenación de Subzonas (cuencas) hidrográficas en el departamento del Tolima y se dictan otras disposiciones", en donde las priorizadas fueron: SZH rio Amoyá, SZH rio Ata, SZH alto Saldaña, SZH alto Saldaña, SZH alto Saldaña, SZH medio Saldaña, SZH bajo Saldaña, SZH rio Aipe, R10 Chenche y otros directos al Magdalena (rio Pata- NSS), SZH rio Aipe, RIO Chenche y otros directos al Magdalena.

- Según la Resolución 805 (31 de Julio, 2006) define el objetivo de la calidad de la corriente, tramo o cuerpo de agua receptor y por lo tanto, se hace necesario expedir un acto administrativo con el cual la Autoridad Ambiental Competente defina los objetivos y criterios de la calidad de la corriente, tramo o cuerpo receptor; de las cuales solo se tomaron los siguientes tramos ya que son de importancia para la evaluación en esta fase 2: Nacimiento del Río Atá- C.U Planadas T-1; Río Ata C.U Planadas- Desembocadura R. Saldaña T-2.

A continuación, se presentan los resultados de los puntos de monitoreo definidos para la caracterización del estado actual de la calidad del agua y de las presiones en las cuencas de estudio. En total se establecieron 122 puntos de monitoreo sobre agua superficial, agua subterránea, fuentes abastecedoras de acueductos y sobre vertimientos.

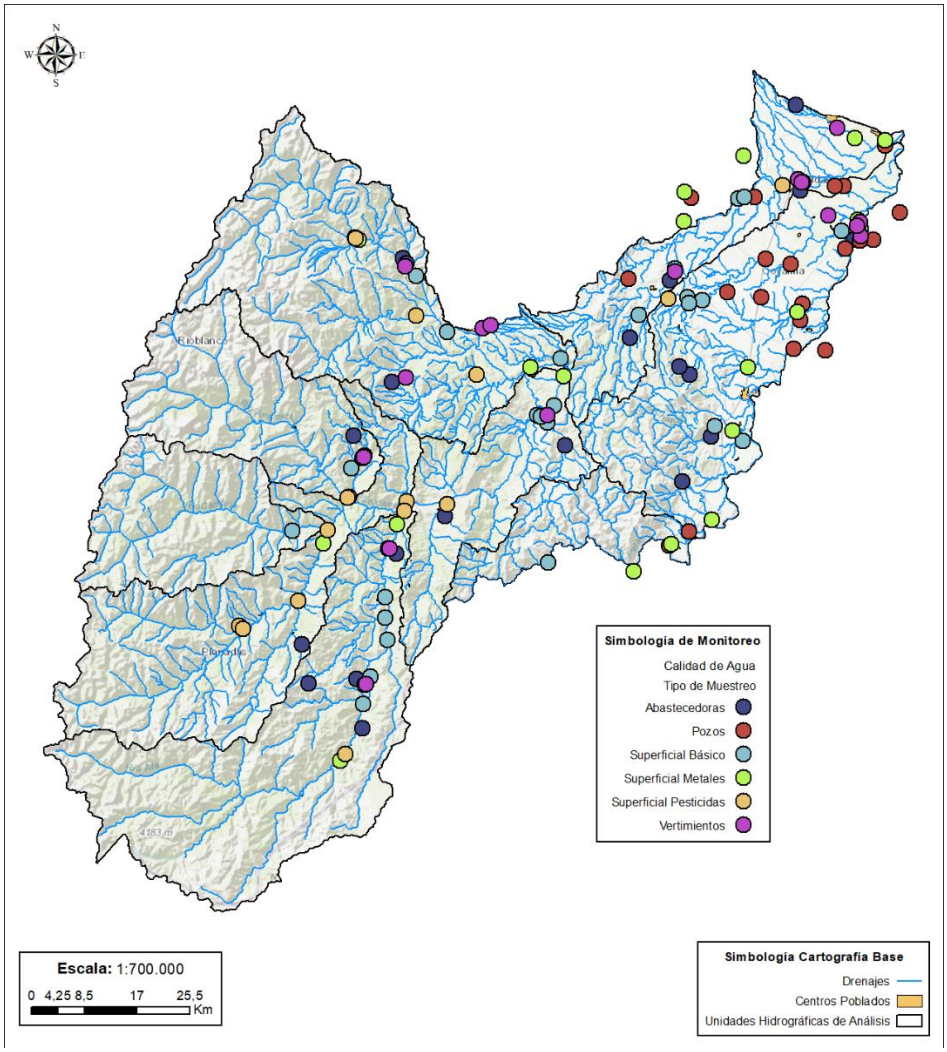


Figura 616. Ubicación puntos de monitoreo de calidad de agua en la ERA Fase II

33.2.1. Definición de la red de Monitoreo de Calidad del agua Superficial para la SZH Alto Saldaña.

Para la ubicación de los 7 puntos de monitoreo definidos para la cuenca del río Alto Saldaña, se tuvo en cuenta la ubicación de los puntos de monitoreo históricos relacionados. Se incluyeron puntos que permitirán conocer las condiciones de calidad de agua de los ríos que abastecen a diferentes municipios y actividades económicas de importancia para el departamento. En la Tabla 537 se presentan los puntos definidos para esta cuenca, en la Figura 617 se presenta la distribución espacial de los puntos de monitoreo y de igual forma en la Figura 618 se presenta por medio de un esquema la distribución de los monitoreos en la SZH, en donde se ve los tipos de monitoreo a realizar.

Tabla 537. Puntos de Monitoreo definido para la Cuenca del río Alto Saldaña

ID ERA	Observaciones	Latitud	Longitud	Tipo de Punto	Elevacion	Municipio	Vereda
C_ASAL_3	ASOC. DE USUAR DEL ACUED. CORREG. BILBAO/PLANADAS	3.25973	-75.73267	Abastecedoras	2045.03	PLANADAS	CRISTALINA
C_ASAL_5	Río Saldaña aar confl. río Cambrín	3.40601	-75.70225	Superficial Metales	866.768	RIOBLANCO	EL PLACER
C_ASAL_1	Río Hereje aar CP Herrera	3.28556	-75.82417	Superficial Pesticidas	1562.29	RIOBLANCO	LOS CRISTALES
C_ASAL_2	Río Saldaña aar CP Herrera	3.28160	-75.81888	Superficial Pesticidas	1555.29	RIOBLANCO	LOS CRISTALES
C_ASAL_4	Río Siquila aar conf. río Saldaña	3.32196	-75.73837	Superficial Pesticidas	1200.1	PLANADAS	SAN JORGE
C_ASAL_6	Río Mendarco aar confl. río Saldaña	3.46774	-75.58222	Superficial Pesticidas	597.333	RIOBLANCO	LA MESA PALMICHAL
C_ASAL_7	Río Saldaña aar confl. río Atá	3.45331	-75.58583	Superficial Pesticidas	601.343	ATACO	LA ENSILLADA

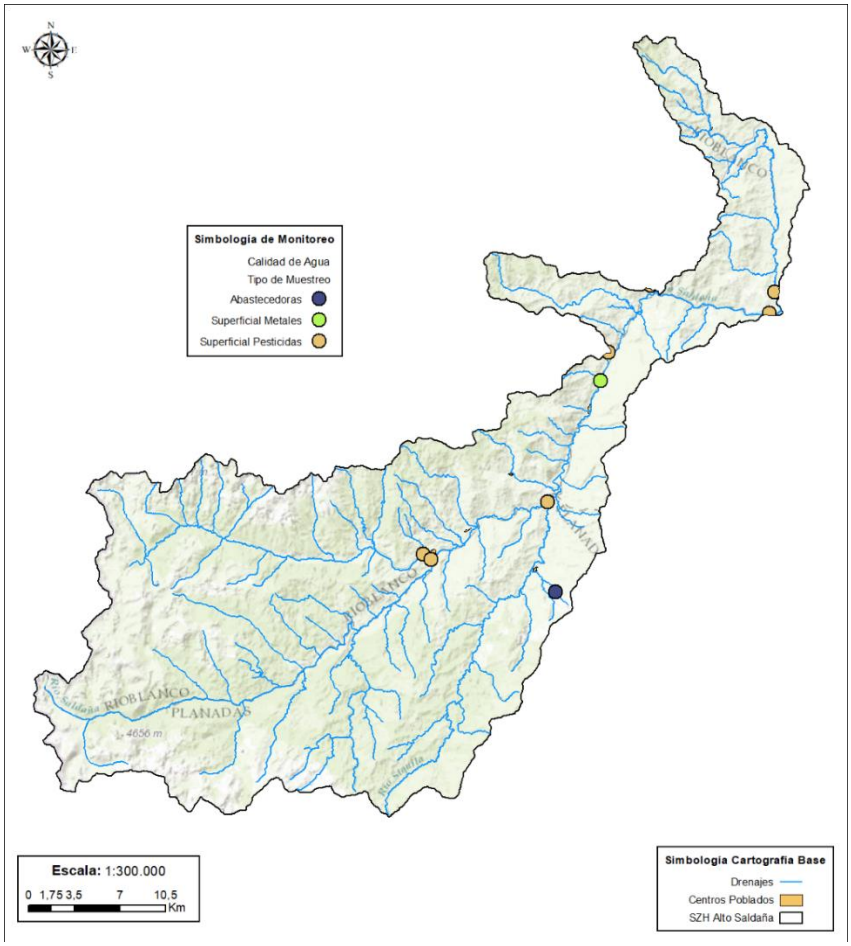


Figura 617. Ubicación puntos de monitoreo sobre la cuenca del río Alto Saldaña

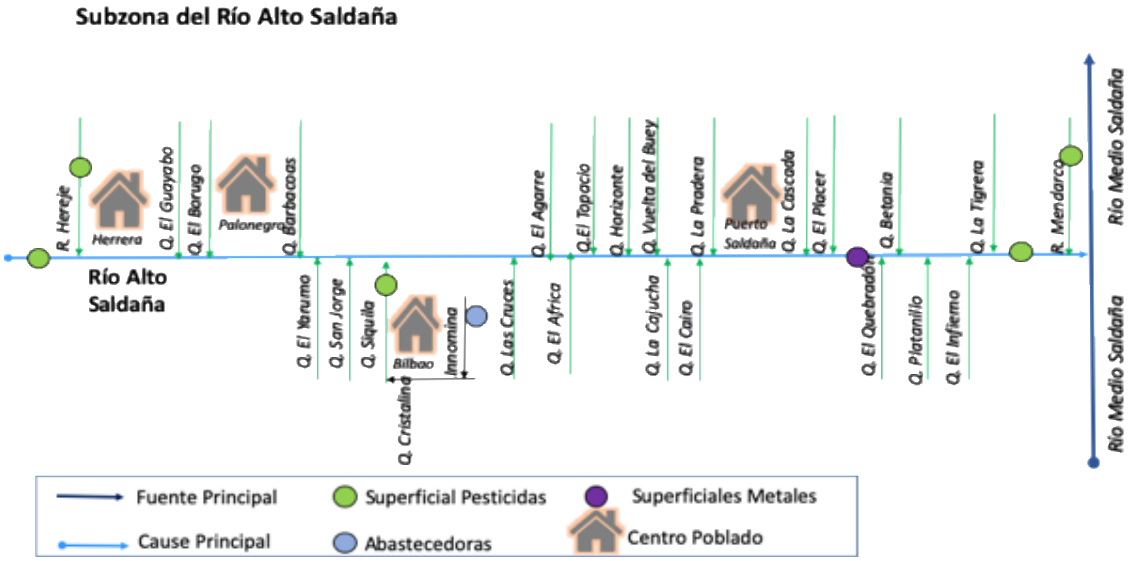


Figura 618. Esquema de Ubicación puntos de monitoreo sobre la cuenca del río Alto Saldaña

33.2.2. Definición de la red de Monitoreo de Calidad del agua Superficial para la Cuenca del río Amoyá

Para la ubicación de los 15 puntos de monitoreo de la cuenca del río Amoyá, fue necesario reconocer las condiciones de calidad de agua ya que aab de C.P de El Saldo en donde se une el río Amoyá con el río El Davis a 60 m, se genera captación por parte de la hidroeléctrica de ISAGEN a 80 de la unión de estos ríos, luego a los 150 m aab de los centros poblados, en la vereda la Virginia este vuelve al cauce principal. En la Tabla 538 se presentan los puntos definidos para esta cuenca, en la Figura 619 se presenta la distribución espacial de los puntos de monitoreo y en la Figura 620 se presenta el esquema de ubicación espacial de los puntos de monitoreo sobre SZH.

Tabla 538. Puntos de Monitoreo para la Cuenca del río Amoyá

ID ERA	Observaciones	Latitud	Longitud	Tipo de Punto	Elevacion	Municipio	Vereda
C_AMOY_9	ASOC. USUAR. ACUED. RURAL EL LIMON/CHAPARRAL	3.64122	-75.60444	Abastecedoras	1143.01	CHAPARRAL	LA GLORIETA
C_AMOY_4	ACUEDUCTO MPAL CHAPARRAL - EMPOCHAPARRAL	3.82072	-75.58861	Abastecedoras	1082.04	CHAPARRAL	VEGA CHIQUITA
C_AMOY_5	ACUEDUCTO MPAL CHAPARRAL - EMPOCHAPARRAL	3.81364	-75.58356	Abastecedoras	1202.04	CHAPARRAL	AGUA BONITA
C_AMOY_11	Río Amoyá - Captación acueducto Chaparral	3.71389	-75.52444	Superficial Básico	702.681	CHAPARRAL	MESA DE AGUAYO
C_AMOY_16	Quebrada El Neme aar confl. río Amoyá	3.67623	-75.35963	Superficial Básico	427.721	CHAPARRAL	AMOYA
C_AMOY_7	Río Amoyá Vega Chiquita	3.79509	-75.56942	Superficial Básico	977.615	CHAPARRAL	LA CIMARRONA BAJA
C_AMOY_3	Río Amoyá aab CH Isagen	3.84787	-75.65251	Superficial Metales	1462.14	CHAPARRAL	EL DAVIS
C_AMOY_15	Río Amoyá aar confl río Saldaña	3.66284	-75.40322	Superficial Metales	464.079	CHAPARRAL	AMOYA
C_AMOY_1	Río Amoyá CP El Salado (aar HE Isagen)	3.85139	-75.65861	Superficial Pesticidas	1505.14	CHAPARRAL	EL ESCOBAL
C_AMOY_2	Río El Davis aar confl. río Amoyá	3.84974	-75.65700	Superficial Pesticidas	1500.14	CHAPARRAL	EL DAVIS
C_AMOY_8	Río Ambeima aar confl. río Amoyá	3.73718	-75.56932	Superficial Pesticidas	873.354	CHAPARRAL	ESPIRITU SANTO ALBANIA
C_AMOY_12	Qebrada Tuliní aar confl. río Amoyá	3.65198	-75.48198	Superficial Pesticidas	582.722	CHAPARRAL	COPETE DELICIAS
C_AMOY_10	Vto. PTAR El Limón. CP EL LIMON	3.64798	-75.58367	Vertimientos	941.435	CHAPARRAL	EL PARAISO
C_AMOY_6	SALIDA PTARD OFICINAS CAMPAMENTO PRINCIPAL ISAGEN	3.80972	-75.58536	Vertimientos	1045.04	CHAPARRAL	VEGA CHIQUITA
C_AMOY_14	PTAR Santa Helena - CHAPARRAL	3.72358	-75.46103	Vertimientos	787.997	CHAPARRAL	TAPIAS

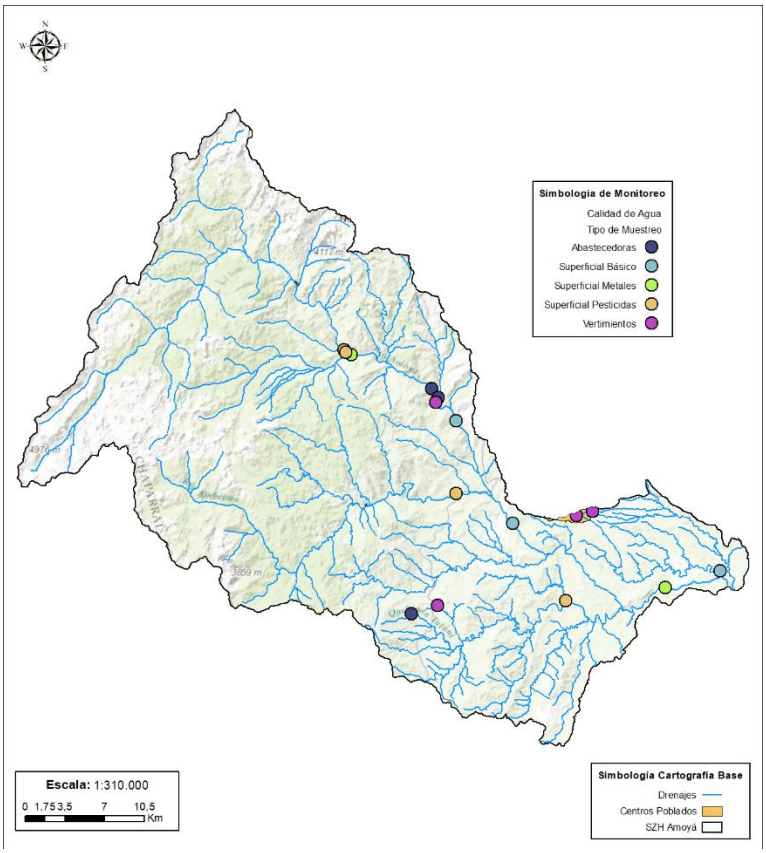


Figura 619. Ubicación puntos de monitoreo sobre la cuenca del río Amoyá

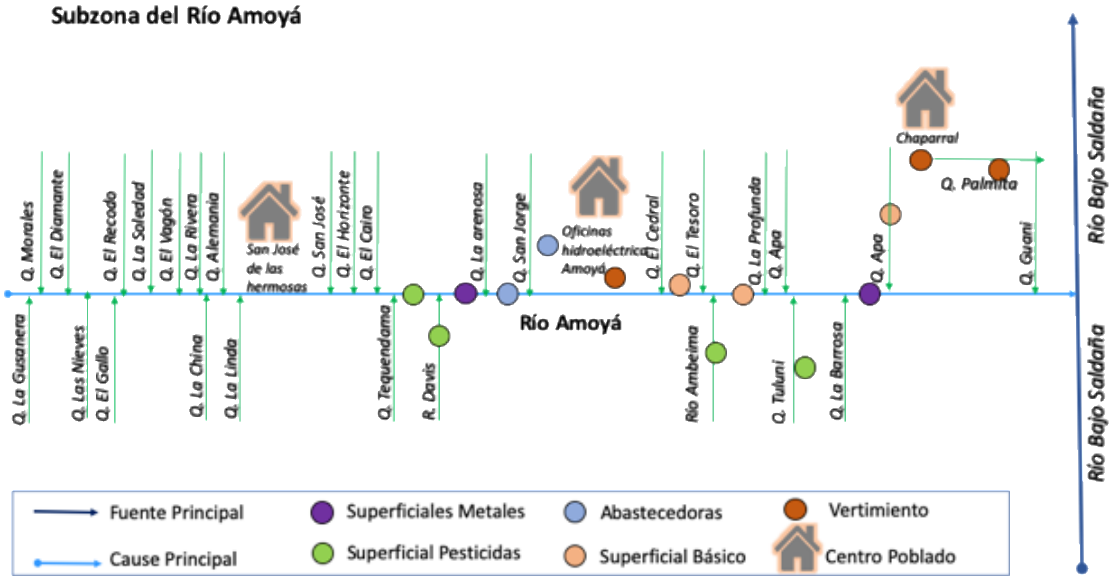


Figura 620 Esquema de Ubicación puntos de monitoreo sobre la cuenca del río Amoyá

33.2.3. Definición de la red de Monitoreo de Calidad del agua Superficial para la Cuenca del río Anamichú

Para la ubicación de los 7 puntos de monitoreo de la cuenca del río Anamichú, se relacionaron los monitoreos históricos y los monitoreos realizados en el marco del Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del río Anamichú.

Como aspecto adicional, se incluyeron puntos que permiten conocer las condiciones de calidad de agua de los drenajes que abastecen a diferentes centros poblados y abastecen diferentes actividades económicas de importancia. En la Tabla 539 se presentan los puntos definidos para esta cuenca, en la Figura 621 se presenta la distribución espacial de los puntos de monitoreo y en la Figura 622 el diagrama de ubicación de los puntos de monitoreo sobre SZH.

Tabla 539. Puntos de Monitoreo para la Cuenca del río Anamichú

ID ERA	Observaciones	Latitud	Longitud	Tipo de Punto	Elevacion	Municipio	Vereda
C_ANAM_1	ACUEDUCTO MUNICIPAL RIOBLANCO	3.5626	-75.6598	Abastecedoras	1627.16	RIOBLANCO	QUEBRADON
C_ANAM_5	Río Blanco aab CP Rioblanco	3.5161	-75.6620	Superficial Básico	887.117	RIOBLANCO	CHELE
C_ANAM_6	Río Blanco aar confl. río Anamichú	3.4735	-75.6659	Superficial Pesticidas	748.316	RIOBLANCO	BOCAS DE RIOBLANCO
C_ANAM_7	Río Anamichú aar confl. río Blanco	3.4723	-75.6675	Superficial Pesticidas	730.386	RIOBLANCO	SAN FRANCISCO
C_ANAM_2	Río Blanco aar CP Rioblanco	3.5343	-75.6428	Superficial Pesticidas	1028.79	RIOBLANCO	SAN JORGE
C_ANAM_4	VERTIMIENTO A.R.D BARRIO LA ESPERANZA - RIOBLANCO	3.5311	-75.6462	Vertimientos	1023.39	RIO BLANCO	RIO BLANCO
C_ANAM_3	San José Parte Baja 2 - RIOBLANCO	3.5314	-75.6443	Vertimientos	1014.79	RIO BLANCO	RIO BLANCO

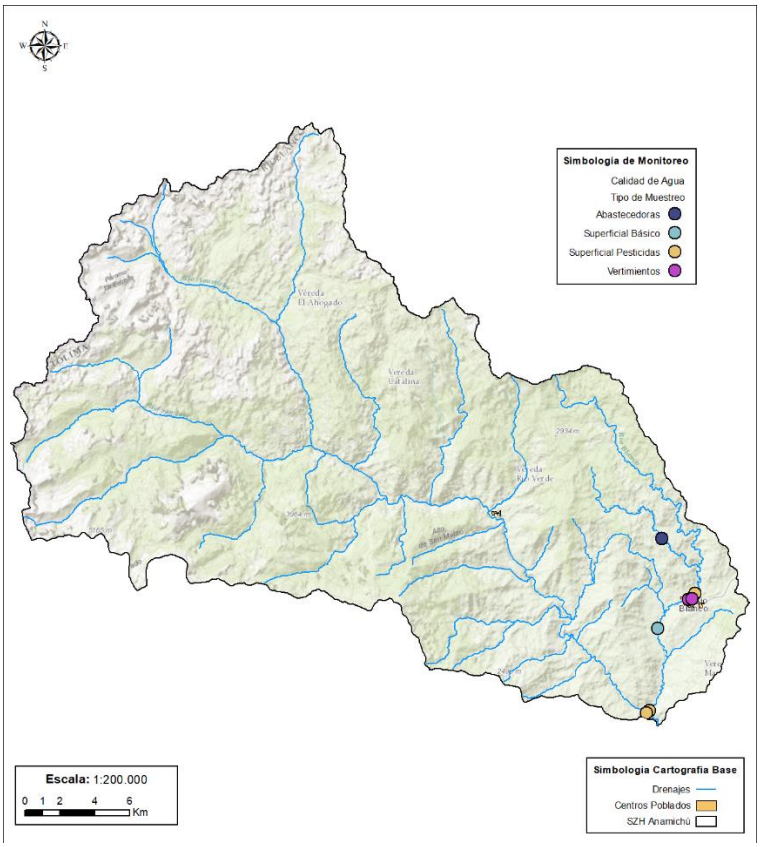


Figura 621. Ubicación puntos de monitoreo sobre la cuenca del río Anamichú

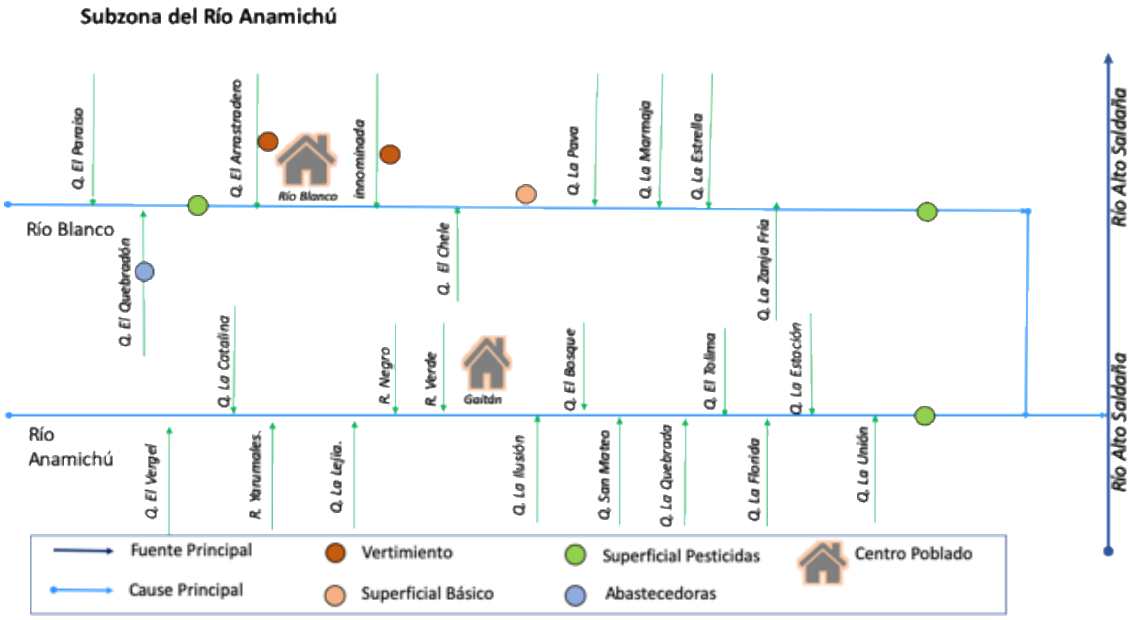


Figura 622. Diagrama de Ubicación puntos de monitoreo sobre la cuenca del río Anamichú

33.2.4. Definición de la red de Monitoreo de Calidad del agua Superficial para la Cuenca de los ríos Anchique, Río Chenche y otros directos al Magdalena

Para la ubicación de los 36 puntos de monitoreo de la cuenca de los ríos Anchique, río Chenche y otros directos al Magdalena, se consideraron los cambios significativos de calidad por extracciones de caudal, aportes de afluentes, vertimientos provenientes principalmente de los centros poblados y sistemas de producción y aprovechamientos de recursos naturales. También es importante conocer que, en la zona hidrográfica del río Bajo Saldaña se realiza un trasvase de caudal al río Cheche, el cual más adelante conforma un sistema de reservorio de agua que va a conformar el distrito de riego 'Triángulo del Sur del Tolima'. De manera adicional, se incluyeron puntos que permitirán conocer las condiciones de calidad de agua de los drenajes que abastecen a diferentes municipios. En la Tabla 540 se presentan los puntos definidos para esta cuenca, en la Figura 623 se presenta la distribución espacial de los puntos de monitoreo y en la Figura 624 el diagrama de ubicación de los puntos de monitoreo sobre SZH.

Tabla 540. Puntos de Monitoreo para la Cuenca de los Ríos Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena

ID ERA	Observaciones	Latitud	Longitud	Tipo de Punto	Elevacion	Municipio	Vereda
C_ANCH_28	ASOC. USUARIOS ACUEDUCTO REGIONAL VELU	3.4977	-75.1840	Abastecedoras	452.223	NATAGAIMA	LA MOLANA
C_ANCH_24	ACUEDUCTO MUNICIPAL NATAGAIMA - ESPUNAT SA	3.5627	-75.1420	Abastecedoras	356.546	NATAGAIMA	GUASIMAL MESAS
C_ANCH_21	Acued. Resguardo Indígena Natarroco	3.6006	-75.1540	Abastecedoras	486.398	COYAIMA	NIPLE
C_ANCH_20	RESGUARDO INDIGENA PIJAO TOTARCO TAMARINDO	3.6653	-75.1878	Abastecedoras	521.275	COYAIMA	NIPLE
C_ANCH_14	ACUEDUCTO MUNICIPAL PURIFICACIÓN - ESP	3.8495	-74.9357	Abastecedoras	292.591	PURIFICACIÓN	PURIFICACIÓN
C_ANCH_7	Diva Guarnizo -DIR: Vereda Coya - MPIO: PURIFICACIÓN -TEL: 3107509829	3.8146	-75.0273	Pozos	314.482	PURIFICACIÓN	COYA
C_ANCH_18	Junta de Acción Comunal -DIR: Vereda Loma Mesas de San Juan -MPIO: COYAIMA -TEL:	3.7331	-75.0133	Pozos	310.28	COYAIMA	MESAS DE SAN JUAN
C_ANCH_19	Asociación acueducto CT -DIR: Vereda Cascabel -MPIO: COYAIMA - TEL:3158450368	3.7558	-75.0101	Pozos	307.328	COYAIMA	CASCABEL
C_ANCH_23	Asociación Comunitaria Acueducto -DIR: Vereda Hilarco Guayaquil -MPIO: COYAIMA -TEL:	3.6909	-75.0228	Pozos	313.066	COYAIMA	HILARCO GUAYAQUIL
C_ANCH_5	Resguardo Indigena Chenche media luna -DIR: Vereda Chenche media luna - MPIO: COYAIMA -TEL:3158699078	3.7731	-75.1195	Pozos	345.004	COYAIMA	CHENCHE MEDIA LUNA
C_ANCH_16	Institución Educativa San Miguel -DIR: Vereda San Miguel -MPIO: COYAIMA - TEL:3178878452	3.7661	-75.0700	Pozos	334.252	COYAIMA	SAN MIGUEL
C_ANCH_6	Aljibe Vereda El Floral	3.6947	-75.0713	Pozos	318.304	COYAIMA	EL FLORAL
C_ANCH_15	Ricardo Rivera Aragón -DIR: VEREDA	3.8368	-74.9479	Pozos	305.585	PURIFICACIÓN	SALITRE

ID ERA	Observaciones	Latitud	Longitud	Tipo de Punto	Elevacion	Municipio	Vereda
	EL FRAILE -MPIO: PURIFICACIÓN -TEL:3166037403						
C_ANCH_27	Q. rcep. vert. CP Velú -(confl a río Anchiqu	3.5566	-75.0965	Superficial Básico	321.588	NATAGAIMA	VELU
C_ANCH_25	Río Anchique aar capt. Finca Sta Marta	3.5778	-75.1367	Superficial Básico	341.553	NATAGAIMA	IMBA
C_ANCH_4	Río Chenche aab represa Zanja Honda	3.7617	-75.1549	Superficial Básico	339.748	COYAIMA	CHENCHE ZARAGOZA
C_ANCH_2	Canal #1 (Principal) Triang. Tolima	3.7659	-75.1765	Superficial Básico	357.597	COYAIMA	AMAYARCO
C_ANCH_3	Canal #2 D Triangulo Tolima	3.7571	-75.1743	Superficial Básico	356.583	COYAIMA	CHENCHE BALSILLAS
C_ANCH_9	Río Chenche aar CP Baura	3.8624	-74.9540	Superficial Básico	296.676	PURIFICACIÓN	JORGE ELIERCER GAITAN
C_ANCH_29	Quebrada Yaco aar confl. río Magdalena	3.4423	-75.1410	Superficial Metales	346.411	NATAGAIMA	PUEBLO NUEVO
C_ANCH_26	Río Anchique aar confl. Magdalena	3.5712	-75.1110	Superficial Metales	324.615	NATAGAIMA	GUASIMAL MESAS
C_ANCH_11	Río Chenche aab CP Baura (antes de efluente PTAR)	3.8790	-74.9300	Superficial Metales	289.683	PURIFICACIÓN	BAURA
C_ANCH_17	Río Hilarco aar confl. río Magdalena	3.7449	-75.0176	Superficial Metales	303.329	COYAIMA	CASCABEL
C_ANCH_22	Quebrada Guaguarco aar confl. río Magdalena	3.6642	-75.0888	Superficial Metales	325.968	COYAIMA	TAMBO GUAYARCO
C_ANCH_1	Río Chenche aar Represa Zanja Honda (TTolima)	3.7634	-75.2043	Superficial Pesticidas	370.269	COYAIMA	BUENAVISTA
C_ANCH_12	Vto PTAR Sector Baura â€“ El Hobo - CP BAURA	3.8757	-74.9275	Vertimientos	297.573	PURIFICACIÓN	BAURA
C_ANCH_13	Vto SALIDA PTARD - PURIFICACIÓN	3.8549	-74.9264	Vertimientos	289.516	PURIFICACIÓN	PURIFICACIÓN
C_ANCH_10	Vto SALIDA PBA - PURIFICACIÓN	3.8698	-74.9318	Vertimientos	294.639	PURIFICACIÓN	BAURA
C_ANCH_8	Vto PTAR Chenche - PURIFICACIÓN	3.8846	-74.9732	Vertimientos	301.713	PURIFICACIÓN	CHENCHE UNO
C_ANCH_30	Quebrada Coello A. Arriba confluencia Q. Guaguarco	3.7014	-75.1444	Superficial Básico	336	COYAIMA	LOMAS DE HILARCO
C_ANCH_32	Acueducto Totarco Piedras	3.6666	-75.1658	Abastecedoras	420	COYAIMA	NIPLE
C_ANCH_33	Asoc. Uusuarios Acueducto Vdas Niple, Floral y otros	3.6531	-75.1733	Abastecedoras	489	COYAIMA	NIPLE
C_ANCH_31	Acueducto CP Castilla	3.8204	-75.0711	Pozos	313	COYAIMA	CASTILLA
C_PURIF_1	Beatriz Elena Orozco -DIR: VEREDA AÑILES -MPIO: PURIFICACIÓN -TEL:	3.8894	-74.8698	Pozos	309.309	PURIFICACIÓN	ANILES
C_PURIF_2	Vereda el tambo -DIR: VEREDA EL TAMBO -MPIO: PURIFICACIÓN -TEL:	3.8495	-74.9084	Pozos	302.415	PURIFICACIÓN	BUENAVISTA
C_PURIF_3	Diego Navarro -DIR: VEREDA BUENA VISTA -MPIO: PURIFICACIÓN -TEL:	3.8490	-74.9269	Pozos	303.516	PURIFICACIÓN	BUENAVISTA

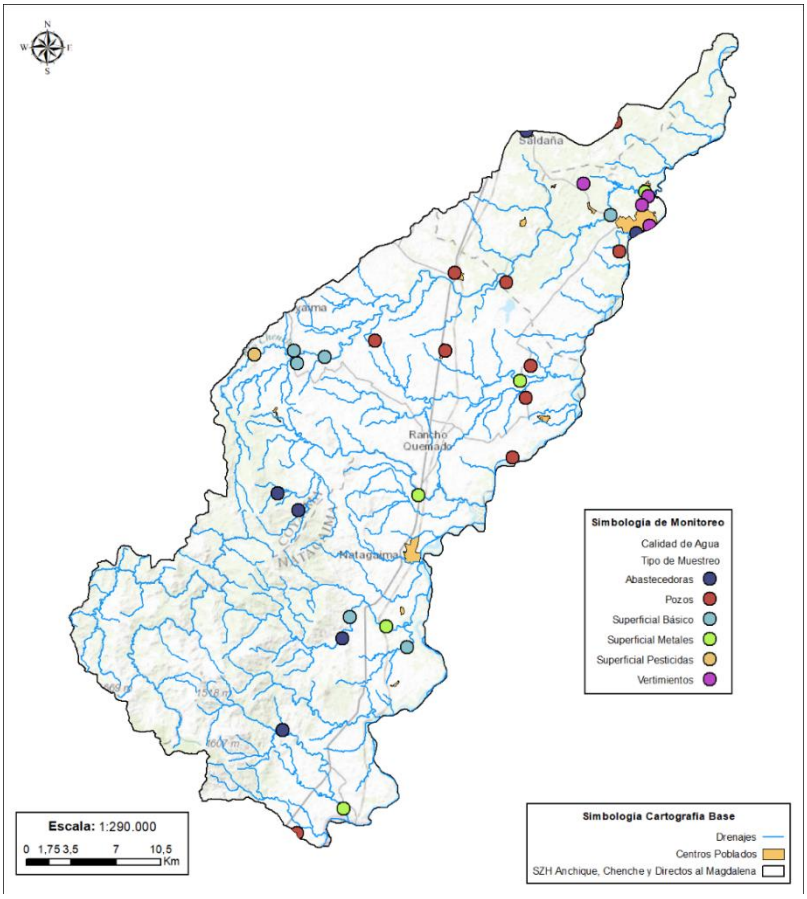


Figura 623. Ubicación puntos de monitoreo sobre la cuenca de los Ríos Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena

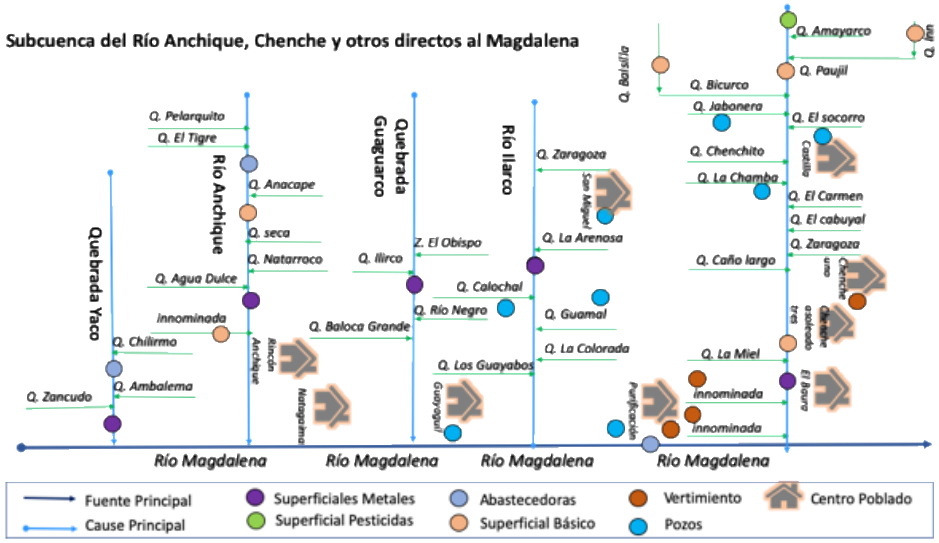


Figura 624. Esquema de Ubicación puntos de monitoreo sobre la cuenca de los ríos Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena.

33.2.5. Definición de la red de Monitoreo de Calidad del agua Superficial para la Cuenca del río Atá.

Para la ubicación de los 16 puntos de monitoreo de la cuenca del río Atá, se tuvo en cuenta la ubicación de los puntos de monitoreo históricos que se han realizado en la cuenca alta y la presión desarrollada sobre la calidad del agua de las corrientes hídricas que se encuentran en cercanías a los municipios de importancia como son Planadas y Ataco. Como aspecto adicional, se incluyeron puntos que permitirán conocer las condiciones de calidad de agua en drenajes que abastecen a diferentes centros poblados, también es importante tener en cuenta que en estos municipios dentro de los demarcado por el reporte del análisis del centro y sur del Tolima (RAR-CST) por la ANLA, define dentro del sector agrícola que el cultivo café, siendo una de las coberturas con mayor predominancia en el área de los municipio de Ataco, Ríoblanco, Planadas y chaparral. En la Tabla 541 se presentan los puntos definidos para esta cuenca, en la Figura 625se presenta la distribución espacial de los puntos de monitoreo y en la Figura 626 se presenta el diagrama de la ubicación de los puntos de monitoreo sobre la cuenca del río Ata.

Tabla 541. Puntos de Monitoreo para la Cuenca del río Atá

ID ERA	Observaciones	Latitud	Longitud	Tipo de Punto	Elevacion	Municipio	Vereda
C_ATA_3	JAC. VDA. SAN ISIDRO/PLANADAS	3.1371	-75.6450	Abastecedoras	1413.04	PLANADAS	LOS MANTOS
C_ATA_7	Municipio de Planadas - Acued. Municipal	3.2095	-75.6542	Abastecedoras	1391.03	PLANADAS	SAN PABLO
C_ATA_9	ASOC. USUARIOS ACUED. RURAL EL PARAISO LA CUMBRE	3.2029	-75.7235	Abastecedoras	2391.14	PLANADAS	EL PARAÍSO
C_ATA_13	CONSULTAR ACUEDUCTO SANTIAGO PEREZ	3.3911	-75.5968	Abastecedoras	703.867	ATACO	SANTIAGO PEREZ
C_ATA_4	Río Atá aar CP Planadas	3.1732	-75.6450	Superficial Básico	1069.94	PLANADAS	EL DORADO
C_ATA_8	Río Atá aab CP Planadas	3.2125	-75.6342	Superficial Básico	957.347	PLANADAS	EL PLAYON
C_ATA_12	Río Atá aar CP Santiago Pérez	3.3286	-75.6129	Superficial Básico	741.259	ATACO	EL CONDOR
C_ATA_10	Río Claro aar confl. río Atá	3.2664	-75.6093	Superficial Básico	837.308	PLANADAS	BRUCELAS
C_ATA_11	Quebrada Montalvo aar confl. río Atá	3.2986	-75.6126	Superficial Básico	785.107	PLANADAS	CAÑO ROTO
C_ATA_1	Río Atá aar CP Gaitania	3.0906	-75.6769	Superficial Metales	1337.89	PLANADAS	EL JORDÁN
C_ATA_16	Río Atá aar conf. río Saldaña	3.4347	-75.5963	Superficial Metales	622.968	ATACO	EL AGUILA
C_ATA_2	Río Atá aab CP Gaitania	3.1001	-75.6698	Superficial Pesticidas	1277.89	PLANADAS	EL DIAMANTE
C_ATA_5	Vto. Barrio El Porvenir - Planadas	3.2003	-75.6422	Vertimientos	1177.3	PLANADAS	PLANADAS
C_ATA_15	Vertimiento Barrio Acacias - Santiago Pérez	3.3992	-75.6086	Vertimientos	651.867	ATACO	SANTIAGO PEREZ
C_ATA_14	Vertimiento colegio Santiago Pérez	3.3991	-75.6066	Vertimientos	669.867	ATACO	SANTIAGO PEREZ
C_ATA_6	Vto. Barrio El Porvenir - PLANADAS	3.2017	-75.6401	Vertimientos	1137.3	PLANADA	EL PLAYON

ID ERA	Observaciones	Latitud	Longitud	Tipo de Punto	Elevacion	Municipio	Vereda
						S	

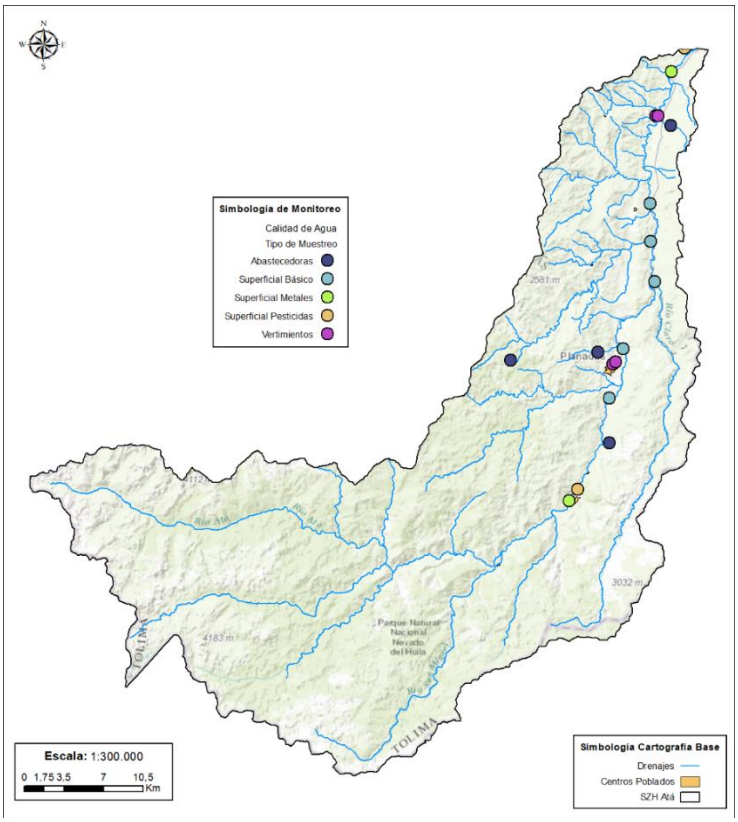


Figura 625. Ubicación puntos de monitoreo sobre la cuenca del río Atá

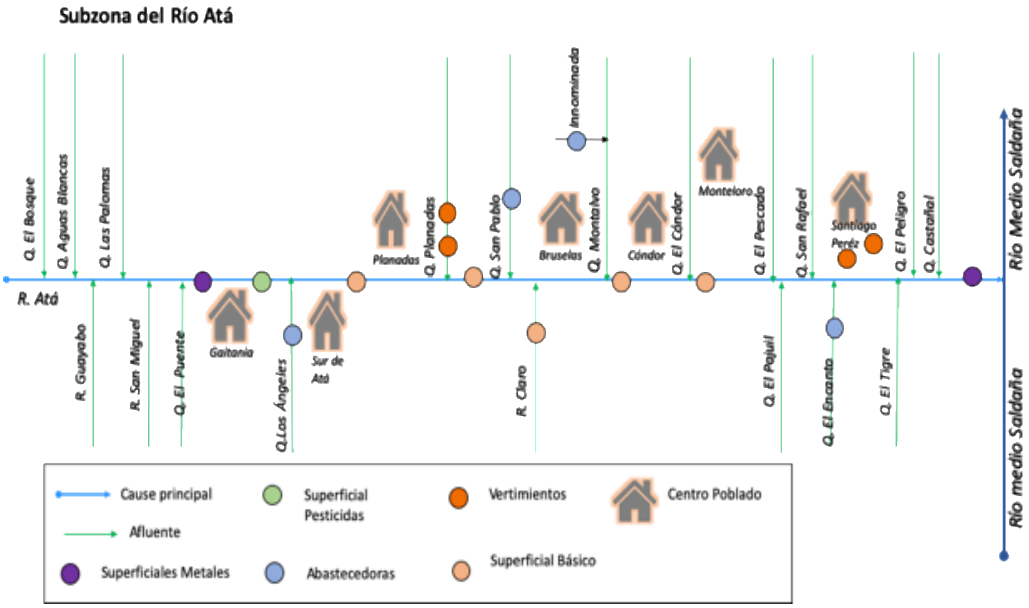


Figura 626. Diagrama de ubicación puntos de monitoreo sobre la cuenca del río Atá

33.2.6. Definición de la red de Monitoreo de Calidad del agua Superficial para la cuenca del río Bajo Saldaña.

Para la ubicación de los 24 puntos de monitoreo de la cuenca del río Bajo Saldaña, se tuvo en cuenta que este rio recoge varios vertimientos y afluentes, los municipios que ejercen presión sobre esta subzona son Chaparral, Natagaima, Coyaima, Saldañay Guamo, de igual forma es importante conocer que en esta zona se acentúa el ejercicio de la minería (Oro y materiales de arrastre), es necesario reconocer las condiciones de calidad de agua de las corrientes que son objeto de transvases, captación y el aprovechamiento de actividades agrícolas de importancia, con ello vale decir que en esta subzona se hace una gran captación para la formación del Distrito de Riego UsoSaldaña.. En la Tabla 542 se presentan los puntos definidos para esta cuenca, en la Figura 627 se presenta la distribución espacial de los puntos de monitoreo y en la Figura 628 se presenta el diagrama de la distribución de los puntos de monitoreo en la SZH.

Tabla 542. Puntos de Monitoreo para la Cuenca del río Bajo Saldaña

ID ERA	Observaciones	Latitud	Longitud	Tipo de Punto	Elevacion	Municipio	Vereda
C_BSAL_4	ACUED. MUNICIPAL COYAIMA EMPOCOY	3.7902	-75.2021	Abastecedoras	349.272	COYAIMA	AMAYARCO
C_BSAL_1	ACUEDUCTO MPAL COYAIMA - EMPUCOY	3.7066	-75.2594	Abastecedoras	454.73	COYAIMA	MECHE SAN CAYETANO
C_BSAL_10	ACUEDUCTO MUNICIPAL SALDAÑA - EMPUSALDAÑA	3.9219	-75.0135	Abastecedoras	312.625	SALDAÑA	SALDAÑA
C_BSAL_16	ACUEDUCTO MUNICIPAL EL GUAMO	4.0457	-75.0200	Abastecedoras	345.61	GUAMO	PRINGAMOSAL CENTRO
C_BSAL_19	Cairo Santa Elena -DIR: VEREDA CAIRO SANTA ELENA -MPIO: PURIFICACIÓN -TEL:	3.9873	-74.8912	Pozos	290.863	PURIFICACIÓN	CAIRO SANTAHELENA
C_BSAL_14	Acueducto Vereda Normandía -DIR: VEREDA NORMANDIA -MPIO: SALDAÑA -TEL:	3.9280	-74.9504	Pozos	303.801	SALDAÑA	PALMAR ARENOSA
C_BSAL_15	Acueducto Vereda Santa Ines -DIR: VEREDA SANTA INÉS -MPIO: SALDAÑA -TEL:	3.9281	-74.9637	Pozos	303.782	SALDAÑA	PALMAR ARENOSA
C_BSAL_3	Resguardo Balasillas -DIR: VEREDA SANTA LUCIA -MPIO: ORTEGA -TEL:	3.7925	-75.2622	Pozos	393.701	ORTEGA	BALSILLAS
C_BSAL_8	Ever Ernesto Rivera -DIR: VEREDA PAPAGALÃ -MPIO: SALDAÑA -TEL:3142388379	3.9113	-75.0796	Pozos	325.243	SALDAÑA	PAPAGALÁ
C_BSAL_7	Canal USOSALDAÑA	3.9120	-75.0950	Superficial Básico	319.243	SALDAÑA	PAPAGALÁ
C_BSAL_6	Río Saldaña aab CP Coyaima	3.8076	-75.1954	Superficial Básico	344.445	COYAIMA	AMAYARCO
C_BSAL_13	Río Saldaña aab CP Saldaña	3.9334	-75.0094	Superficial Básico	299.695	SALDAÑA	PALMAR ARENOSA
C_BSAL_2	Quebrada Meche aar confl. río Saldaña	3.7399	-75.2470	Superficial Básico	378.765	COYAIMA	MECHE SAN CAYETANO
C_BSAL_20	Río Saldaña aar confl. río Magdalena	3.9943	-74.8913	Superficial Metales	286.917	GUAMO	RINCON SANTO LA TROJA
C_BSAL_18	Quebrada Lemaya aar confl. río Saldaña	3.9972	-74.9351	Superficial Metales	302.941	GUAMO	LA LUISA
C_BSAL_9	Río Saldaña aar CP Saldaña	3.9284	-75.0392	Superficial Pesticidas	307.554	SALDAÑA	EL PROGRESO
C_BSAL_5	Vto Sector Cementerio en Coyaima	3.8035	-75.1947	Vertimientos	350.445	COYAIMA	AMAYARCO

ID ERA	Observaciones	Latitud	Longitud	Tipo de Punto	Elevacion	Municipio	Vereda
C_BSAL_11	Vto PTAR Villa Mónica - Saldaña	3.9374	-75.0174	Vertimientos	307.632	SALDAÑA	SALDAÑA
C_BSAL_12	VERT. EL CAUCHO BARRIO 12 DE OCTUBRE - SALDAÑA	3.9329	-75.0117	Vertimientos	301.695	SALDAÑA	PALMAR ARENOSA
C_ORTE_3	Punto de condición de Contorno de la SZH - VEREDA EL ACEITUNO MPIO: ORTEGA	3.9108	-75.1719	Pozos	366.419	ORTEGA	GUATAVITA TUA
C_ORTE_5	Punto de condición de Contorno de la SZH - río Saldaña aar Capt. USOSALDAÑA	3.9093	-75.1035	Superficial Básico	315.131	ORTEGA	CHICUAMBE
C_ORTE_1	Punto de condición de Contorno de la SZH - Río Tetuán aar confl. río Saldaña	3.8759	-75.1824	Superficial Metales	336.383	ORTEGA	BOCA DE TETUAN
C_ORTE_2	Punto de condición de Contorno de la SZH - Río Ortega aar confl. río Saldaña	3.9190	-75.1818	Superficial Metales	347.225	ORTEGA	MESA DE ORTEGA
C_ORTE_4	Punto de condición de Contorno de la SZH - Río Cucuana aar confl. río Saldaña	3.9713	-75.0960	Superficial Metales	323.165	ORTEGA	PUENTE CUCUANA

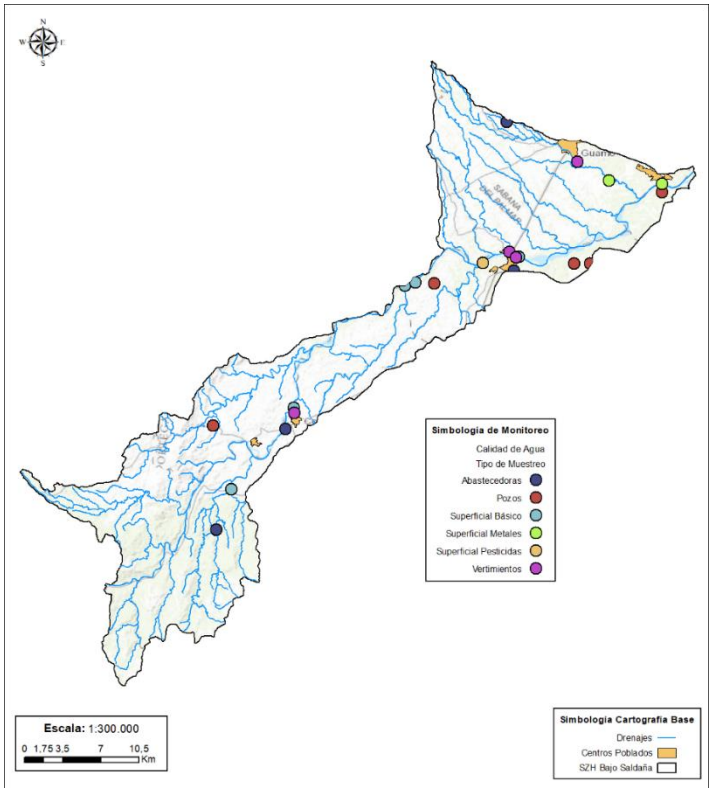


Figura 627. Ubicación puntos de monitoreo sobre la cuenca del río Bajo Saldaña.

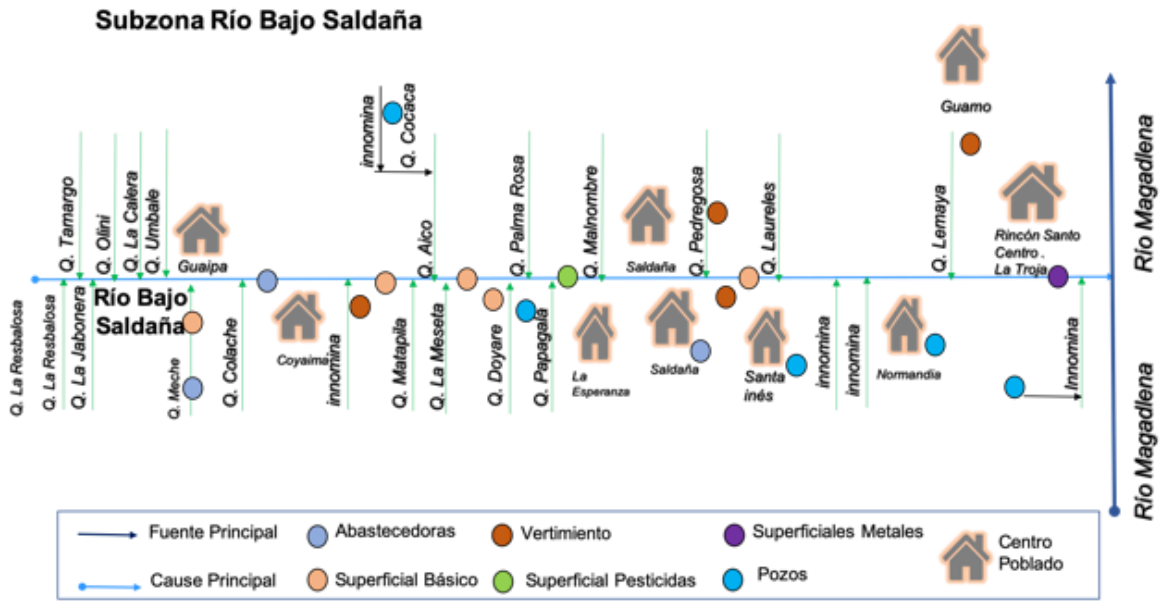


Figura 628. Diagrama de Ubicación puntos de monitoreo sobre la cuenca del río Bajo Saldaña.

33.2.7. Definición de la red de Monitoreo de Calidad del agua Superficial para la Cuenca del río Cambrín

Para la ubicación de los 2 puntos de monitoreo de la cuenca del río Cambrín, se tuvo en cuenta la ubicación de los puntos de monitoreo históricos, este río nace en la cordillera central, en la vertiente oriental, nace de la confluencia de las quebradas La Virgen y El Bosque, y aab se abastece por el Rio Negro, siento el Cambrín jurisdicción del Municipio de Ríoblanco; es de importante anotar que es subzona hidrográfica es una de las que tiene menos impacto antrópico. En la Tabla 543 se presentan los puntos definidos para esta cuenca, en la Figura 17 se presenta la distribución espacial de los puntos de monitoreo y en la Figura 18 se presenta el diagrama de la ubicación de los monitoreos sobre la SZH.

Tabla 543. Puntos de Monitoreo para la Cuenca del río Cambrín

ID ERA	Observaciones	Latitud	Longitud	Tipo de Punto	Elevacion	Municipio	Vereda
C_CAMB_1	Río Cambrín parte Media	3.4246	-75.7475	Superficial Básico	1071.76	RIOBLANCO	LA OCASION
C_CAMB_2	Río Cambrín aar confl. río Saldaña	3.4257	-75.6968	Superficial Pesticidas	838.74	RIOBLANCO	EL CAMBRIN

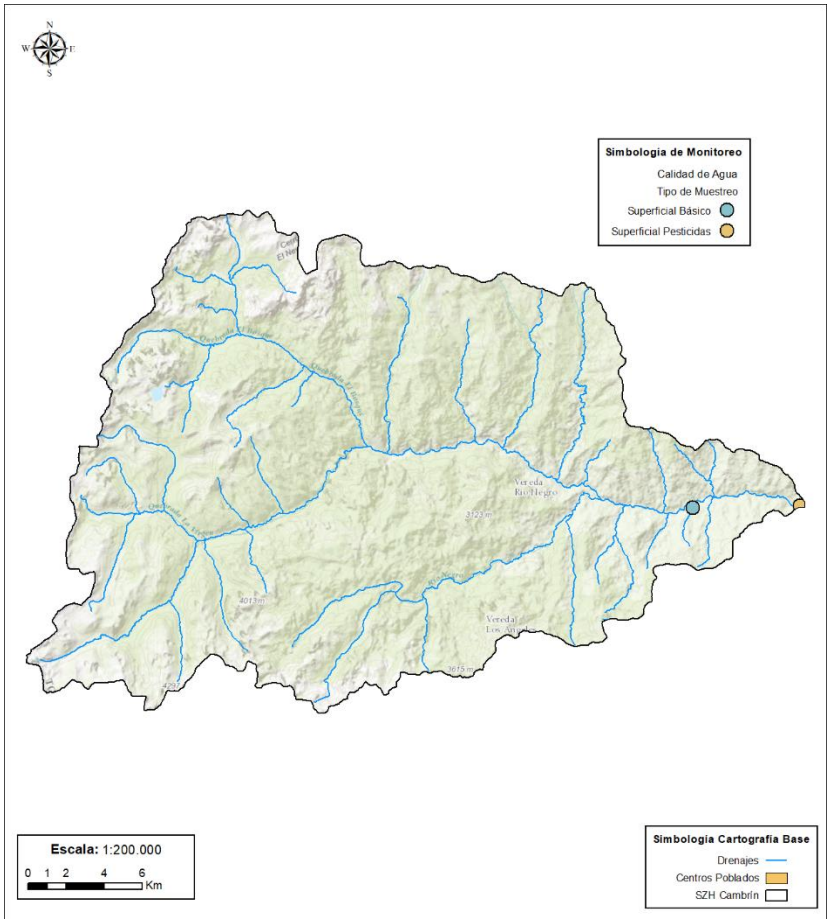


Figura 629. Ubicación puntos de monitoreo sobre la cuenca del río Cambrin.

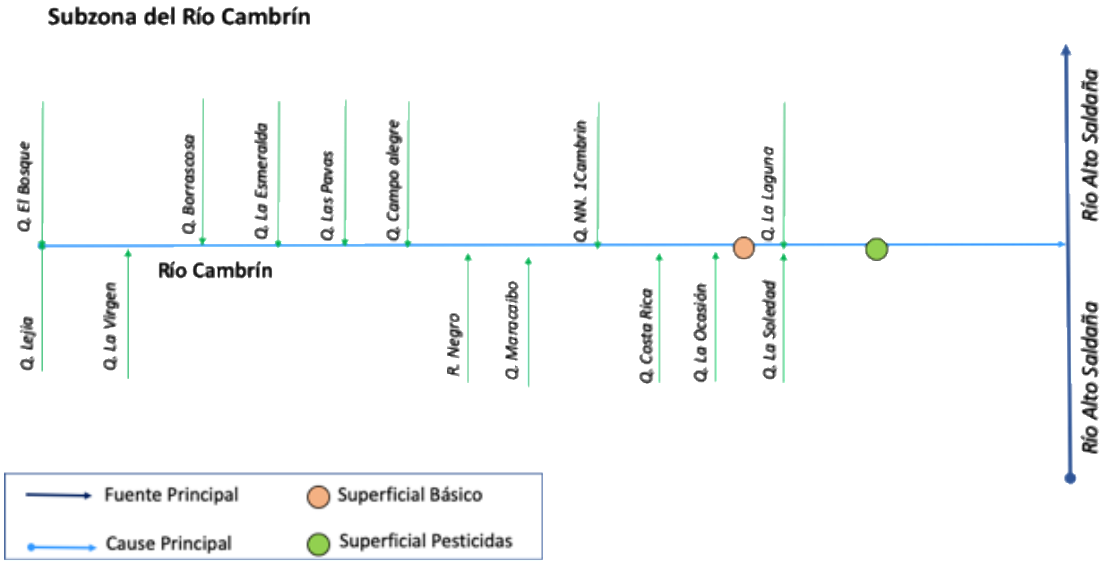


Figura 630. Diagrama de Ubicación puntos de monitoreo sobre la cuenca del río Cambrin.

33.2.8. Definición de la red de Monitoreo de Calidad del agua Superficial para la Cuenca del río Medio Saldaña

Para la ubicación de los 9 puntos de monitoreo de la subzona hidrográfica Medio Saldaña, se tuvo en cuenta que esta localizada en jurisdicción de los municipios de Ataco y Chaparral, los cuales se destacano por presentar una producción agropecuaria dominada por los cultivos de café, frutales, arroz y otros cereales, con una predominancia de pastos debido a la alta producción de ganado de ceba. En la Tabla 544 se presentan los puntos definidos sobre la SZH Medio Saldaña, en la Figura 631 se presenta la distribución espacial de los puntos de monitoreo y en la Figura 632 el diagrama de la ubicación de los puntos de monitoreo

Tabla 544. Puntos de Monitoreo para la Cuenca del río Medio Saldaña

ID ERA	Observaciones	Latitud	Longitud	Tipo de Punto	Elevacion	Municipio	Vereda
C_MSAL_1	ASOC. USUAR. MINIDISTRITO RIEGO MESA DE POLE	3.4462	-75.5266	Abastecedoras	649.565	ATACO	LA CEIBA
C_MSAL_3	ACUEDUCTO MUNICIPAL ATACO	3.5493	-75.3535	Abastecedoras	564.76	ATACO	PAIPA
C_MSAL_4	Quebrada La Paipa aar CP Ataco	3.5830	-75.3791	Superficial Básico	461.423	ATACO	Z U ATACO
C_MSAL_7	Río Saldaña Brazo 2, aar CP Ataco	3.5939	-75.3940	Superficial Básico	445.415	ATACO	Z U ATACO
C_MSAL_5	Quebrada La Paipa aab CP Ataco	3.5916	-75.3887	Superficial Básico	450.415	ATACO	Z U ATACO
C_MSAL_9	Quebrada Calapicá aab relleno sanitario	3.6072	-75.3697	Superficial Básico	434.599	ATACO	Z U ATACO
C_MSAL_10	Río Saldaña aar confl. río Amoyá	3.6504	-75.3561	Superficial Metales	419.757	CHAPARRAL	SANTA ROSA
C_MSAL_2	Quebrada Pole aar confl. río Saldaña	3.4632	-75.5237	Superficial Pesticidas	553.582	ATACO	LA CEIBA
C_MSAL_8	Vertimiento batallón ATACO	3.5931	-75.3788	Vertimientos	448.415	ATACO	ATACO

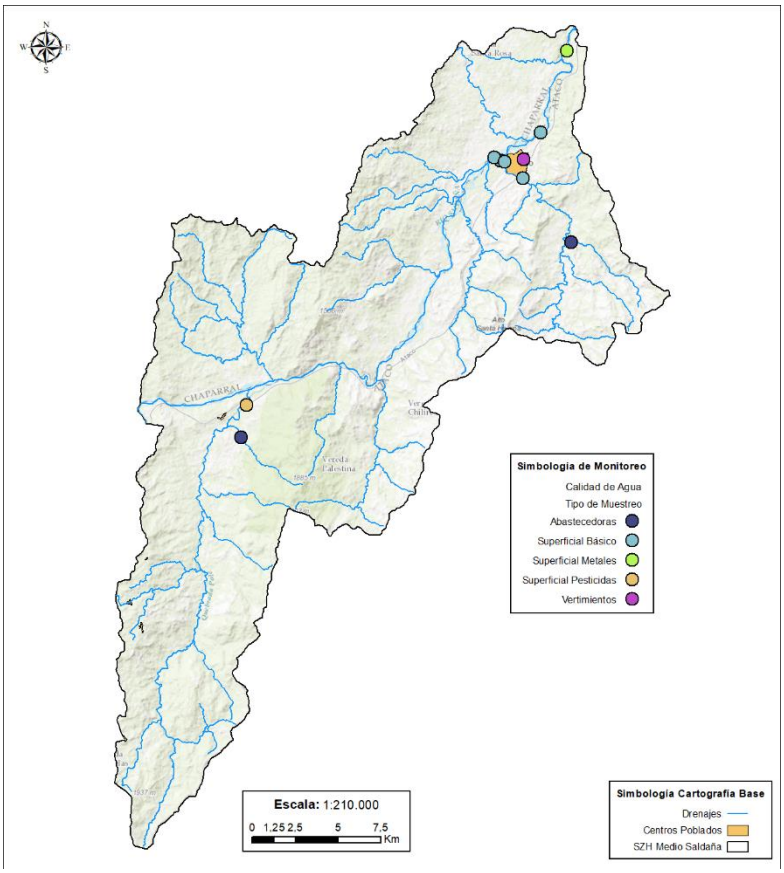


Figura 631. Ubicación puntos de monitoreo sobre la cuenca del río Medio Saldaña

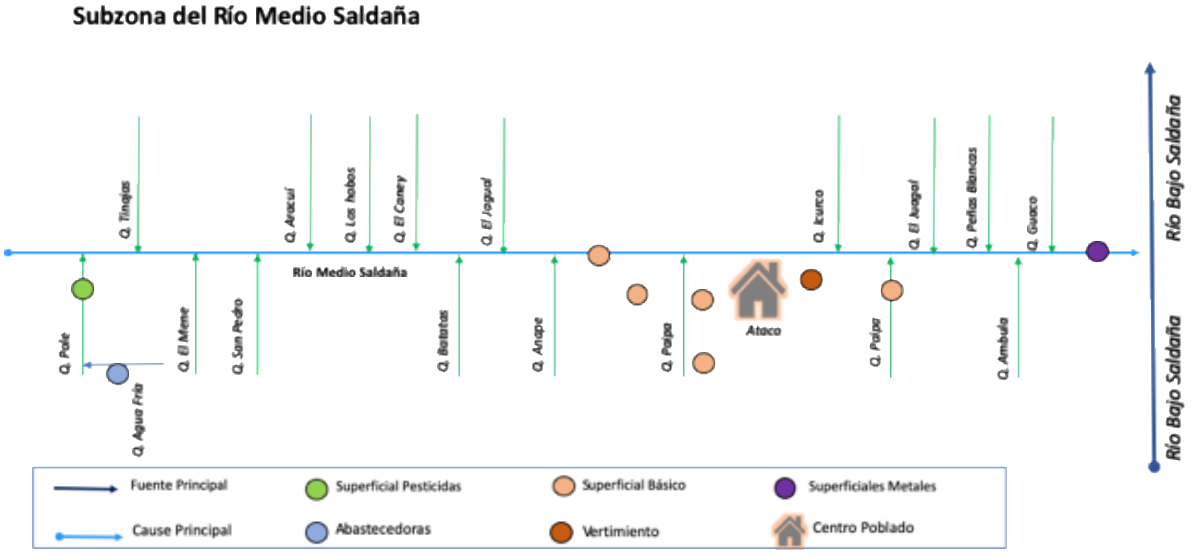


Figura 632. Diagrama de Ubicación puntos de monitoreo sobre la cuenca del río Medio Saldaña

33.2.9. Definición de la red de Monitoreo de Calidad del agua Superficial para la Cuenca del río Pata

Para la ubicación de los 5 puntos de monitoreo de la cuenca del río Pata, se tuvo en cuenta que la subzona tiene presencia en las jurisdicciones de los municipios de Ataco, Natagaima y Aipe siendo este jurisdicción de la Corporación autónoma regional de Alto de Magdalena (CAM) y Chaparral, los cuales, dentro de su producción agropecuaria, las actividades más predominantes son la ganadería por su cobertura dominante de pastos, y por ultima la producción del monocultivo del arroz; es importante resaltar que en la zona alta de esta subcuenta se conserva los bosques riparios, vegetación secundaria. En la Tabla 545 se presentan los puntos definidos sobre la corriente del río Patá y en la Figura 633 se presenta la distribución espacial de los puntos de monitoreo y en la Figura 634 el diagrama de la ubicación de puntos de monitoreo de la SZH.

Tabla 545. Puntos de Monitoreo para la Cuenca del río Patá

ID ERA	Observaciones	Latitud	Longitud	Tipo de Punto	Elevacion	Municipio	Vereda
C_PAT_5	Evangelina Calderon -DIR: Vereda Balsillas -MPIO: NATAGAIMA -TEL:3144702446	3.4251	-75.1737	Pozos	372.338	NATAGAIMA	BALSILLAS
C_PAT_3	Magdalena River SEAFOOD SAS -DIR: Km 57 Via Neiva Bogota -MPIO: NATAGAIMA -TEL:	3.4041	-75.2026	Pozos	369.202	NATAGAIMA	LA PALMITA
C_PAT_1	Río Patá parte alta	3.3789	-75.3772	Superficial Básico	690.673	ATACO	CHILIRCO
C_PAT_4	Río Patá aar confl. río Magdalena	3.4062	-75.1994	Superficial Metales	363.202	NATAGAIMA	LA PALMITA
C_PAT_2	Rïo Patá parte Media	3.3661	-75.2533	Superficial Metales	452.879	NATAGAIMA	MONTEFRIO

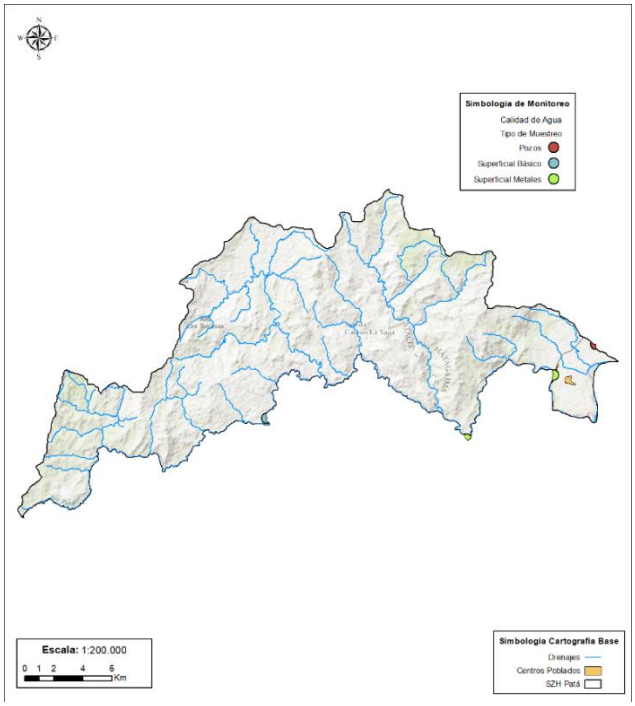


Figura 633. Ubicación puntos de monitoreo sobre la cuenca del río Patá

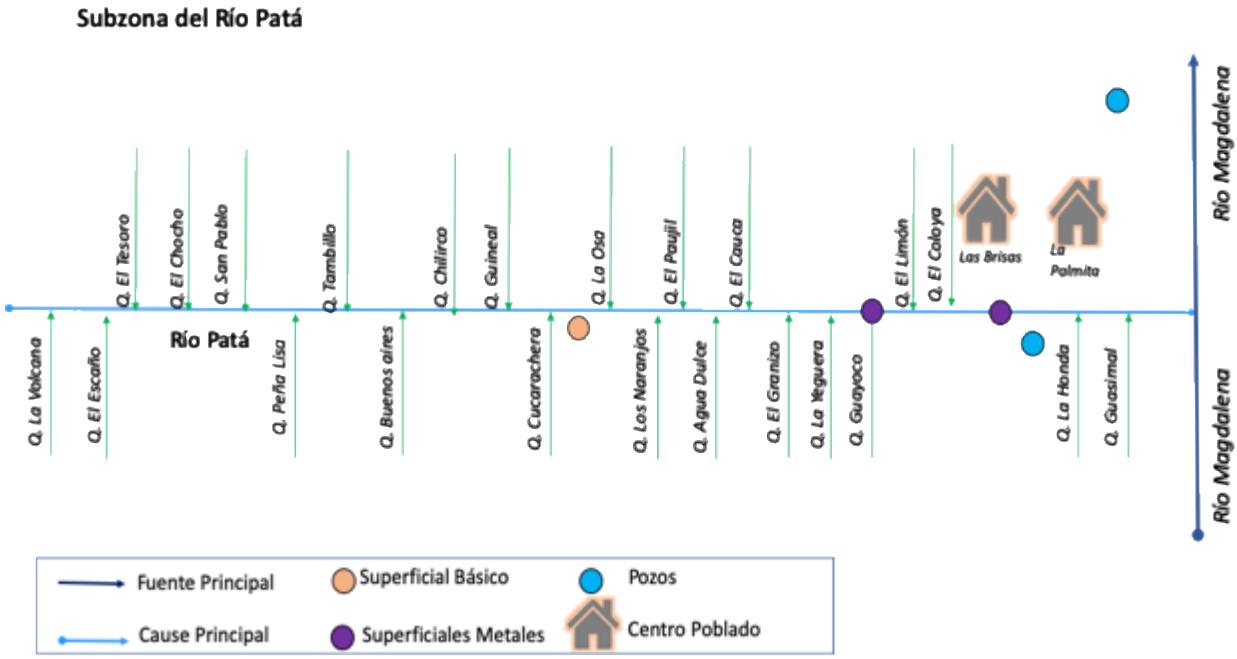


Figura 634. Diagrama de Ubicación puntos de monitoreo sobre la cuenca del río Patá

33.3. Definición de los determinantes de calidad del agua

En los lineamientos Conceptuales y Metodológicos para las ERA, se presentan diferentes enfoques para la clasificación de los determinantes de calidad del agua. Para la presente ERA, se considerará una clasificación basada en su naturaleza, por ejemplo, materia orgánica, sólidos (y compuestos relacionados); microbiológicos; iones; metales y metaloides; hidrocarburos, grasas y aceites; pesticidas y otros parámetros básicos como la temperatura y tensoactivos.

33.3.1. Determinantes monitoreados en Aguas Superficiales

Los criterios que se consideraron para la definición de los parámetros a monitorear en las aguas superficiales se presentan en la Tabla 20. Se obtuvieron tres (3) listados de determinantes, incluyendo los necesarios para el cálculo del ICA, y los definidos en el Decreto 1076 de 2015 para diferentes usos característicos del área de estudio. A partir del cruce estos listados se definieron cinco (5) Grupos, el primero denominado *"básico"*, que incluye lo necesario para el cálculo del ICA y para definir de forma general las condiciones actuales de calidad de los cuerpos de agua, considerando determinantes relacionados con la materia orgánica, sólidos, microbiológicos, nutrientes, pH, pesticidas, y algunos pocos iones, metales y metaloides. El segundo Grupo, denominado "agua superficial pesticidas", incluye los parámetros adicionales que permiten monitorear presencia de compuestos organoflorados y organofosforados. El tercer Grupo, denominado "agua superficial Metales" incluye 19 parámetros para evaluar metales pesados. El cuarto Grupo, denominado *"agua superficial completo abastecedoras"*, incluye un mayor número de iones, metales y metaloides, así como hidrocarburos. Y el quinto Grupo, denominado "agua subterránea", incluye 62 parámetros de calidad para la evaluación de agua subterránea.

El Grupo 4 (Completo) de determinantes fue medido en los puntos ubicados sobre o cerca de bocatomas destinadas al consumo humano y doméstico, y en puntos de cierre de la cuenca, en los cuales se espera que se pueda medir el efecto acumulado de los diferentes tipos de aportes realizados desde la parte más alta de la cuenca, y también, en zonas con posible influencia de minería de oro y considerando los reservorios de aguas artificiales, estructuras de capcatción para la generación hidroeléctrica y estructuras relacionadas con distritos de riego, presentes en las zonas de evaluación en las unidades hidrográficas de análisis. El Grupo 5 se empleó para el monitoreo de pozos y aljibes que captan aguas del acuífero del Sur. El Grupo 1, 2 y 3 (básico, pesticidas y metales) de determinantes se utilizó en la caracterización de los demás puntos de aguas superficiales.

Tabla 546. Fuentes de información para la definición de los determinantes de calidad del agua a monitorear

Fuente de Información	Observaciones	Número de Parámetros
Decreto 1076 de 2015.	En esta norma se establecen los criterios de calidad en función de los diferentes usos del agua definidos en el Artículo 2.2.3.3.2.1. De estos, se consideraron como los más representativos de la zona de estudio, uso para consumo humano con tratamiento convencional (Artículo 2.2.3.3.9.3), pecuario (2.2.3.3.9.6) y agrícola (Artículo 2.2.3.3.9.5).	38
Índice de Calidad del Agua - ICA	Determinantes requeridos para el cálculo del Índice de Calidad del Agua – ICA de siete (7) variables	9

Tabla 547. Determinantes de calidad del agua a medir en aguas superficiales y subterráneas

Determinantes de calidad del agua a medir en Agua Superficial Básico
(DQO, DBO5, Oxígeno Disuelto (In situ), Sólidos Disueltos Totales, Sólidos Suspendidos Totales, Coliformes Fecales, Coliformes Totales, Caudal, Temperatura muestra (In situ), pH In situ, Conductividad (in situ), Grasas y Aceites, Dureza Total, Surfactantes: Aniónicos como SAAM, Color, Nitratos, Nitritos, Nitrógeno amoniacal, NITROGENO TOTAL, Amoniaco, Fósforo total, Aluminio, Boro, Hierro Total, Manganeso, Pesticidas Organoclorados, Pesticidas Organofosforados, Cloruros, Sulfatos.)
Determinantes de calidad del agua a medir en Agua Superficial Pesticidas:
Caudal (molinete), pH, Conductividad eléctrica, Oxígeno disuelto, Temperatura del agua, Alcalinidad, DBO5 Total, DQO Total, Sólidos suspendidos totales, Sólidos disueltos totales, Turbiedad, Nitrógeno total, Nitritos, Nitratos, Fósforo total, Ortofosfatos, Compuestos organoclorados, Compuestos organofosforados, Cianuros, Cloruros, Sulfatos, Calcio, Magnesio, Sodio, Coliformes termotolerantes, Coliformes totales..
Determinantes de calidad del agua a medir en Agua Superficial Metales:
Caudal (molinete), pH, Conductividad eléctrica, Oxígeno disuelto, Temperatura del agua, Alcalinidad, DBO5 Total, DQO Total, Sólidos suspendidos totales, Sólidos disueltos totales, Turbiedad, Nitrógeno total, Nitritos, Nitratos, Fósforo total, Ortofosfatos, Arsénico (As), Bario (Ba), Cadmio (Cd), Cinc (Zn), Cobre (Cu), Cromo Hexavalente (Cr+6), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Selenio (Se), Vanadio (Va), Cianuros, Cloruros, Sulfatos, Calcio, Magnesio, Sodio, Coliformes termotolerantes, Coliformes totales.
Determinantes de calidad del agua a medir en Agua Superficial Completo (Abastecedoras):
(DQO, DBO5, Oxígeno Disuelto (In situ), Sólidos Disueltos Totales, Sólidos Suspendidos Totales, Coliformes Fecales, Coliformes Totales, Caudal, Temperatura muestra (In situ), pH In situ, Conductividad (in situ), Grasas y Aceites, Dureza Total, Surfactantes: Aniónicos como SAAM, Color, Turbidez, Hidrocarburos, Fenoles, Nitratos, Nitritos, Nitrógeno amoniacal, NITROGENO TOTAL, Amoniaco, Fósforo total, Aluminio, Arsénico Total, Bario Total, Berilio, Boro, Cadmio Total, Cobalto, Cobre Total, Cromo Total, Hierro Total, Manganeso, Mercurio Total, Níquel Total, Plomo Total, Plata, Selenio Total, Vanadio Total, Zinc Total, Pesticidas Organoclorados, Pesticidas Organofosforados, Flúor, Cianuro Total, Cloruros, Sulfatos, Relación Absorción de Sodio (RAS), Porcentaje de sodio Posible (PSP), Salinidad Efectiva, Salinidad Potencial, Carbonato de Sodio Residual)
Determinantes de calidad del agua a medir en Agua Subterránea
(DQO, DBO5, Oxígeno Disuelto (In situ), Sólidos Disueltos Totales, Sólidos Suspendidos Totales, Coliformes Fecales, Coliformes Totales, Caudal, Temperatura muestra (In situ), Alcalinidad total, pH In situ, Conductividad (in situ), Potencial Redox, Grasas y Aceites, Dureza Total, Surfactantes: Aniónicos como SAAM, Color, Turbidez, Hidrocarburos, Fenoles, Nitratos, Nitritos, Nitrógeno amoniacal, Amoniaco, Fósforo total, Aluminio, Arsénico Total, Bario Total, Berilio, Boro, Cadmio Total, Cobalto, Cobre Total, Cromo Total, Hierro Total, Manganeso, Mercurio Total, Níquel Total, Plomo Total, Plata, Selenio Total, Silicio, Vanadio Total, Zinc Total, Pesticidas Organoclorados, Pesticidas Organofosforados, Bicarbonato, Flúor, Cianuro Total, Calcio Total, Cloruros, Magnesio Total, Potasio, Sodio Total, Sulfatos, Relación Absorción de Sodio (RAS), Porcentaje de sodio Posible (PSP), Salinidad Efectiva, Salinidad, Potencial, Carbonato de Sodio Residual)

33.3.2. Determinantes medidos en Aguas Residuales

Los criterios que se consideraron para la definición de los parámetros a monitorear en las aguas residuales se presentan en la Tabla 549, de forma que satisfagan dos (2) criterios, el primero, que los determinantes contemplen los requeridos para el cálculo del IACAL, y el segundo, que incluyan los requeridos en la Norma Nacional de Vertimientos (Resolución MADS No.0631 de 2015) para cinco (5) tipos de agua:

- ARD y ARnD de los prestadores del servicio público de alcantarillado.
- ARnD del Beneficio de Ganadería de Bovino, Bufalino, equino, ovino y/o Caprino.
- ARnD de la industria
- ARnD Beneficios de café
- ARnD de actividades mineras

Para las ARD y ARnD de los prestadores del servicio público de alcantarillado, en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015 se ha establecidos cuatro (4) categorías, la primera corresponde a viviendas unifamiliares o bifamiliares, la segunda son las ARD; y las ARD y ARnD de los prestadores del servicio público de alcantarillado con carga de DBO_5 en el agua sin tratamiento menores o iguales a 625,00 kg/día, la tercer categoría para cargas menores a 3,000 kg/día y la cuarta, para cargas mayores a 3,000 kg/día. Con el fin de facilitar la interpretación de estos rangos, fueron expresados como el número de habitantes equivalentes (Tabla 547), para lo cual, se utilizó un aporte per-cápita de carga de 50 g/habitante/día, recomendado en el Reglamento para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS (2017).

Tabla 548. Relación entre la población y la carga de DBO5

Variable	Unidades	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3
Aporte percápita	g/hab/día	50	50	50
Número de Habitantes	hab	12.500	60.000	>60.000
Carga total Aportada	kg/día	625,00	3.000,00	>3.000,00

La Resolución MADS No. 0631 de 2015 no define explícitamente la forma de cálculo para los casos en los cuales el municipio tiene su carga dividida en diferentes puntos de vertimientos. En el presente estudio, para la definición de la categoría, se considera la carga total aportada para los vertimientos que se realicen en el mismo cuerpo de agua.

Tabla 549. Determinantes de calidad del agua a medir en aguas residuales

Determinantes de calidad del agua a medir en Vertimientos:
(DQO, DBO5, Oxígeno Disuelto (In situ), Sólidos Disueltos Totales, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos sedimentables (In situ), Coliformes Termotolerantes, Coliformes Fecales, Coliformes Totales, Caudal, Temperatura muestra (In situ), Alcalinidad total, Acidez Total, pH In situ, Conductividad (in situ), Grasas y Aceites, Dureza Total, Dureza Cálcica, Color Real (medidas de absorbancia a 436 nm, 525 nm y 620 nm), Surfactantes: Aniónicos como SAAM, Hidrocarburos, HAP, BTEX, Fenoles, Nitratos, Nitritos, Nitrógeno amoniacal, NITROGENO TOTAL, Fósforo total, Ortofosfatos, Aluminio, Arsénico Total, Bario Total, Berilio, Boro, Cadmio Total, Cobalto, Cobre Total, Cromo Total, Estaño, Hierro Total, Litio, Manganeso, Mercurio Total, Molibdeno, Níquel Total, Plomo Total, Plata, Selenio Total, Vanadio Total, Zinc Total, Cianuro Total, Cloruros, Sulfatos, Sulfuros)

33.4. Metodología para la estimación del índice de Calidad del Agua -ICA

Las condiciones de calidad del agua dependen de diferentes características hidromorfológicas, fisicoquímicas, biológicas y ecológicas, así como por el desarrollo de las actividades humanas que generan aguas residuales.

El índice de calidad del agua (ICA) es un indicativo de las condiciones de calidad física, química y biológica de los cuerpos de agua. Este permite identificar problemas de contaminación en un punto determinado, para un intervalo de tiempo específico. Permite representar el estado en general del agua y las posibilidades o limitaciones para determinados usos en función de variables seleccionadas, mediante ponderaciones y agregación de variables representativas (IDEAM, 2010).

El ICA es el valor numérico que califica en una (1) de cinco (5) categorías la calidad del agua de un cuerpo de agua, con base en las mediciones obtenidas para un conjunto de cinco (5) a siete (7) variables, registradas en una estación de monitoreo *j* en el tiempo *t* (IDEAM, 2013). En tal sentido, el ICA es una expresión agregada y simplificada, sumatoria aritmética equiponderada de varias variables.

Para el ENA 2010, el IDEAM utilizó cinco (5) variables representativas de los principales tipos de contaminación: para materia orgánica, DQO; material en suspensión, sólidos suspendidos totales, SST; y porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, PSOD; para mineralización, conductividad eléctrica del agua; y para acidez o alcalinidad, el pH del agua (IDEAM, 2010).

En el ENA 2014, el IDEAM añade una (1) variable más (N total/P total). En algunos casos, alguna de estas dos (2) variables que comprenden el subíndice N total / P Total, se encuentran por debajo del límite de detección, por lo que generalmente se suele usar este valor límite para determinar la relación. Sin embargo, la concentración real se desconoce, por lo que en el rango que va desde 0 mg/L hasta el límite de detección, de esta forma, por lo cual podrían obtenerse diferentes clasificaciones para este subíndice a partir del mismo reporte. En el presente estudio se utilizará en dichos casos el límite de detección para el cálculo de la relación, pero se aclara que esta limitante técnica

puede llevar a interpretaciones equivocadas del subíndice de la relación nitrógeno/ fósforo.

En los Lineamientos Conceptuales y Metodológicos para las ERA (IDEAM, 2013), se recomienda que, para el nivel regional, se calcule el ICA con siete (7) variables, adicionando los coliformes fecales como indicadores de contaminación bacteriológica. También se recomienda usar las ecuaciones para el cálculo de los subíndices, presentadas en el ENA 2010. En este último documento se presentan las curvas funcionales para tres (3) (SST, pH y conductividad) de las siete (7) variables requeridas. En las Fichas Metodológicas disponibles en la página Web del IDEAM, se presentan las ecuaciones para seis (6) de las siete (7) variables, las cuales no incluyen el indicador de contaminación bacteriológica. Por lo tanto, en el presente estudio, se tomó como referencia para el cálculo del subíndice de coliformes fecales, el propuesto por Cude (2001).

De acuerdo con IDEAM (2010), la ponderación de las variables físicas, químicas y microbiológicas puede variar en función de la relevancia para análisis específicos de condiciones de calidad de aguas y el número de variables consideradas. A escala regional se tuvieron en cuenta siete (7) variables de acuerdo con IDEAM (2013), siendo los pesos de importancia los que se contemplan en la última columna de la Tabla 550.

Tabla 550. Pesos para las variables del ICA

VARIABLE	UNIDAD	Número de Variables		
		5	6	7
		PESO	PESO	PESO
Oxígeno disuelto - OD	% saturación	0,2	0,17	0,16
Sólidos Suspendidos Totales - SST	mg/L	0,2	0,17	0,14
Demanda Química de Oxígeno - DQO	mg/L	0,2	0,17	0,14
Conductividad eléctrica	µS/cm	0,2	0,17	0,14
pH	Unidades de pH	0,2	0,17	0,14
Relación N total/P total	(mg/L) /(mg/L)		0,15	0,14
Coliformes fecales	UFC/100 mL*			0,14

*Si bien en IDEAM (2013) se asignan como unidades de los coliformes fecales las UFC/100 ml, el subíndice de los coliformes fecales se expresa en NMP/100ml.

33.4.1. Construcción de las Curvas Funcionales

De acuerdo con IDEAM (2010), para los parámetros de calidad del agua seleccionados se construyen relaciones o curvas funcionales (ecuaciones), en las que los niveles de calidad de 0 a 1 se representan en las ordenadas de cada gráfico y los distintos niveles (o intensidades) de cada variable en las abscisas, generando curvas representativas de la variación de la calidad del agua con respecto a la magnitud de cada contaminante.

La aplicación de las curvas funcionales o ecuaciones expresan el subíndice para cada parámetro, los cuales se utilizan para transformar las variables a una escala adimensional, ya que éstas se expresan en diferentes unidades (µS/cm, mg/L, porcentaje, unidades, etc.), para permitir su posterior agregación. A continuación, se muestran las ecuaciones de referencia para cada una de las siete (7) variables involucradas en el cálculo del ICA a nivel regional.

- **Oxígeno disuelto (OD):**

El oxígeno gaseoso disuelto en el agua es vital para la existencia de la mayoría de biota acuática. La concentración de oxígeno disuelto (DO) es un indicador de la calidad ecológica del agua, y condiciona la presencia o ausencia de biota en el ecosistema acuático.

El nivel de saturación de oxígeno corresponde al nivel máximo esperado para ciertas condiciones de temperatura, salinidad y presión. Este nivel puede estimarse debido a que existe una relación entre la concentración en la atmósfera y en el cuerpo de agua (Ley de Henry).

El porcentaje de saturación consiste en dividir la concentración en mg/L O_2, sobre el nivel de saturación de dicho cuerpo de agua, a la misma salinidad, y temperatura y presión del aire. Considerando que los cuerpos analizados son de agua dulce, se presentan las siguientes ecuaciones que permiten determinar el nivel de saturación de oxígeno, a partir de la temperatura del aire expresada en ˚C (USEPA, 1995) y con la presión, la cual, a su vez, está relacionada con la elevación sobre el nivel del mar.

Corrección por temperatura:

$$DO_{ST} = \frac{468}{31.57 + T}$$

Corrección por Presión:

$$DO_{SP} = O_s(1 - 0{,}1148 \times Elev)$$

Oxígeno de Saturación

$$\%SatOD = \frac{OD\ (medido)}{DOD_{STP}} \times 100$$

En donde:

DOST: Es el oxígeno de saturación corregido por Temperatura del aire

T: Es la temperatura del aire expresada en ˚C

DOSP: Es el oxígeno de saturación corregido por la presión parcial en el aire, o por la elevación.

Elev: Es la elevación expresada en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m)

%SatOD: Porcentaje de saturación del oxígeno disuelto, relación entre el oxígeno disuelto medido y el nivel de saturación corregido por presión y temperatura.

Para calcular el Subíndice del porcentaje de saturación de oxígeno se aplica la siguiente ecuación:

$I_{\%sat\ OD}$= 1- (1- 0,01 * % saturación de OD)

En los casos que el porcentaje de saturación de OD sea mayor a 100%, se utiliza la siguiente ecuación:

$I_{\%sat\ OD}$= 1- (1- 0,01 * % saturación de OD - 1)

- **Sólidos suspendidos totales (SST)**

La presencia de sólidos en suspensión en los cuerpos de agua puede deberse a condiciones naturales propias de los procesos del ciclo de sedimentos o puede corresponder a la ocurrencia de alteraciones de dicho ciclo por procesos erosivos inducidos, extracción o disposición de materiales, vertimientos industriales, entre otros. Esta variable tiene una relación directa con la turbiedad. El subíndice de calidad para sólidos suspendidos se calcula de acuerdo con las siguientes ecuaciones (ENA, 2010):

I_{SST}= 1 - (-0,02 + 0,003 x SST mg/L)

Si SST <= 4,5, entonces I_{sst} = 1

Si SST >= 320, entonces I_{sst} = 0

- **Demanda química de oxígeno (DQO):**

Esta variable refleja la presencia de sustancias químicas susceptibles de ser oxidadas a condiciones fuertemente acidas y alta temperatura, como la materia orgánica, ya sea biodegradable o no, y la materia inorgánica. El subíndice para DQO se estima siguiendo las siguientes expresiones:

Si $DQO \leq 20$, entonces $I_{DQO} = 0{,}91$

Si $20 < DQO \leq 25$, entonces $I_{DQO} = 0{,}71$

Si $25 < DQO \leq 40$, entonces $I_{DQO} = 0{,}51$

Si $40 < DQO \leq 80$, entonces $I_{DQO} = 0{,}26$

Si $DQO > 80$, entonces $I_{DQO} = 0{,}125$

- **Conductividad eléctrica (C.E.):**

Esta variable refleja la mineralización, presencia de sales, conjugando cationes y aniones disueltos. Incrementos en la misma pueden darse por vertimientos domésticos de grandes asentamientos humano, tratamiento químico de aguas, vertimientos de corredores industriales, empleo de fertilizantes en la actividad agrícola, influencia volcánica o por la composición natural del suelo (IDEAM, 2010). El subíndice para C.E. se estima siguiendo las siguientes ecuaciones:

$$I_{C.E} = 1 - 10^{(-3{,}26 + 1{,}34 \log_{10} C.E)}$$

Si $I_{C.E} < 0$, entonces $I_{C.E} = 0$

- **Nitrógeno total/Fósforo total (NT/PT)**

Esta variable refleja niveles de intervención antrópica que pueden estar degradando el ecosistema acuático, expresada como una forma de aplicar el concepto de saprobiedad. Es decir, la posibilidad de la fuente de asimilar carga orgánica. Las fórmulas para calcular el subíndice de calidad para NT/PT son:

Si $NT/PT >= 15$, entonces $I_{N/P} = 0{,}80$

Si 10 < NT/PT < 15, entonces $I_{N/P}$ = 0,60

Si 5 < NT/PT <= 10, entonces $I_{N/P}$ = 0,35

Si NT/PT <= 5, entonces $I_{N/P}$ = 0,15

- **pH**

El pH es un indicador de la acidez o alcalinidad del agua. Valores extremos de acidez pueden afectar la biota acuática. El subíndice se puede estimar de acuerdo con la hoja metodológica del IDEAM de la siguiente forma:

Si pH < 4 entonces I_{pH} =0,10

Si pH está entre 4 y 7 inclusive, entonces $I_{pH} = 0{,}02628419 \times e^{(pH*0{,}520025)}$

Si pH está entre 7,1 y 8,0 entonces I_{pH} = 1

Si pH está entre 8,1 y 11 entonces $I_{pH} = 1 \times e^{((pH-8) - 0{,}5187742)}$

Si pH es > a 11,1 I_{pH} = 0,10

- **Coliformes Fecales**

Las coliformes son una familia de bacterias que se encuentran comúnmente en el suelo y seres vivos (aves silvestres y heces fecales de seres de sangre caliente). Su presencia puede ser un reflejo de aguas contaminadas por aguas residuales o presencia de desechos en descomposición. Generalmente, las coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos de fondo de los cuerpos de agua (Munn, 2004).

El grupo de bacterias coliformes totales comprende todos los bacilos Gramnegativos aerobios o anaerobios facultativos, no esporulados, que fermentan la lactosa con producción de gas en un lapso máximo de 48 h a 35˚C ± 1ºC. Este grupo está conformado por 4 géneros principalmente: Enterobacter, Escherichia, Citrobacter y Klebsiella. El grupo de coliformes fecales, está constituido por bacterias Gramnegativas capaces de fermentar la lactosa con producción de gas a las 48 h de incubación a 44,5

± 0,1°C. Este grupo no incluye una especie determinada, sin embargo, la más prominente es Escherichia coli. El subíndice para las coliformes fecales es extraído de Cude (2001) como sigue:

Si CF < 50/100 mL entonces ICF = 0,98

Si 50/100 mL <= CF < 1600/100 mL entonces I CF = 0,98 x e $^{((CF-50)\ x\ -9,917754E-4)}$

Si CF >= 1600/100 mL entonces ICF = 0,10

33.4.2. Determinación del ICA

Para calcular el ICA se utiliza una suma lineal ponderada de los subíndices (I_i) de cada una de las variables. Estas agregaciones se expresan matemáticamente de la siguiente manera:

Donde,

ICA_{njt} Es el Índice de calidad del agua de una determinada corriente superficial en la estación de monitoreo de la calidad del agua j en el tiempo t, evaluado con base en n variables.

W_i Es el ponderador o peso relativo asignado a la variable de calidad i.

I_{ikjt} Es el valor calculado de la variable i (obtenido de aplicar la curva funcional o ecuación correspondiente), en la estación de monitoreo j, registrado durante la medición realizada en el trimestre k, del período de tiempo t.

n Es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador; n es igual a 7 a nivel regional

La solución de la anterior sumatoria es como sigue:

$$ICA_{njt} = (W_{i\ \%satOD}.\ I_{\%satOD}) + (W_{i\ SST}.I_{SST}) + (W_{i\ DQO}.\ I_{DQO}) + (W_{i\ C.E}.I_{C.E}) + (W_{i\ N/P}.\ I_{N/P}) + (W_{i\ pH}.\ I_{pH}) + (W_i\ I_{C.F}.\ I_{C.F})$$

33.4.2.1. Asignación de descriptores del ICA

De acuerdo con IDEAM (2010), el ICA define una clasificación descriptiva de la calidad del agua en cinco (5) categorías: buena, aceptable, regular, mala o muy mala (Tabla 551), las cuales se representan gráficamente o espacialmente en una escala de colores determinada.

Tabla 551. Descriptores de la calidad del agua a partir del ámbito numérico del ICA

Descriptores	Ámbito numérico	Color
Muy malo	0 – 0,25	Rojo
Malo	0,26 – 0,50	Naranja
Regular	0,51 – 0,70	Amarillo
Aceptable	0,71 – 0,90	Verde
Bueno	0,91 – 1,00	Azul

Fuente IDEAM (2010)

33.5. Metodología para la estimación del índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua - IACAL

El Índice de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL), corresponde al valor numérico que califica en una (1) de cinco (5) categorías, la razón existente entre la carga contaminante que se estima recibe una unidad hidrográfica anualmente y la oferta hídrica superficial, para año medio y año seco, de esta misma unidad estimada a partir de una serie de tiempo.

La fórmula general de cálculo del indicador es la siguiente:

$$IACAL_{jt-añomed} = \frac{\sum_{i=1}^{n} catiacal_{ijt-añomed}}{n}$$

Donde:

$IACAL_{jt}$ Es el Índice de alteración potencial de la calidad del agua de una subzona hidrográfica j durante el período de tiempo t, evaluado para un escenario de oferta hídrica dado.

$catiacal_{ijt}$ Es la categoría de clasificación de la amenaza por la potencial alteración de la calidad del agua que representa el valor de la estimación de la carga de la variable de calidad i que se puede estar vertiendo a la subzona hidrográfica j durante el período de tiempo t dividido por la oferta hídrica propia de un escenario hidrológico dado.

n Es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador; n es igual a 5.

El cálculo de cada uno de los $_{iacal_{ijt}}$, se realiza mediante la siguiente fórmula general:

$$iacal_{ijt} = \frac{C_{ijt}}{O}$$

Donde:

$iacal_{ijt}$ Son las estimaciones de las cargas de la variable de calidad i que se puede estar vertiendo a la subzona hidrográfica j durante el período de tiempo t ponderado por la oferta hídrica estimada para un escenario hidrológico dado.

C_{ijt} Es la carga de la variable de calidad i que se puede estar vertiendo a la subzona hidrográfica j durante el período de tiempo t.

O Es, respectivamente, la oferta hídrica estimada para un escenario hidrológico dado.

En la Tabla 552 se registran los rangos de los valores del IACAL, la categoría de clasificación que se le asigna a cada uno de ellos, la calificación del nivel de presión al que corresponde y el color que la representa. Esta información presentada inicialmente en el Estudio Nacional del Agua - ENA 2010, fue actualizada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM (2020), mediante la Hoja Metodológica Versión 1,1., la cual a su vez tomó como insumo el ENA 2018. Dentro de los cambios realizados se encuentra el ajuste de los valores límites que definen los rangos. Nótese que para los percentiles de SST se redondean los valores del rango a una (1) cifra decimal, para el fósforo tres (3) cifras, mientras que, para las demás variables, se redondea a dos (2) cifras decimales.

Tabla 552. Rangos de los Catiacales

Categoría de presión	Descriptor de presión	Percentiles DBO	Percentiles DQO - DBO	Percentiles SST	Percentiles NT	Percentiles PT
		carga en toneladas año/ millones de metros cúbicos				
1	Baja	<0,14	<0,14	<0,4	<0,03	<0,005
2	Moderada	0,14 a 0,39	0,14 a 0,35	0,4 a 0,7	0,03 a 0,05	0,005 a 0,013
3	Media	0,40 a 1,20	0,36 a 1,16	0,8 a 1,8	0,06 a 0,13	0,014 a 0,035
4	Alta	1,21 a 4,85	1,17 a 6,77	1,9 a 7,6	0,14 a 0,55	0,036 a 0,134
5	Muy Alta	≥4,86	≥6,78	≥7,7	≥0,56	≥0,135

Fuente: ENA 2010 – IDEAM y actualizado con Ficha Metodológica IDEAM V 1.1

Las categorías de presión con los respectivos rangos que se asignarán a cada variable se muestran en la Tabla 553.

Tabla 553. Categorización IACAL

Rangos	Categoría de clasificación	Calificación de la presión
1,0 a 1,5	1	Baja
1,6 a 2,5	2	Moderada
2,6 a 3,5	3	Media-Alta
3,6 a 4,4	4	Alta
4,5 a 5,0	5	Muy Alta

Fuente: ENA 2010 – IDEAM

34. Índice de Calidad del Agua – ICA

34.1. Índice de Calidad del Agua para la Subzona Hidrográfica del Río Alto Saldaña

En la Subzona Hidrográfica del Río Alto Saldaña, el Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) muestra un estado "*Aceptable*" en la parta alta de la cuenca a la altura de la cabecera municipal de Herrera en la confluencia del Río Hereje al Río Saldaña. A su vez, las condiciones de calidad del agua para el abastecimiento de la Asociación de Usuarios del Acueducto de Bilbao ubicado sobre el municipio de Planadas, muestra una condición "*Aceptable*" no representando un riesgo para su consumo (***Tabla 554***).

En la parte media de la cuenca del Río Alto Saldaña, se presenta la confluencia del Río Siquila bajo una condición "*Regular*" de calidad provocado principalmente por valores bajos en los subíndices asociados a los parámetros de coliformes fecales (0.1), relación de nitrógeno total/fosforo total (0.15) y oxígeno disuelto (0.3). Aguas abajo a la altura de la confluencia del Río Cambrín al Río Saldaña, la condición se mantiene en "*Aceptable*" para estas dos corrientes hídricas.

Tabla 554. *Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona Hidrográfica del Río Alto Saldaña*

Descripción Sitio	Lat	Long	Código	IsatOD	ISST	IDQO	ICE	INP	IpH	ICF	ICA	Descriptor
R. Hereje A. Arriba Herrera	3.286	-75.824	C_ASAL_1	0.99	0.99	0.71	0.84	0.80	0.85	0.77	0.85	ACEPTABLE
R. Saldaña A. Arriba Herrera	3.282	-75.819	C_ASAL_2	0.82	0.99	0.71	0.84	0.80	1.00	0.91	0.87	ACEPTABLE
Asoc. de Usuarios del Acueducto Bilbao - Planadas	3.260	-75.733	C_ASAL_3	0.97	0.99	0.91	0.76	0.80	0.99	0.93	0.91	ACEPTABLE
R. Siquila A. Arriba confluencia al R. Saldaña	3.322	-75.738	C_ASAL_4	0.30	0.97	0.71	0.73	0.15	1.00	0.10	0.56	REGULAR
R. Saldaña A. Arriba confluencia del R. Cambrín	3.406	-75.702	C_ASAL_5	0.33	0.87	0.91	0.73	0.80	1.0	0.93	0.79	ACEPTABLE
R. Mendarco A. Arriba confluencia al R. Saldaña	3.468	-75.582	C_ASAL_6	0.63	0.00	0.71	0.47	0.35	0.78	0.93	0.56	REGULAR
R. Saldaña A. Arriba confluencia del R. Atá	3.453	-75.586	C_ASAL_7	0.68	0.53	0.91	0.74	0.80	0.94	0.98	0.79	ACEPTABLE
R. Blanco A. Arriba confluencia al R. Anamichú	3.47	-75.67	C_ANAM_6	0.64	0.13	0.91	0.55	0.15	0.68	0.94	0.57	REGULAR
R. Anamichú A. Arriba confluencia del R. Blanco	3.47	-75.67	C_ANAM_7	0.70	0.95	0.91	0.82	0.80	1.00	0.88	0.86	ACEPTABLE
R. Atá A. Arriba confluencia al R. Saldaña	3.43	-75.60	C_ATA_16	0.56	0.00	0.91	0.71	0.80	1.00	0.93	0.70	REGULAR
R. Cambrín A. Arriba confluencia al R. Saldaña	3.43	-75.70	C_CAMB_2	0.75	0.99	0.91	0.74	0.15	1.00	0.98	0.79	ACEPTABLE

Sobre la parte baja de la cuenca, se presenta el aporte al Río Saldaña por parte del Río Anamichú. Este presenta dos condiciones de calidad antes de su confluencia al Río Saldaña. La primera condición es "*Aceptable*" sobre el Río Anamichú aguas arriba de la confluencia del Río Blanco, y una segunda condición de "*Regular*" sobre el Río Blanco aguas arriba de la confluencia al Río Saldaña. Otros aportes al Río Saldaña es la del Río Atá y la del Río Mendarco ambos con una condición "*Regular*" de calidad. Esta condición de calidad por parte del Río Mendarco es debido principalmente a valores bajos en los subíndices de sólidos suspendidos totales (0), relación de nitrógeno total/fosforo total (0.35) y conductividad eléctrica (0.47).

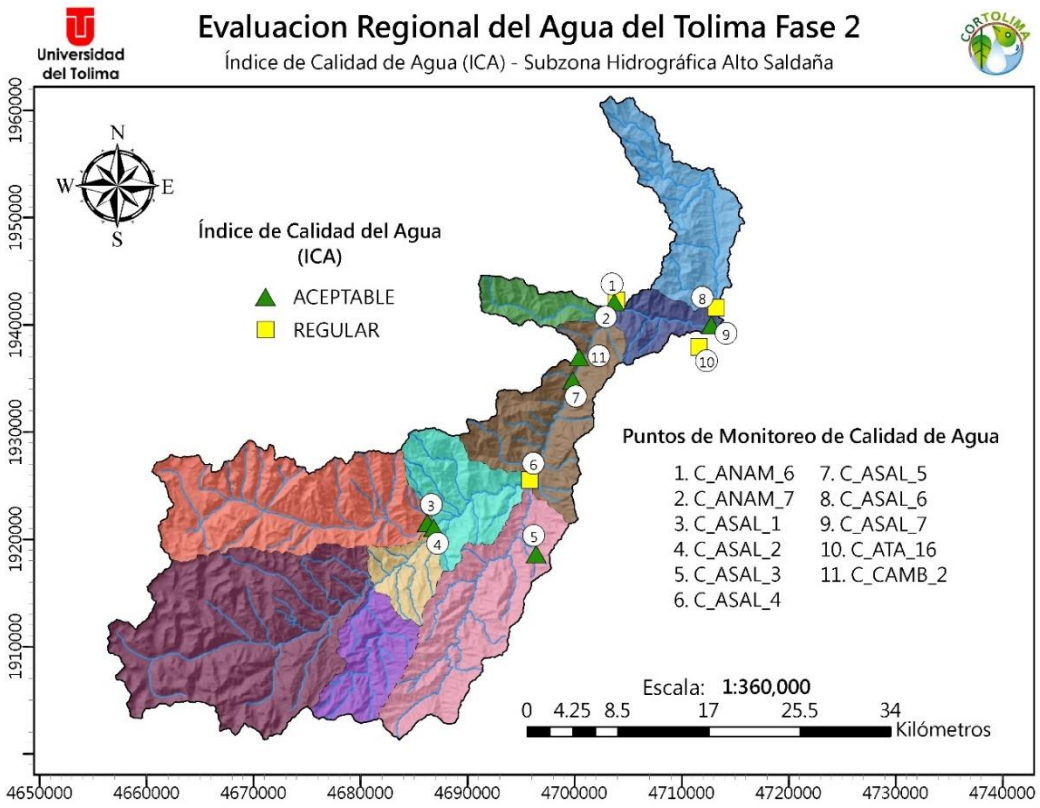


Figura 635. *Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) para la Subzona Hidrográfica del Río Alto Saldaña.*

En términos generales, la Subzona Hidrográfica del Río Alto Saldaña presenta una condición de calidad "*Aceptable*" en la parte alta de la cuenca y sobre su cauce principal, y una condición "*Regular*" por parte de afluentes tales como el Río Siquila debido a posible aporte de carga difusa de origen agropecuario y los Ríos Atá y Mendarco provocado por la alta concentración de sólidos suspendidos en estas corrientes hídricas (**Figura 50**).

34.2. Índice de Calidad del Agua para la Subzona Hidrográfica del Río Amoyá

El Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) para la Subzona Hidrográfica del Río Amoyá en su parte alta inicia en condición "*Aceptable*" en la confluencia del Río Amoyá y el Río El Davis en inmediaciones de la captación por parte de la Central Hidroeléctrica (CH) ISAGEN. Aguas abajo de esta captación, la condición se degrada levemente pasando a "*Regular*" esto debido a la degradación del ecosistema por la intervención antrópica (CH ISAGEN) presentando un valor bajo en la relación del subíndice nitrógeno total/fosforo total (0.15) (***Tabla 555***).

Tabla 555. *Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona Hidrográfica del Río Amoyá*

Descripción Sitio	Lat	Lon	Código	IsatOD	ISST	IDQO	ICE	INP	IpH	ICF	ICA	Descriptor
R. Amoyá El Salado (A. Arriba CH ISAGEN)	3.851	-75.659	C_AMOY_1	0.38	0.99	0.71	0.58	0.80	0.84	0.98	0.75	ACEPTABLE
R. El Davis A. Arriba confluencia R. Amoyá	3.850	-75.657	C_AMOY_2	0.40	0.99	0.71	0.13	0.80	1.00	0.98	0.71	ACEPTABLE
R. Amoyá A. Abajo CH ISAGEN	3.848	-75.653	C_AMOY_3	0.38	0.99	0.91	0.58	0.15	1.00	0.73	0.67	REGULAR
Acueducto Mpal Chaparral - EMPOCHAPARRAL	3.821	-75.589	C_AMOY_4	0.65	0.99	0.91	0.48	0.80	1.00	0.74	0.79	ACEPTABLE
Acueducto Mpal Chaparral - EMPOCHAPARRAL	3.814	-75.584	C_AMOY_5	0.69	0.97	0.91	0.48	0.80	0.68	0.10	0.66	REGULAR
R. Amoyá Vega Chiquita	3.795	-75.569	C_AMOY_7	0.61	0.99	0.91	0.56	0.80	1.00	0.10	0.71	REGULAR
R. Ambeima A. Arriba confluencia R. Amoyá	3.737	-75.569	C_AMOY_8	0.96	0.98	0.91	0.63	0.60	0.70	0.82	0.80	ACEPTABLE
Asoc. Usuarios del Acueducto Rural El Limón/Chaparral	3.641	-75.604	C_AMOY_9	0.98	0.95	0.71	0.58	0.15	0.70	0.83	0.70	REGULAR
R. Amoyá - Captación Acueducto Chaparral	3.714	-75.524	C_AMOY_11	0.68	0.74	0.91	0.66	0.80	1.00	0.98	0.82	ACEPTABLE
Q. Tuluní A. Arriba confluencia R. Amoyá	3.652	-75.482	C_AMOY_12	0.75	0.69	0.71	0.83	0.80	1.00	0.39	0.74	ACEPTABLE
R. Amoyá A. Arriba confluencia R. Saldaña	3.663	-75.403	C_AMOY_15	0.85	0.92	0.91	0.57	0.15	0.61	0.97	0.72	ACEPTABLE
Q. El Neme A. Arriba confluencia R. Amoyá	3.676	-75.360	C_AMOY_16	0.30	0.00	0.51	0.00	0.15	1.00	0.10	0.29	MALO

Aguas debajo de la captación de la CH ISAGEN, se cuentan con dos captaciones para consumo humano, la primera, ubicada sobre el Río Amoyá la cual cuenta con una condición "*Aceptable*" no representando ningún riesgo para su consumo, en contrate con la segunda captación ubicada sobre la Quebrada San Jorge la cual cuenta con una condición "*Regular*" con valores bajos en los subíndices relacionados con los

parámetros de coliformes fecales (0.10) indicando posibles problemas de contaminación debido a vertimientos domésticos o la presencia de actividades agropecuarias. Misma condición "*Regular*" se evidencia aguas abajo sobre el Río Amoyá en el sector Vega Chiquita provocado por una alta presencia de coliformes fecales (0.10) en la corriente hídrica (***Figura 636***).

En la parte media de la cuenca, se cuenta con el aporte del Río Ambeima el cual presenta una condición "*Aceptable*", situación similar ocurre sobre el Río Amoyá a la altura de la tercera captación por parte del centro poblado del municipio de Chaparral. La Quebrada Tuluní en la parte alta cuenta con una captación para consumo humano de la Asociación de Usuarios del Acueducto Rural El Limón, la cual presenta una condición de calidad "Regular", esto debido a una degradación del ecosistema provocando una baja relación de nitrógeno total/fosforo total ocasionada por la posible presencia de actividades agrícolas o ganaderas. Así mismo, se evidencia una recuperación de este cuerpo de agua antes de su confluencia al Río Amoyá presentando una calidad "*Aceptable*".

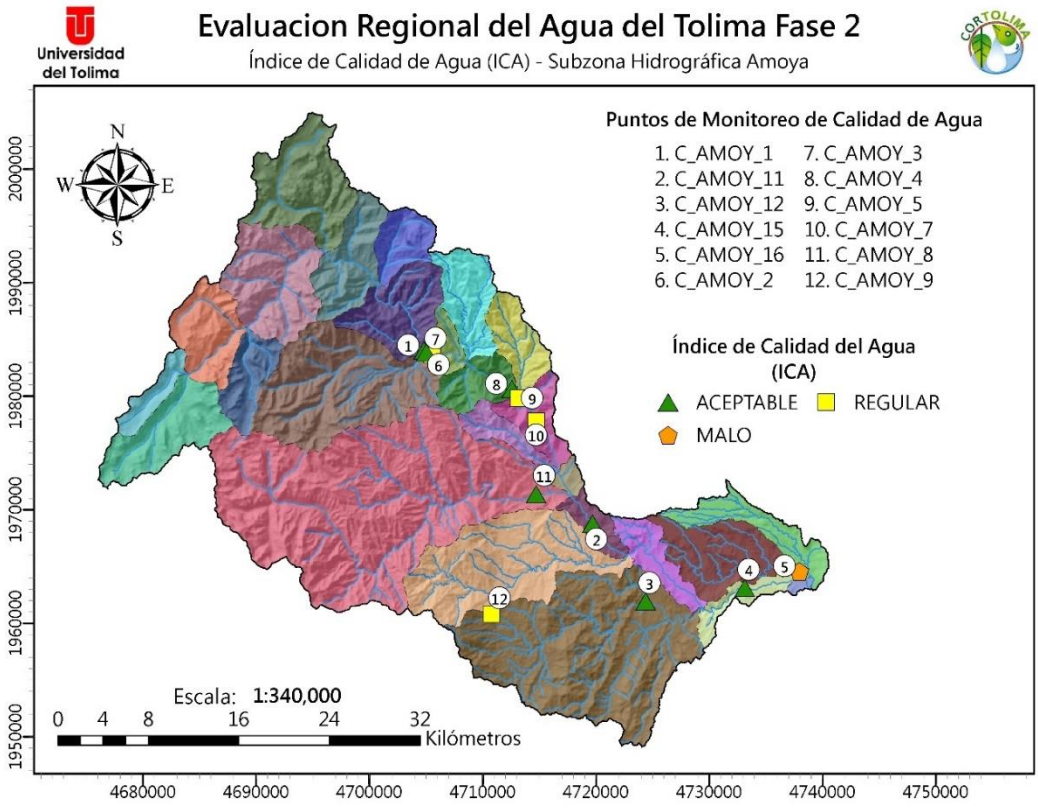


Figura 636. *Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) para la Subzona Hidrográfica del Río Amoyá.*

En la parte baja del Río Amoyá, se observa una disminución en la calidad del agua debido a la presencia de aporte de carga difusa de origen agropecuario y la alta concentración de sólidos suspendidos totales, lo que se traduce en una categorización como "*Malo*" para la Quebrada El Neme, alterando la condición "*Aceptable*" que el Río Amoyá presenta aguas arriba de la confluencia de este cuerpo hídrico.

34.3. Índice de Calidad del Agua para la Subzona Hidrográfica del Río Anamichú

La Subzona Hidrográfica del Río Anamichú en su parte baja, presenta un índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) en condición "Aceptable", específicamente aguas arriba de la confluencia del Río Blanco. Sobre este último, el centro poblado del municipio de Rioblanco cuenta con una captación para su abastecimiento sobre la Quebrada Quebradón, ubicada en la parte alta de la cuenca (Río Blanco) la cual presenta una condición "Aceptable". El Río Blanco a su paso por el centro poblado presenta una condición de calidad "*Aceptable*" la cual se degrada aguas abajo debido a alta concentración de solidos suspendidos totales en condición de turbiedad por parte de la Quebrada Chele la cual afecta su condición de calidad a "*Regular*" con un bajo valor del subíndice relacionado al parámetro de sólidos suspendidos totales (0.35), persistiendo su condición hasta su confluencia al Río Anamichú (***Tabla 556***).

En términos generales, la Subzona Hidrográfica del Río Anamichú presenta una condición de calidad "*Aceptable*" sobre su cauce principal y en la parte alta del Río Blanco, salvo el sector aguas abajo del centro poblado donde la condición de reduce a "*Regular*" (***Figura 637***).

Tabla 556. *Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona Hidrográfica del Río Anamichú*

Descripción Sitio	Lat	Lon	Código	IsatOD	ISST	IDQO	ICE	INP	IpH	ICF	ICA	Descriptor
Acueducto Municipal Rioblanco	3.563	-75.660	C_ANAM_1	0.60	0.99	0.71	0.81	0.80	1.00	0.77	0.81	ACEPTABLE
R. Blanco A. Arriba CP Rioblanco	3.534	-75.643	C_ANAM_2	0.71	0.97	0.71	0.77	0.80	0.93	0.92	0.83	ACEPTABLE
R. Blanco A. Abajo CP Rioblanco	3.516	-75.662	C_ANAM_5	0.65	0.11	0.91	0.69	0.35	1.00	0.95	0.66	REGULAR
R. Blanco A. Arriba confluencia al R. Anamichú	3.473	-75.666	C_ANAM_6	0.64	0.13	0.91	0.55	0.15	0.68	0.94	0.57	REGULAR
R. Anamichú A. Arriba confluencia del R. Blanco	3.472	-75.668	C_ANAM_7	0.70	0.95	0.91	0.82	0.80	1.00	0.88	0.86	ACEPTABLE

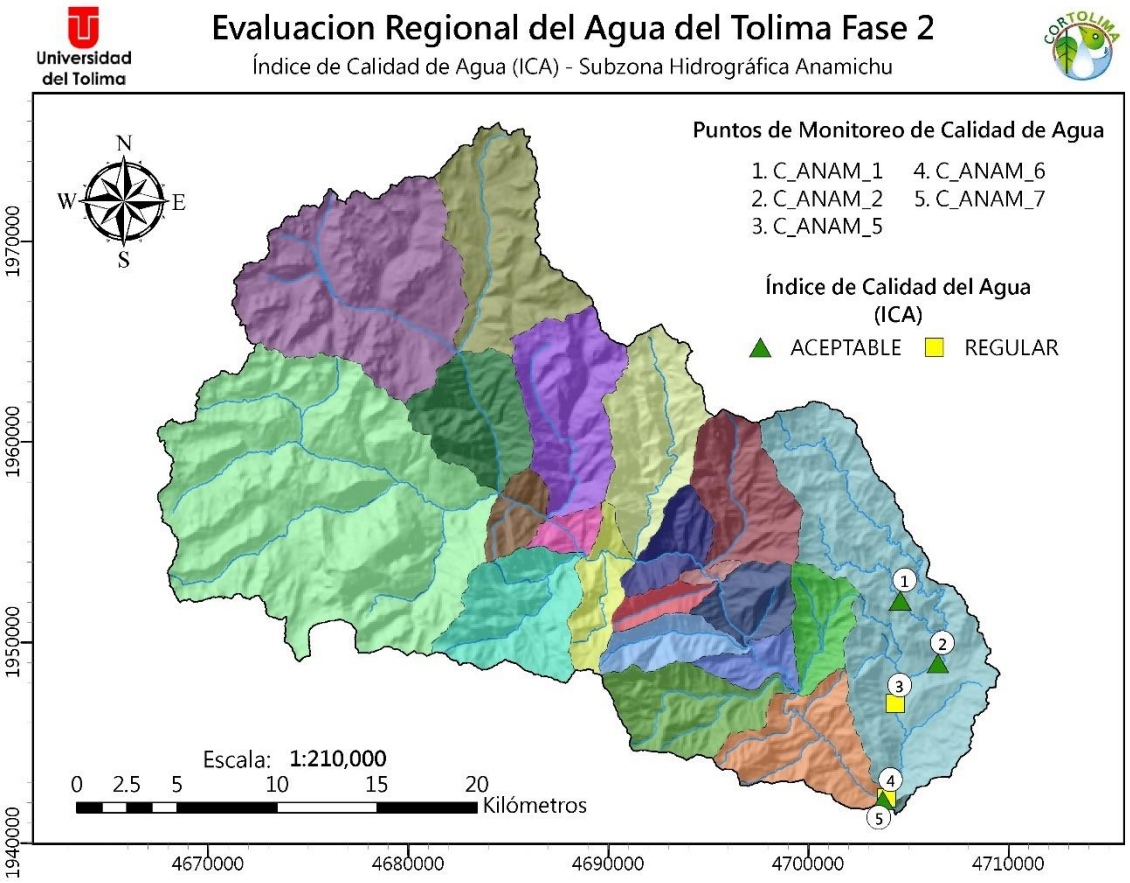


***Figura 637**. Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) para la Subzona Hidrográfica del Río Anamichú.*

34.4. Índice de Calidad del Agua para la Subzona Hidrográfica de los Ríos Anchique, Chenche y Directos al Magdalena

El Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) para el Río Anchique en su parte alta presenta una condición "*Aceptable*" principalmente a la altura del Acueducto Municipal del Municipio de Natagaima la cual se va degradando levemente aguas abajo en cercanías a la captación Santa Marta a una condición "*Regular*" debido a posible aporte de carga difusa producto de actividades agropecuarias con un bajo subíndice relacionado al parámetro de coliformes fecales (0.27). Sobre la Quebrada Natarroco se ubica la captación de la Asociación de Usuarios del Acueducto Resguardo Indígena Natarroco, con una condición "*Aceptable*", no presentando riesgo alguno para su consumo (***Tabla 557***).

En la parte baja sobre el Río Anchique se presenta una condición "*Regular*" en la calidad del agua llamando la atención valores bajos en el subíndice de coliformes fecales (0.10) y en la relación nitrógeno total/fosforo total (0.15) obedeciendo de nuevo a posible aporte de carga difusa de actividad ganadera y la degradación del ecosistema por actividades antrópicas sobre este tramo del río. Antes de su confluencia al Río Magdalena, el Río Anchique recibe el aporte de un afluente innominado cartográficamente el cual recibe los vertimientos del centro poblado Velú presentando una condición "*Aceptable*".

Tabla 557. *Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona Hidrográfica de los Ríos Anchique, Chenche y Directos al Magdalena*

Descripción Sitio	Lat	Lon	Código	IsatOD	ISST	IDQO	ICE	INP	IpH	ICF	ICA	Descriptor
R. Chenche A. Arriba Represa Zanja Honda (Triáng. Tolima)	3.763	-75.204	C_ANCH_1	0.79	0.98	0.91	0.80	0.15	1.00	0.10	0.68	REGULAR
Canal #1 (Principal) Triáng. Tolima	3.766	-75.177	C_ANCH_2	0.71	0.99	0.71	0.74	0.80	0.63	0.98	0.79	ACEPTABLE
Canal #2 D Triáng Tolima	3.757	-75.174	C_ANCH_3	0.51	0.99	0.71	0.72	0.80	1.00	0.98	0.81	ACEPTABLE
R. Chenche A. Abajo Represa Zanja Honda	3.762	-75.155	C_ANCH_4	0.67	0.88	0.71	0.66	0.15	1.00	0.10	0.60	REGULAR
R. Chenche A. Arriba CP Baura	3.862	-74.954	C_ANCH_9	0.66	0.75	0.51	0.51	0.15	1.00	0.38	0.57	REGULAR
Acueducto Municipal Saldaña - EMPUSALDAÑA	3.922	-75.013	C_BSAL_10	0.60	0.00	0.26	0.71	0.15	1.00	0.93	0.52	REGULAR
R. Chenche A. Abajo CP Baura (A. Arriba efluente PTAR)	3.879	-74.930	C_ANCH_11	0.68	0.74	0.51	0.49	0.15	1.00	0.28	0.55	REGULAR
Acueducto Municipal Purificación - ESP	3.850	-74.936	C_ANCH_14	0.77	0.00	0.26	0.64	0.35	1.00	0.38	0.49	MALO
R. Hilarco A. Arriba confluencia R. Magdalena	3.745	-75.018	C_ANCH_17	0.54	0.89	0.51	0.66	0.15	0.87	0.38	0.57	REGULAR
Resguardo Indígena Pijao Totarco Tamarindo	3.665	-75.188	C_ANCH_20	0.68	0.99	0.91	0.87	0.80	1.00	0.95	0.88	ACEPTABLE
Acued. Resguardo Indígena Natarroco	3.601	-75.154	C_ANCH_21	0.56	0.99	0.71	0.77	0.15	1.00	0.97	0.73	ACEPTABLE
Q. Guaguarco A. Arriba confluencia R. Magdalena	3.664	-75.089	C_ANCH_22	0.66	0.99	0.91	0.56	0.60	1.00	0.57	0.75	ACEPTABLE
Acueducto Municipal Natagaima - ESPUNAT SA	3.563	-75.142	C_ANCH_24	0.71	0.86	0.91	0.83	0.60	1.00	0.93	0.83	ACEPTABLE
R. Anchique A. Arriba captación Finca Sta Marta	3.578	-75.137	C_ANCH_25	0.58	0.97	0.51	0.74	0.80	1.00	0.27	0.69	REGULAR
R. Anchique A. Arriba confluencia Magdalena	3.571	-75.111	C_ANCH_26	0.49	0.89	0.51	0.78	0.15	1.00	0.10	0.56	REGULAR
Q. Rcep. Vert. CP Velú	3.557	-75.097	C_ANCH_27	0.62	0.99	0.71	0.00	0.80	1.00	0.90	0.72	ACEPTABLE
Asoc. Usuarios Acueducto Regional Velú	3.498	-75.184	C_ANCH_28	0.62	0.99	0.91	0.69	0.80	1.00	0.91	0.84	ACEPTABLE
Q. Yaco A. Arriba confluencia R. Magdalena	3.442	-75.141	C_ANCH_29	0.68	0.99	0.91	0.36	0.80	1.00	0.98	0.81	ACEPTABLE
Quebrada Coello A. Arriba confluencia Q. Guaguarco	3.701	-75.144	C_ANCH_30	0.59	0.95	0.91	0.51	0.80	1.00	0.69	0.77	ACEPTABLE
Acueducto Totarco Piedras	3.667	-75.166	C_ANCH_32	0.61	0.99	0.91	0.56	0.80	1.00	0.93	0.82	ACEPTABLE
Asoc. Usuarios Acueducto Vdas Niple, Floral y otros	3.653	-75.173	C_ANCH_33	0.62	0.99	0.91	0.85	0.80	1.00	0.93	0.87	ACEPTABLE

Para el Río Chenche, la condición de calidad en la parte alta inicia "*Regular*" con altos concentraciones de coliformes fecales representando un bajo valor del subíndice de para este parámetro (0.10) y por consiguiente una alta degradación del ecosistema con altos contenido de materia orgánica producto de aporte de carga difusa de origen ganadero reflejado en la baja relación de nitrógeno total/fosforo total (0.15). La calidad del agua que circula por los canales del distrito de riego del Triángulo del Tolima destinados para humectación presentan una condición "*Aceptable*", caso contrario se presenta aguas abajo del muro de contención donde la calidad sobre el Río Chenche es "*Regular*" debido a múltiples factores antrópicos (ganadería, turismo, obras de ocupación de cauce, agricultura, entre otros). En la parte baja del Río Chenche se presentan condiciones "*Regulares*" sobre el afluente debido a la alta presión por actividades agropecuarias en la zona (***Figura 638***).

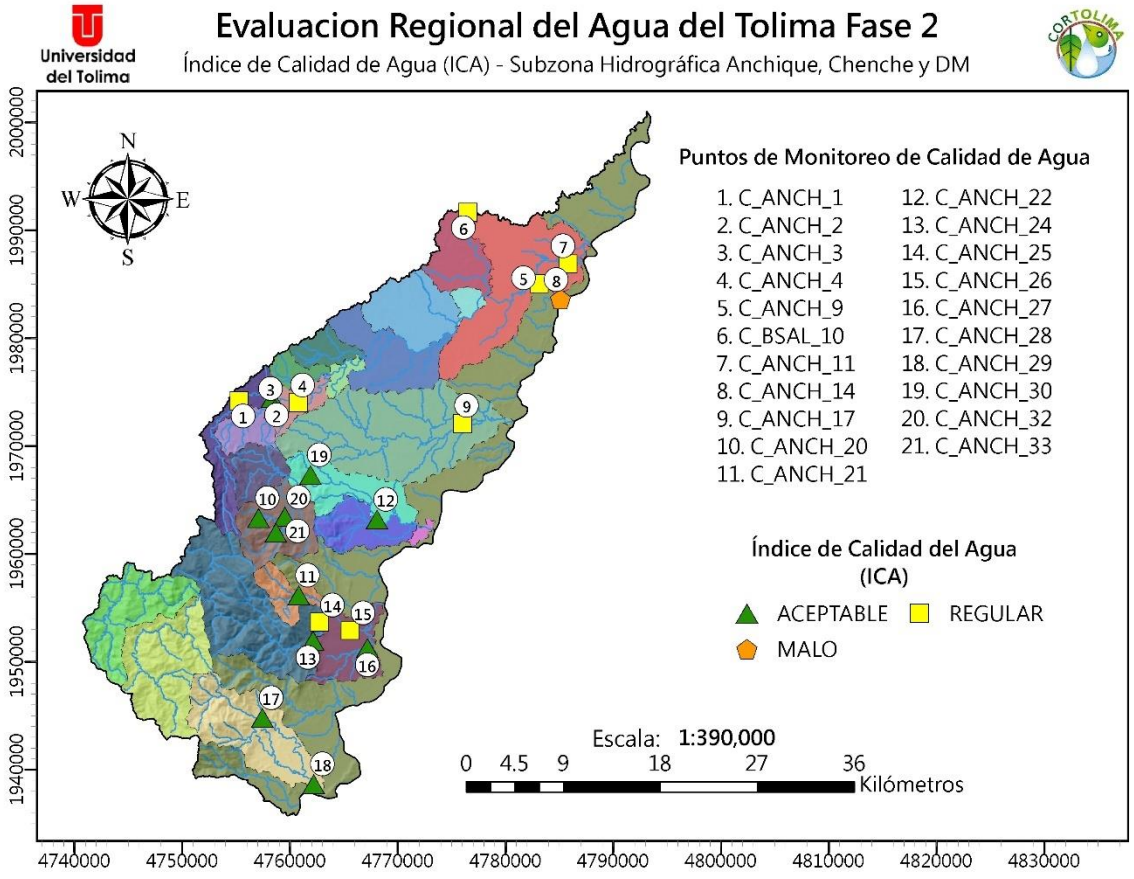


Figura 638*. Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) para la Subzona Hidrográfica de los Ríos Anchique, Chenche y Directos al Magdalena.*

Una condición de baja de calidad se presenta en la captación para el abastecimiento del casco urbano del municipio de Purificación, la cual toma sus aguas del Río Magdalena. Sobre esta captación se observa una "*Mala*" calidad del recurso debido a altas concentraciones de sólidos suspendidos totales, posible presencia de materia orgánica, y el aporte de carga difusa de origen agropecuario sobre el Río Magdalena.

Dentro de los afluentes directos al Magdalena analizados se cuentan con la Quebrada Yaco, la cual sirve de abastecimiento para consumo humano por parte de la Asociación de Usuarios del Acueducto Regional Velú en condición "*Aceptable*" persistiendo en su condición hasta su confluencia al Río Magdalena. La Quebrada Guaguarco, con captaciones en la parte alta para el abastecimiento humano por parte del Resguardo Indígena Pijao Totarco Tamarindo, Acueducto Totarco Piedras (Quebrada El Niple) y la Asociación de Usuarios del Acueducto para las Veredas Niple, Floral y otros (Quebrada Totarco) en condición "*Aceptable*", misma condición en la Quebrada Coello y aguas arriba de su confluencia al Río Magdalena. Por último, el Río Hilarco presenta una condición "*Regular*" antes de su confluencia al Río Magdalena producto de la incidencia de actividades agropecuarias aledañas al cuerpo hídrico.

34.5. Índice de Calidad del Agua para la Subzona Hidrográfica del Río Atá

La Calidad del Agua Superficial (ICA) en la Subzona Hidrográfica del Río Atá, presenta una condición "*Regular*" en la parte alta de la cuenca a la altura del centro poblado Gaitania debido a posible carga difusa de origen agrícola evidenciándose valores bajos en los subíndices relacionados a parámetros como nitrógeno total/fosforo total (INP = 0.15) y demanda química de oxígeno (IDQO = 0.26) (***Tabla 558***). Debido a su gran capacidad de depuración y oxigenación provocada por las altas pendientes y la sedimentación de material rocoso sobre la corriente hídrica, el Río Atá sufre un mejoramiento en su calidad siendo este "*Aceptable*" aguas abajo del centro poblado Gaitania (***Figura 639***). Esta misma condición del río se mantiene aguas abajo tanto para la captación por parte de la JAC de la Vereda San Isidro como aguas arriba del centro poblado de Planadas.

El Río Atá antes de su paso por el centro poblado del municipio de Planadas presenta una calidad del agua "*Regular*" provocado por la degradación del ecosistema hídrico por consecuencia de actividades agrícolas evidenciándose bajo valor en el subíndice nitrógeno total/fosforo total (INP = 0.35). Aguas abajo del centro poblado, su degradación persiste en un estado "*Regular*" provocado por la presencia de vertimientos domésticos elevando la concentración principalmente de coliformes

fecales perjudicando la calidad del río. Por otro lado, sobre la Quebrada San Pablo, se encuentra situada la captación para el Acueducto Municipal de Planadas presentando una condición "*Aceptable*". Igual condición presenta el Río Claro, siendo este un afluente directo al Río Atá.

Tabla 558. *Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona Hidrográfica del Río Atá*

Descripción Sitio	Lat	Lon	Código	IsatOD	ISST	IDQO	ICE	INP	IpH	ICF	ICA	Descriptor
R. Atá A. Arriba CP Gaitania	3.091	-75.677	C_ATA_1	0.53	0.92	0.26	0.64	0.15	1.00	0.98	0.64	REGULAR
R. Atá A. Abajo CP Gaitania	3.100	-75.670	C_ATA_2	0.56	0.90	0.51	0.64	0.80	1.00	0.88	0.75	ACEPTABLE
JAC. Vda. San Isidro/Planadas	3.137	-75.645	C_ATA_3	0.35	0.99	0.91	0.92	0.35	1.00	0.96	0.77	ACEPTABLE
R. Atá A. Arriba CP Planadas	3.173	-75.645	C_ATA_4	0.37	0.92	0.91	0.66	0.35	0.64	0.81	0.66	REGULAR
Municipio de Planadas - Acueducto Municipal	3.210	-75.654	C_ATA_7	0.34	0.98	0.91	0.70	0.80	0.70	0.75	0.73	ACEPTABLE
R. Atá A. Abajo CP Planadas	3.212	-75.634	C_ATA_8	0.71	0.76	0.71	0.65	0.80	1.00	0.10	0.68	REGULAR
Asoc. usuarios acueducto Rural El Paraíso La Cumbre	3.203	-75.724	C_ATA_9	0.85	0.99	0.91	0.88	0.80	0.74	0.98	0.88	ACEPTABLE
R. Claro A. Arriba confluencia al R. Atá	3.266	-75.609	C_ATA_10	0.39	0.97	0.91	0.75	0.80	1.00	0.24	0.72	ACEPTABLE
Q. Montalvo A. Arriba confluencia al R. Atá	3.299	-75.613	C_ATA_11	0.52	0.50	0.91	0.71	0.35	0.65	0.10	0.53	REGULAR
R. Atá A. Arriba CP Santiago Pérez	3.329	-75.613	C_ATA_12	0.55	0.94	0.51	0.39	0.80	0.83	0.27	0.61	REGULAR
Acueducto Santiago Pérez	3.391	-75.597	C_ATA_13	0.36	0.93	0.71	0.65	0.60	1.00	0.25	0.64	REGULAR
R. Atá A. Arriba confluencia al R. Saldaña	3.435	-75.596	C_ATA_16	0.56	0.00	0.91	0.71	0.80	1.00	0.93	0.70	REGULAR

Otro gran afluente del Río Atá es la Quebrada Montalvo de la cual en su parte alta se encuentra ubicada la captación de la Asociación de Usuarios del Acueducto Rural El Paraíso La Cumbre con una condición "*Aceptable*". Aguas abajo en inmediaciones de su confluencia con el Río Atá, la Quebrada Montalvo degrada su calidad a "*Regular*", esto debido a la presencia de posible carga difusa de origen agropecuario con altas concentraciones de coliformes fecales (ICF = 0.10) y un bajo valor del subíndice en cuanto a la relación nitrógeno total/fosforo total (INP = 0.35). Esta condición "*Regular*" se mantiene sobre el Río Atá a la altura del centro poblado Condor, aunque su condición relativamente mejora no es los suficiente para lograr un descriptivo de calidad mayor.

En la parte baja de la cuenca del Río Atá sobre la Quebrada El Encanto se sitúa la captación por parte el Acueducto de Santiago Pérez la cual presenta una condición de calidad "*Regular*" con presencia de altas concentraciones de coliformes fecales producto de posible carga difusa de origen pecuario. Por último, el Río Atá antes de su confluencia al Río Saldaña presenta una calidad "*Regular*" debido a altas concentraciones de solidos suspendidos total en la corriente.

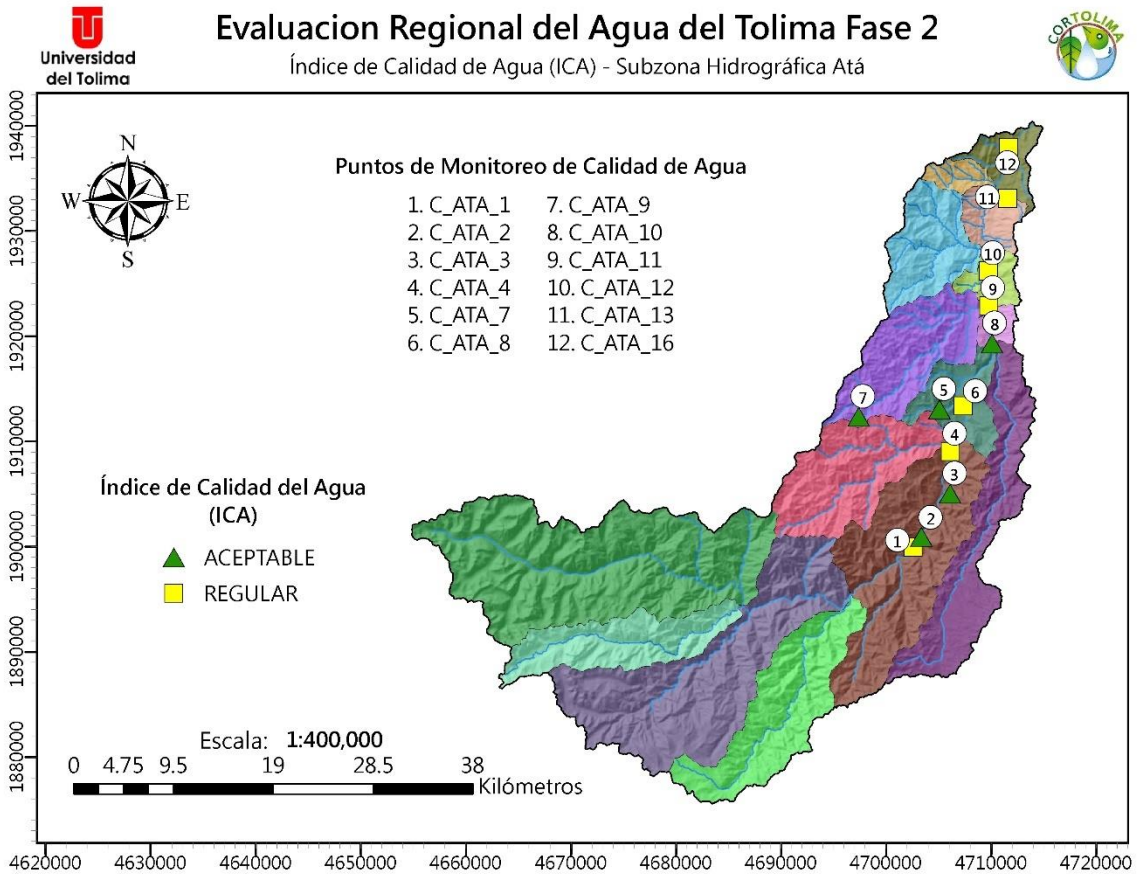


Figura 639. *Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) para la Subzona Hidrográfica del Río Atá*

34.6. Índice de Calidad del Agua para la Subzona Hidrográfica del Río Bajo Saldaña

En la Subzona Hidrográfica del Río Bajo Saldaña, el índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) se encuentra directamente influenciada por las cargas contaminantes

aportada a la altura de la confluencia de los Ríos Amoyá y Medio Saldaña; sobre la Quebrada Neme se presentan carga difusa de origen agropecuario categorizada como *"Malo"* basados en la alta cantidad de sólidos suspendidos totales (0.00), conductividad eléctrica (0.00) y coliformes fecales (0.10); adicionalmente sobre el Río Medio Saldaña aguas arriba de la confluencia del Río Amoyá, se clasifica como *"Regular"* la calidad del agua debido a la relación de nitrógeno total/fosforo total (0.15) siendo relacionado con las cargas contaminantes aportada por el sector agrícola de la parte media del Río Medio Saldaña.

Una condición particular presenta el acueducto municipal de Coyaima (EMPUCOY) al presentar una condición de calidad "*Regular*", algo llamativo siendo está una fuente para el abastecimiento de la población. Esta condición es caracterizada principalmente por presencia de coliformes fecales posiblemente de origen pecuario, alterando la condición natural de la Quebrada Meche. Sobre la parte media de la subzona hidrográfica del Río Bajo Saldaña se clasifican como *"Aceptable"* en el tramo comprendido desde aguas debajo de la confluecia de la Quebrada Meche hasta aguas abajo del centro poblado de Saldaña (***Tabla 559***).

Tabla 559. *Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona Hidrográfica del Río Bajo Saldaña*

Descripción Sitio	Lat	Lon	Código	IsatOD	ISST	IDQO	ICE	INP	IpH	ICF	ICA	Descriptor
Quebrada El Neme aar confl. río Amoyá	3.676	-75.360	C_AMOY_16	0.30	0.00	0.51	0.00	0.15	1.00	0.10	0.29	MALO
Río Saldaña aar confl. río Amoyá	3.650	-75.356	C_MSAL_10	0.61	0.75	0.71	0.58	0.15	1.00	0.76	0.65	REGULAR
ACUEDUCTO MPAL COYAIMA - EMPUCOY	3.707	-75.259	C_BSAL_1	0.59	0.99	0.71	0.58	0.80	0.60	0.47	0.67	REGULAR
Quebrada Meche aar confl. río Saldaña	3.740	-75.247	C_BSAL_2	0.43	0.99	0.71	0.52	0.80	0.75	0.84	0.71	ACEPTABLE
ACUED. MUNICIPAL COYAIMA EMPOCOY	3.790	-75.202	C_BSAL_4	0.72	0.76	0.71	0.60	0.80	1.00	0.98	0.79	ACEPTABLE
Río Saldaña aab CP Coyaima	3.808	-75.195	C_BSAL_6	0.65	0.77	0.51	0.58	0.80	1.00	0.88	0.74	ACEPTABLE
Canal USOSALDAÑA	3.912	-75.095	C_BSAL_7	0.46	0.63	0.91	0.53	0.80	1.00	0.98	0.75	ACEPTABLE
Río Saldaña aar CP Saldaña	3.928	-75.039	C_BSAL_9	0.44	0.79	0.91	0.53	0.80	1.00	0.98	0.77	ACEPTABLE
Río Saldaña aab CP Saldaña	3.933	-75.009	C_BSAL_13	0.43	0.80	0.71	0.55	0.80	1.00	0.98	0.75	ACEPTABLE
ACUEDUCTO MUNICIPAL EL GUAMO	4.046	-75.020	C_BSAL_16	0.71	0.00	0.26	0.63	0.60	1.01	0.10	0.48	MALO
Quebrada Lemayá aar confl. río Saldaña	3.997	-74.935	C_BSAL_18	0.39	0.98	0.51	0.00	0.15	1.00	0.10	0.45	MALO
Río Saldaña aar confl. río Magdalena	3.994	-74.891	C_BSAL_20	0.45	0.68	0.91	0.50	0.80	1.00	0.10	0.63	REGULAR
Río Tetuán aar confl. río Saldaña	3.876	-75.182	C_ORTE_1	0.76	0.84	0.91	0.34	0.15	1.00	0.59	0.66	REGULAR
Río Ortega aar confl. río Saldaña	3.919	-75.182	C_ORTE_2	0.88	0.85	0.91	0.46	0.15	1.00	0.65	0.70	REGULAR
Río Cucuana aar confl. río Saldaña	3.971	-75.096	C_ORTE_4	0.89	0.89	0.71	0.42	0.15	0.69	0.95	0.68	REGULAR
río Saldaña aar Capt. USOSALDAÑA	3.909	-75.104	C_ORTE_5	0.64	0.85	0.51	0.54	0.80	1.00	0.98	0.76	ACEPTABLE

Como afluentes importante al cauce principal de la subzona hidrográfica del Río Bajo Saldaña, se encuentra los Ríos Tetúan, Ortega y Cucuana, los cuales presentan una condición “Regular” en su calidad debido a que éstas se caracterizan por predominar los usos de suelos de actividades agropecuarias con una relación de nitrógeno total/fosforo total (0.15), con la diferencia sobre el río Cucuana por una menor cantidad de carga contaminante asociada a los coliformes totales (0.95), es decir que el aporte de carga se asocia a áreas de producción agrícola principalmente (***Figura 640***).

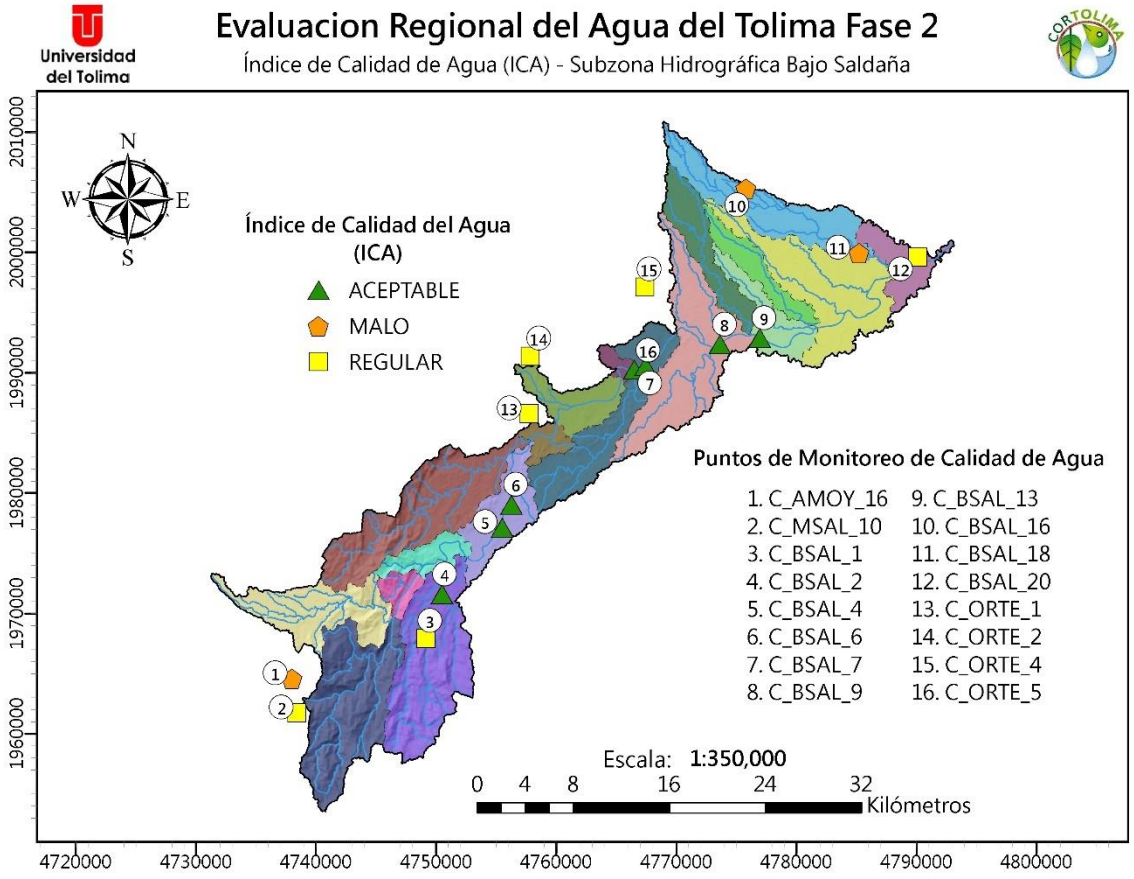


Figura 640*. Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) para la Subzona Hidrográfica del Río Bajo Saldaña.*

En cercanía de la confluencia de Río Bajo Saldaña con el Río Magdalena, ubicado en el punto de cierre de toda la cuenca hidrográfica del Río Saldaña se clasifica como

calidad del agua *"Regular"*, por contener una gran cantidad de coliformes fecales (0.10) y considerable cantidad de solidos suspendidos totales (; siendo el primer indicador asociado a la acumulación de coliformes de toda la cuenca y la acumulación de sólidos de toda la subzona hidrográfica. Como dinámica importante en el análisis del ICA para la subzona del Río Bajo Saldaña, el centro poblado del Guamo, a la altura de la Quebrada Zanja Seca afluente de Lemayá como fuente abastecedora y aguas arriba de la confluencia con el Río Bajo Saldaña como receptora de vertimientos se caracteriza la calidad del agua como *"Malo"*, basados en las coliformes fecales (0.10 y 0.10 respectivamente), conductividad eléctrica (0.63 y 0.00 respectivamente) y la relación de nitrógeno total/fosforo total (0.60 y 0.15 respectivamente), considerándose que la dinámica de las aguas arriba del centro poblado del Guamo que abastecen el acueducto municipal tienen una carga contaminante asociada a las actividades agropecuarias; y a la altura de la Quebrada Lemayá en el punto de monitoreo de la fuente receptora de vertimientos la carga contaminante es asociada a las aguas residuales domésticas (ARD) y aguas residuales no domésticas (ARnD) del Guamo. Estos aportes de carga contaminante integran la calidad del agua evaluada sobre el punto de cierre como *"regular"* y sobre la parte media y alta de la subzona del Río Bajo Saldaña predominan clasificaciones *"Aceptable"* en su calidad del agua.

34.7. Índice de Calidad del Agua para la Subzona Hidrográfica del Río Cambrín

En la Subzona Hidrográfica del Río Cambrín en términos generales se evidencia un Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) en condición "*Aceptable*" tanto en la parte media como en la parte baja de la cuenca hasta su desembocadura al Río Saldaña (***Figura 641***). Aun así, se observa la presencia de carga microbiológica relacionada a coliformes fecales producto de una posible carga difusa de origen pecuario (parte media de la cuenca) y carga difusa de origen agrícola (parte baja de la cuenca) con subíndices del orden ICF = 0.78 y INP = 0.15, respectivamente (***Tabla 560***).

Tabla 560. *Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona Hidrográfica del Río Cambrín*

Descripción Sitio	Lat	Lon	Código	IsatOD	ISST	IDQO	ICE	INP	IpH	ICF	ICA	Descriptor
R. Cambrín Parte Media	3.425	-75.748	C_CAMB_1	0.54	0.99	0.71	0.75	0.35	1.00	0.78	0.73	ACEPTABLE
R. Cambrín A. Arriba confluencia al R. Saldaña	3.426	-75.697	C_CAMB_2	0.75	0.99	0.91	0.74	0.15	1.00	0.98	0.79	ACEPTABLE

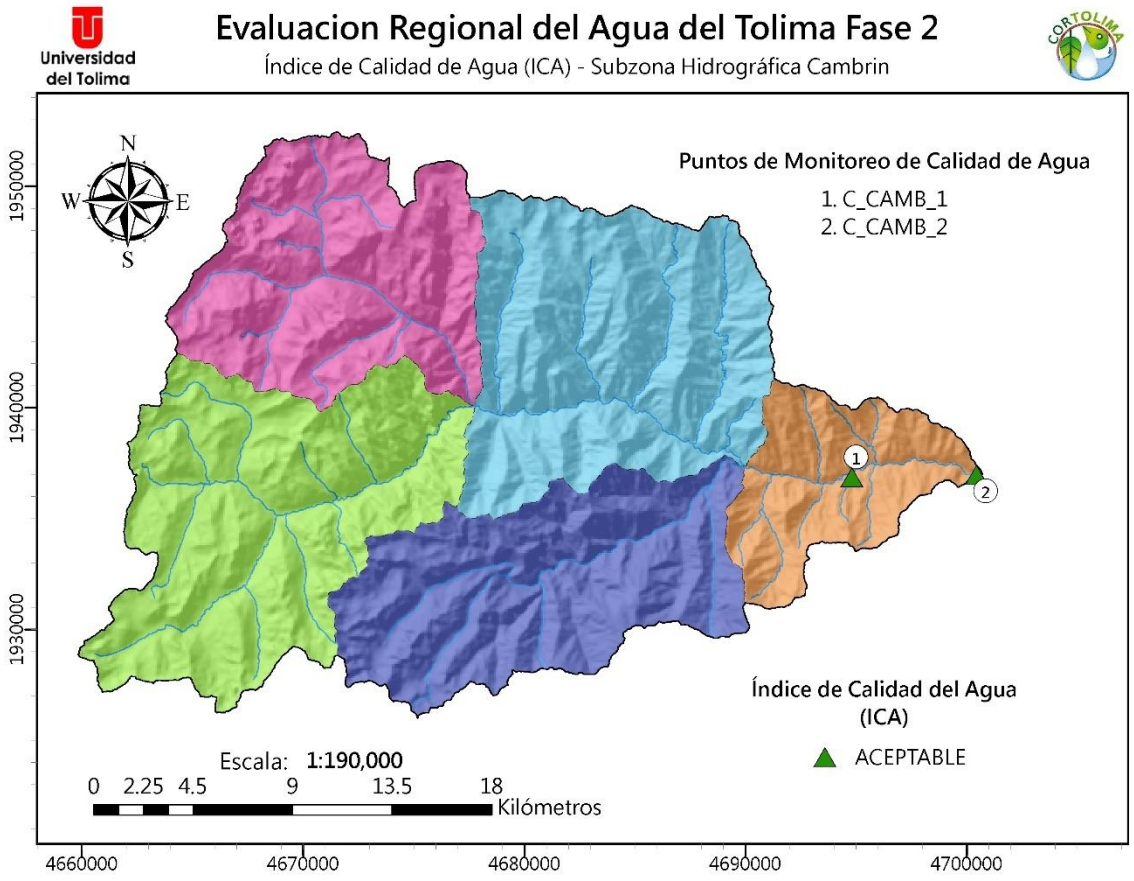


***Figura 641**. Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) para la Subzona Hidrográfica del Río Cambrín*

34.8. Índice de Calidad del Agua para la Subzona Hidrográfica del Río Medio Saldaña

En la Subzona Hidrográfica del Río Medio Saldaña, el índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) se encuentra caracterizada por las cargas contaminantes aportadas por las actividades agropecuarias y del sector industrial de minería de oro y sus concentrados y materiales de arrastre, categorizados con minería de subsistencia o artesanal y minería industrial con título minero por la Agencia Nacional de Minería (ANM), concentrados geográficamente en cercanía con los centros poblados de Ataco en la parte baja y Mesa de Pole en la parte alta de la subzona hidrográfica (***Tabla 561***).

Tabla 561. *Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona Hidrográfica del Río Medio Saldaña*

Descripción Sitio	Lat	Lon	Código	IsatOD	ISST	IDQO	ICE	INP	IpH	ICF	ICA	Descriptor
R. Mendarco A. Arriba confluencia al R. Saldaña	3.468	-75.582	C_ASAL_6	0.63	0.00	0.71	0.47	0.35	0.78	0.93	0.56	REGULAR
R. Saldaña A. Arriba confluencia al R. Atá	3.453	-75.586	C_ASAL_7	0.68	0.53	0.91	0.74	0.80	0.94	0.98	0.79	ACEPTABLE
Río Atá A. Arriba confluencia al R. Saldaña	3.435	-75.596	C_ATA_16	0.56	0.00	0.91	0.71	0.80	1.00	0.93	0.70	REGULAR
Asoc. Usuarios Minidistrito Riego Mesa de Pole	3.446	-75.527	C_MSAL_1	0.40	0.93	0.91	0.33	0.60	0.84	0.69	0.67	REGULAR
Quebrada Pole A. Arriba confluencia al R. Saldaña	3.463	-75.524	C_MSAL_2	0.47	0.56	0.91	0.51	0.15	0.68	0.93	0.60	REGULAR
Acueducto Municipal Ataco	3.549	-75.354	C_MSAL_3	0.38	0.98	0.71	0.46	0.80	0.71	0.64	0.66	REGULAR
Q. La Paipa A. Arriba CP Ataco	3.583	-75.379	C_MSAL_4	0.46	0.99	0.71	0.00	0.80	0.83	0.97	0.67	REGULAR
Q. La Paipa A. Abajo CP Ataco	3.592	-75.389	C_MSAL_5	0.57	0.99	0.91	0.00	0.80	0.73	0.98	0.71	REGULAR
R. Saldaña Brazo 2, A. Arriba CP Ataco	3.594	-75.394	C_MSAL_7	0.65	0.88	0.91	0.65	0.80	0.87	0.61	0.77	ACEPTABLE
Q. Calapicá A. Abajo Relleno Sanitario	3.607	-75.370	C_MSAL_9	0.46	0.99	0.71	0.00	0.80	0.66	0.87	0.64	REGULAR
R. Saldaña A. Arriba confluencia al R. Amoyá	3.650	-75.356	C_MSAL_10	0.61	0.75	0.71	0.58	0.15	1.00	0.76	0.65	REGULAR

En general la subzona hidrográfica del Río Medio Saldaña se categoriza como *"Regular"*. Únicamente se categorizan como "Aceptable" el ICA del Río Saldaña aguas arriba de la confluencia al Río Atá por los Sólidos Suspendidos Totales (0.53) debido a los procesos de erosión hídrica y transporte de sedimento, y sobre el Río Medio Saldaña Brazo 2 (al norte) aguas arriba del centro poblado de Ataco por los Coliformes Fecales (0.61) a causa de la contaminación difusa de abonos orgánicos con materia fecal y asociados las actividades agropecuarias (***Figura 642***).

Los principales causante de la "Regular" clasificación del ICA, corresponden a los Sólidos Suspendidos Totales (valores entre los 0.00 a 0.56), la Conductividad Eléctrica (valores entre 0.00 a 0.47) evidenciando una alta presencia de transporte de sedimentos acumulados de las partes altas de las cuencas hidrográficas afluentes aguas arriba de los puntos de monitoreo, y la Relación entre Nitrogeno y Fosforo (valores entre 0.15 a 0.60) evidencian procesos de contenido de materia organica diluida en el caudal del río, probablemente aportada por los sectores agropecuarios presentes en la subzona.

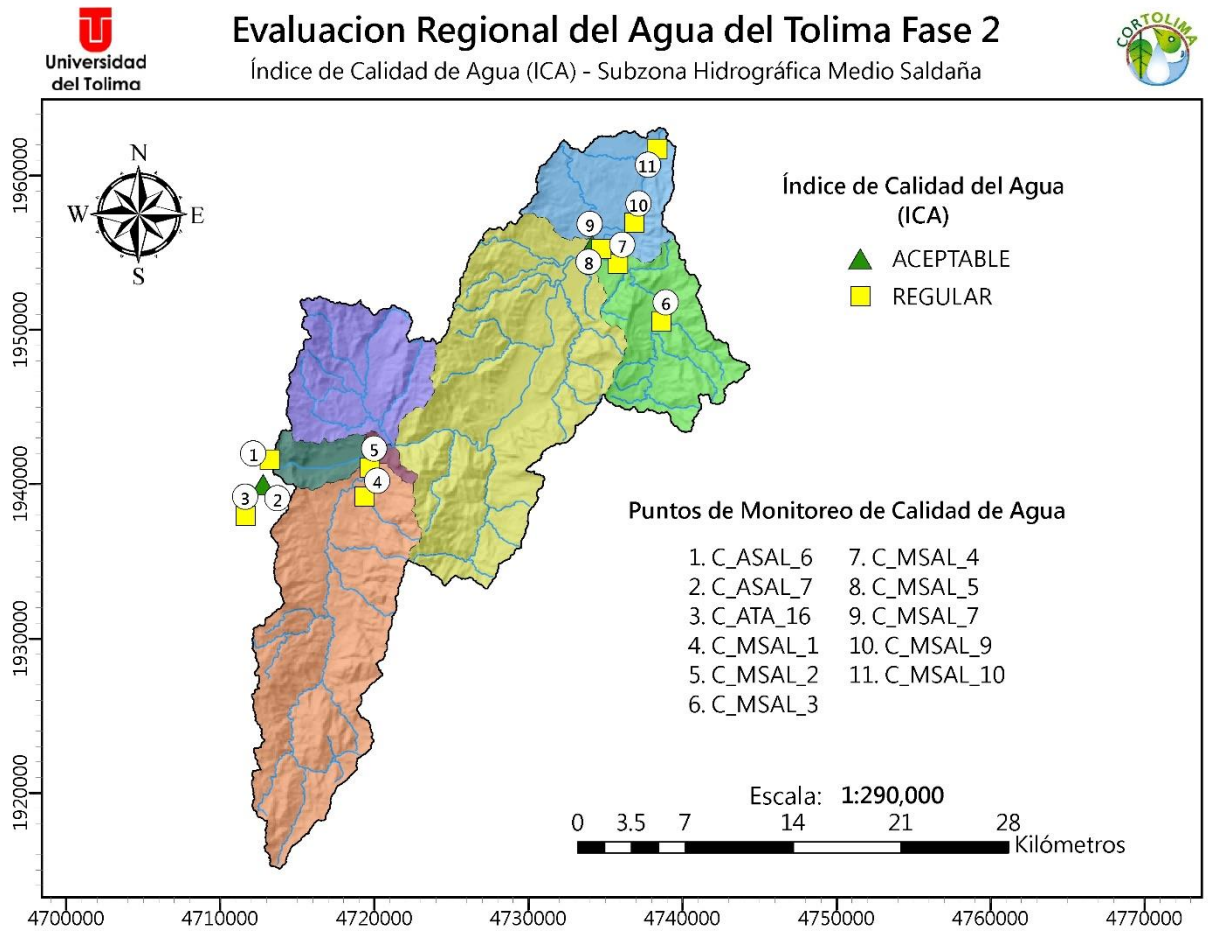


***Figura 642**. Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) para la Subzona Hidrográfica del Río Medio Saldaña*

34.9. Índice de Calidad del Agua para la Subzona Hidrográfica del Río Patá

Para la Subzona Hidrográfica del Río Patá, la parte alta de la cuenca presenta un Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) en condición "*Aceptable*", el cual se va degradando a lo largo de la parte media de la cuenca a condición "*Regular*" principalmente por posibles aportes de carga difusa producto de actividades agrícolas y pecuarias, afectando en forma significativa la calidad del cuerpo de agua con valores bajos en el subíndice nitrógeno total/fosforo total (INP = 0.15) (***Tabla 562***). De igual manera, en la parte baja de la cuenca aguas arriba de su desembocadura al Río Magdalena la calidad se mantiene en "*Regular*", aunque se evidencia una mejora poco significativa en su calidad, el río no logra asimilar la carga contaminante a lo largo de su tramo (***Figura 643***).

Tabla 562. *Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona Hidrográfica del Río Patá*

Descripción Sitio	Latitud	Longitud	Código	IsatOD	ISST	IDQO	ICE	INP	IpH	ICF	ICA	Descriptor
R. Patá Parte Alta	3.379	-75.377	C_PAT_1	0.52	0.99	0.91	0.60	0.80	1.00	0.98	0.82	ACEPTABLE
R. Patá Parte Media	3.366	-75.253	C_PAT_2	0.61	0.98	0.51	0.35	0.15	0.85	0.98	0.63	REGULAR
R. Patá A. Arriba confluencia al R. Magdalena	3.406	-75.199	C_PAT_4	0.62	0.98	0.71	0.37	0.35	0.81	0.71	0.65	REGULAR

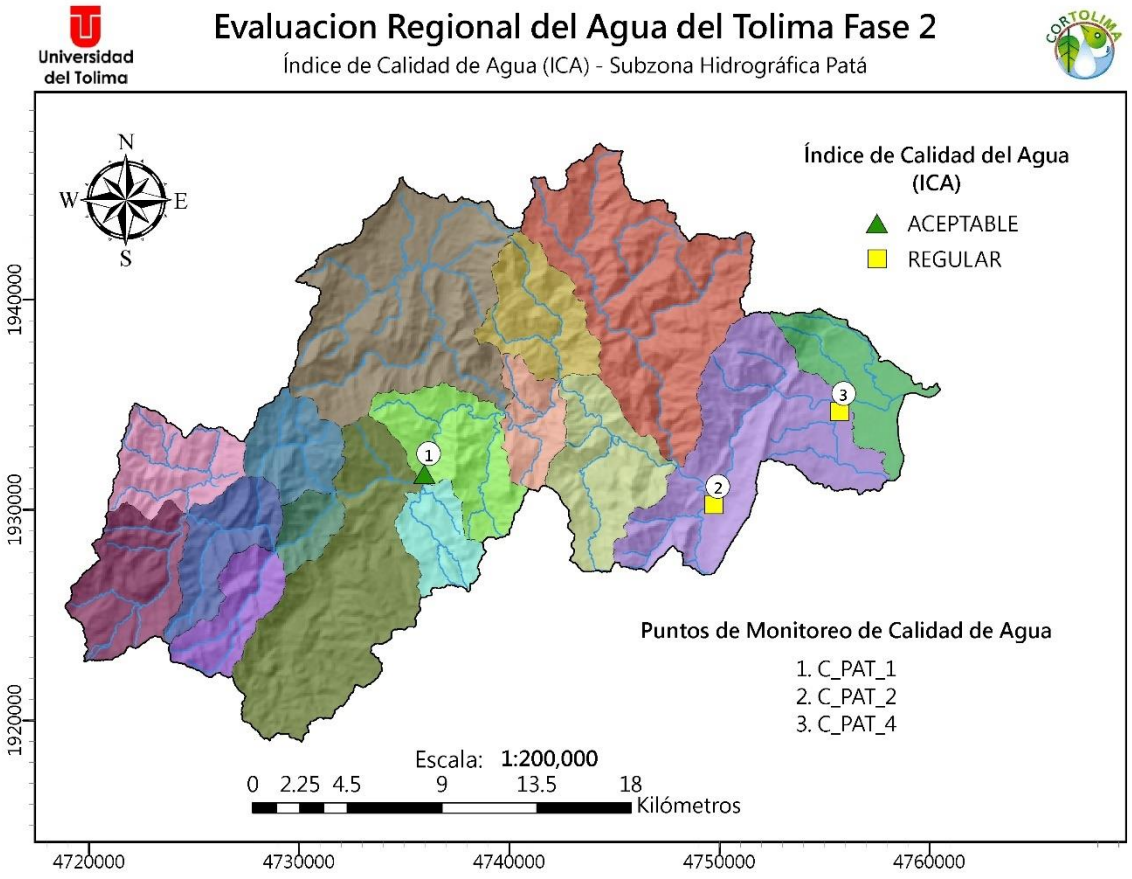


Figura 643. *Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) para la Subzona Hidrográfica del Río Patá*

35. Índice de Alteración Potencial de la calidad del agua - IACAL

Las cargas de la demanda bioquímica de oxígeno – DBO_5, sólidos suspendidos totales – SST, nitrógeno total – NT y fósforo total -PT fueron calculados para diferentes tramos o unidades de análisis de la calidad del agua definidos previamente, para las corrientes principales. Estas cargas se acumulan hacia aguas abajo con el fin de realizar la determinación del Índice de Alteración Potencial de la calidad del agua-IACAL para polígonos con puntos de cierre en zonas de interés, de forma que permiten mostrar la dinámica de presión relacionada con cambios en la carga aportada hacia aguas abajo, así como el caudal disponible para realizar la dilución de dichas cargas, a partir de la Oferta Hídrica.

En el Presente estudio se utilizó para la determinación del IACAL, la Oferta Hídrica Total Superficial para año medio y para año seco, con el fin de mantener concordancia con los diferentes Estudios Nacionales del AGUA – ENA emitidos desde el año 2010 por el IDEAM, así lo descrito en los Lineamientos Metodológicos para las Evaluaciones Regionales del Agua (IDEAM 2013) y la hoja metodológica Versión 1,1 (IDEAM, 2020). En este último documento se define la Oferta Hídrica Total Superficial -OHTS como el volumen de agua que escurre por la superficie e integra los sistemas de drenaje superficial. Es el agua que fluye por la superficial del suelo, que no se infiltra o se evapora y se concentra en los causes de los ríos/o cuerpos de agua léntico.

Se analiza un total de cuatro (4) escenarios para el análisis del IACAL por cada una de las ocho (9) subzonas hidrográfocas de análisis. Para lo cual se consideran las dos (2) condiciones de la OHT (año Seco y año Medio) así como dos (2) condiciones de carga (Meta año 2020 y Seguimiento de la Meta 2020).

Tabla 563. Escenarios de Oferta y Carga para el cálculo del IACAL

Número	Nombre	Oferta Hídrica	Carga
1	E1SECO	OHT año Seco	Meta proyectada 2020
2	E2SECO		Seguimiento de Meta 2020
3	E1MEDIO	OHT año Medio	Meta proyectada 2020
4	E2MEDIO		Seguimiento de Meta 2020

35.1. Determinación del índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua – IACAL para la subzona hidrográfica del Río Patá

En la parte alta de la cuenca en el sector comprendido por el tramo PATA_03 se presentan aportes potenciales significativos de carga contaminante proveniente del beneficio del café, que lleva en condición de año seco a una presión MODERADA a la contaminación en los escenarios de Meta en carga (E1) y Carga aportada (E2), sin embargo, la presión se reduce en época de año medio por el efecto de dilusión que implica un mayor caudal llevando el IACAL a una clasificación BAJA en ambos escenarios (*Tabla 564*).

Conforme el flujo del cuerpo de agua principal del río Patá se desplaza hacia aguas abajo en las unidades de análisis PATA_02 y PATA_01 recibe aportes adicionales de caudal que inciden positivamente en la capacidad de autoasimilación de la carga contaminante llevando el IACAL a una categoría BAJA aún en las condiciones de mayor estiaje (escenario de año seco), por lo que se evidencia un bajo impacto de las cargas contaminantes de origen antrópico en esta subzona hidrográfica (*Figura* 644, *Figura* 645, *Figura* 646, *Figura* 647).

Tabla 564. Determinación del IACAL en la subzona hidrográfica del Rio Patá (OHT)

Tramo o Unidad de Análisis	OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO SECO (MMC/Año)	IACAL AÑO SECO		OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO MEDIO (MMC/Año)	IACAL AÑO MEDIO	
		E1SECO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2SECO - Seguimiento de Meta 2020		E1MEDIO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2MEDIO - Seguimiento de Meta 2020
PATA_01PARCIAL	283,2	BAJA	BAJA	485,3	BAJA	BAJA
PATA_02 PARCIAL	229,1	BAJA	BAJA	388,1	BAJA	BAJA
PATA_03 PARCIAL	115,4	MODERADA	MODERADA	212,6	BAJA	BAJA

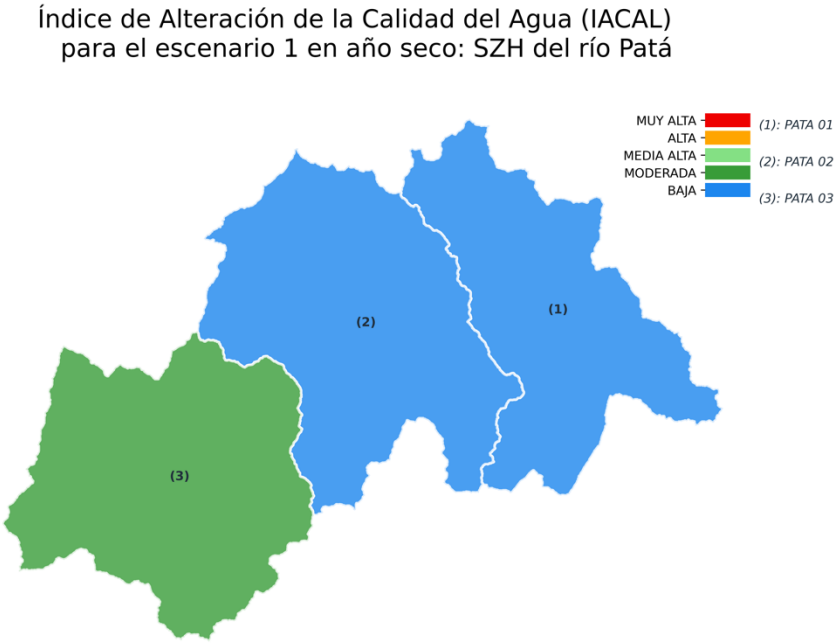


Figura 644. *IACAL OHT Año Seco y meta en carga (E1SECO) para subzona hidrográfica del Rio Patá*

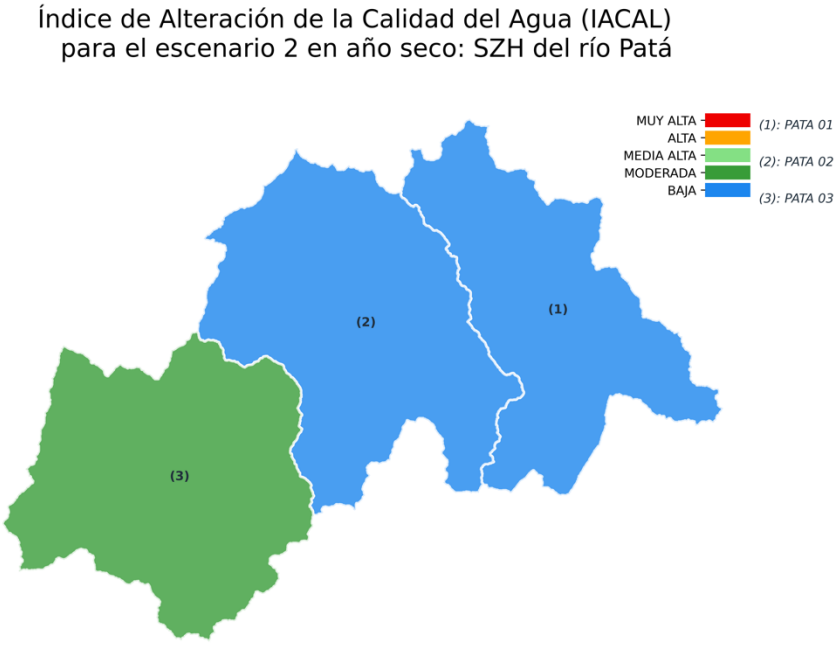


Figura 645. *IACAL OHT Año Seco y carga aportada (E2SECO) para subzona hidrográfica del Rio Patá*

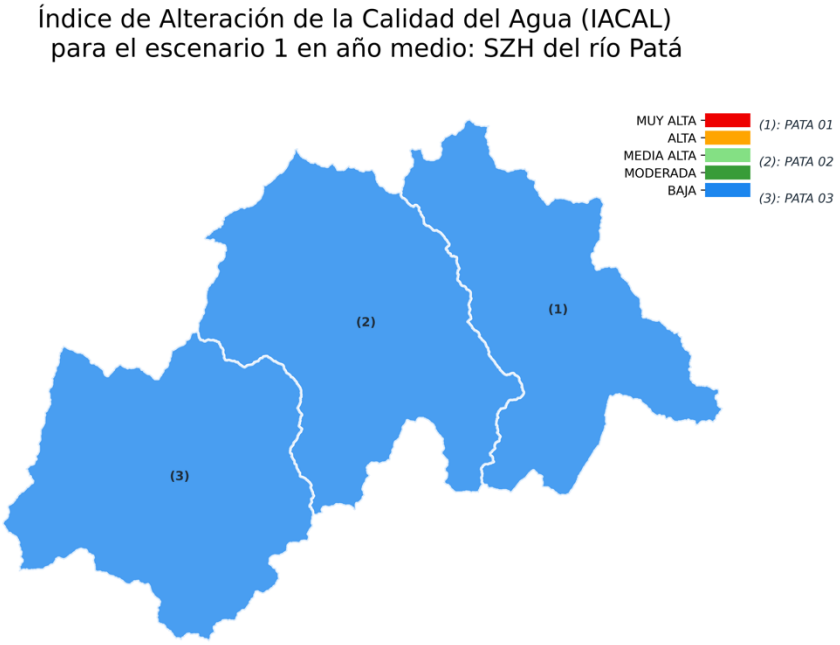


Figura 646. *IACAL OHT Año Medio y meta en carga (E1MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Patá*

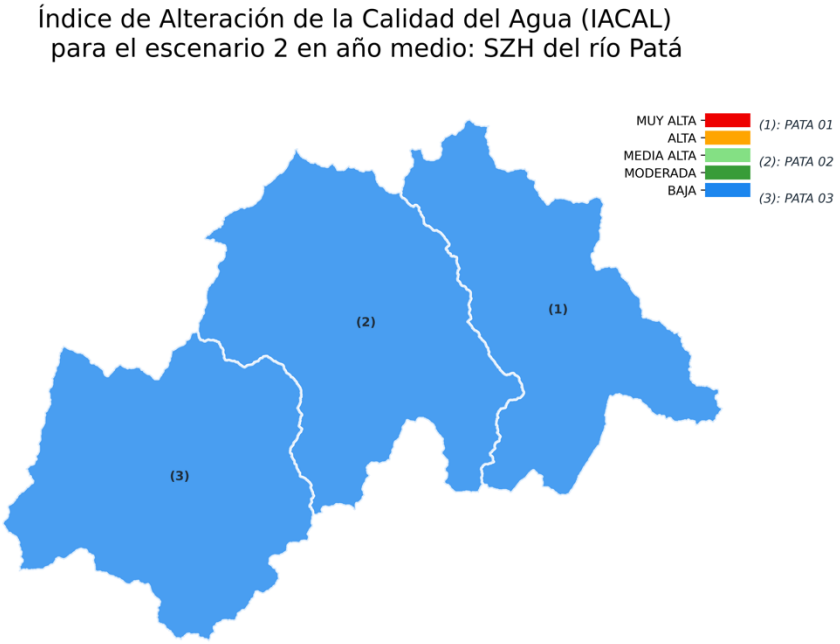


Figura 647. *IACAL OHT Año Medio y carga aportada (E2MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Patá*

35.2. Determinación del índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua – IACAL para la SZH del río Chenche, Anchique y drenajes Directos al Magdalena

En la unidad hidrográfica del río Anchique se identifica desde su divisoria de aguas en la parte alta hasta su confluencia al río Magdalena que no se presentan vertimientos de origen antrópico que generen cargas contaminantes puntuales, es por ello que sus unidades de análisis DIRMAG_ANCHIQUE_01, DIRMAG_ANCHIQUE_02 y DIRMAG_ANCHIQUE_03 presentan un IACAL de categoría BAJA para año seco y año medio en los dos escenarios de carga (*Tabla 565*).

En la quebrada Guaguarco (unidad DIRMAG_GUAGUARCO), se presentan aportes de carga por el sector de Minería, los cuales logran ser diluidos por el caudal del afluente al llevar el IACAL a una categoría BAJA en ambas condiciones hidrológicas en los dos escenarios evaluados en Meta de carga y Carga vertida, implicando un bajo impacto de esta actividad productiva en cuanto a presión por contaminación en el cuerpo de agua.

En la unidad de análisis DIRMAG_HILARCO se presenta un IACAL BAJO en las condiciones hidrológicas de año seco y medio debido a que no se identificaron cargas puntuales sobre el cuerpo de agua principal del río Hilarco.

La quebrada Yaco (DIRMAG_YACO) presenta un aporte de carga por el sector minería de oro que implica una presión MODERADA a la contaminación del agua tanto en año seco como en año medio, para los dos escenarios de carga evaluados (Meta de Carga y Carga Vertida). En cuanto a la quebrada Naturco, se observa una presión MUY ALTA a la contaminación de origen doméstico asociado al vertimiento de aguas residuales del centro urbano de Natagaima, condición que se mantiene en ambos escenarios de carga para año seco. El impacto potencial de esta carga no logra reducirse en año hidrológico medio para el escenario de Meta de carga, mientras que para el escenario de carga vertida solamente se reduce hasta una presión ALTA por contaminación (*Figura* 650 y *Figura* 651).

En la parte alta del río Chenche no se evidencian vertimientos que generen cargas contaminantes que impliquen presión por contaminación en las unidades de análisis DIRMAG_CHENCHE_02, DIRMAG_CHENCHE_03 y DIRMAG_CHENCHE_04, por lo que los valores de IACAL alcanzan una categoría BAJA en ambos escenarios para las dos condiciones hidrológicas (año medio y año seco). En contraste, la unidad DIRMAG_CHENCHE_01 ubicada en la parte baja de la subzona hidrográfica se evidencian aportes de carga contaminante de origen doméstico principalmente, que para el escenario de Meta de carga no logra generar una presión por contaminación en el cauce principal del río Chenche en año seco ni en año medio alcanzando un IACAL

BAJO, sin embargo, para el escenario Carga vertida se observa presión MEDIA ALTA por la contaminación en el río en ambas condiciones hidrológicas (*Tabla 565*, *Figura* 649 y *Figura* 651).

Tabla 565. Determinación del IACAL en la SZH del río Chenche, Anchique y drenajes directos al Magdalena (OHT)

Tramo o Unidad de Análisis	OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO SECO (MMC/Año)	IACAL AÑO SECO		OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO MEDIO (MMC/Año)	IACAL AÑO MEDIO	
		E1SECO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2SECO - Seguimiento de Meta 2020		E1MEDIO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2MEDIO - Seguimiento de Meta 2020
DIRMAG_ANCHIQUE_01 PARCIAL	79,52	BAJA	BAJA	154,8	BAJA	BAJA
DIRMAG_ANCHIQUE_02 PARCIAL	58,47	BAJA	BAJA	115,4	BAJA	BAJA
DIRMAG_ANCHIQUE_03 PARCIAL	38,02	BAJA	BAJA	71,9	BAJA	BAJA
DIRMAG_GUAGUARCO_TOTAL	19,8	BAJA	BAJA	49,3	BAJA	BAJA
DIRMAG_HILARCO_TOTAL	12,4	BAJA	BAJA	31,1	BAJA	BAJA
DIRMAG_YACO_TOTAL	13,02	MODERADA	MODERADA	29,22	MODERADA	MODERADA
DIRMAG_NATURCO_TOTAL	4,11	MUY ALTA	MUY ALTA	8,49	MUY ALTA	ALTA
DIRMAG_CHENCHE_01 PARCIAL	54,22043656	BAJA	MEDIA ALTA	85,1	BAJA	MEDIA ALTA
DIRMAG_CHENCHE_02 PARCIAL	36,558907	BAJA	BAJA	64,0	BAJA	BAJA
DIRMAG_CHENCHE_03 PARCIAL	10,18709494	BAJA	BAJA	23,6	BAJA	BAJA
DIRMAG_CHENCHE_04 PARCIAL	0	BAJA	BAJA		BAJA	BAJA

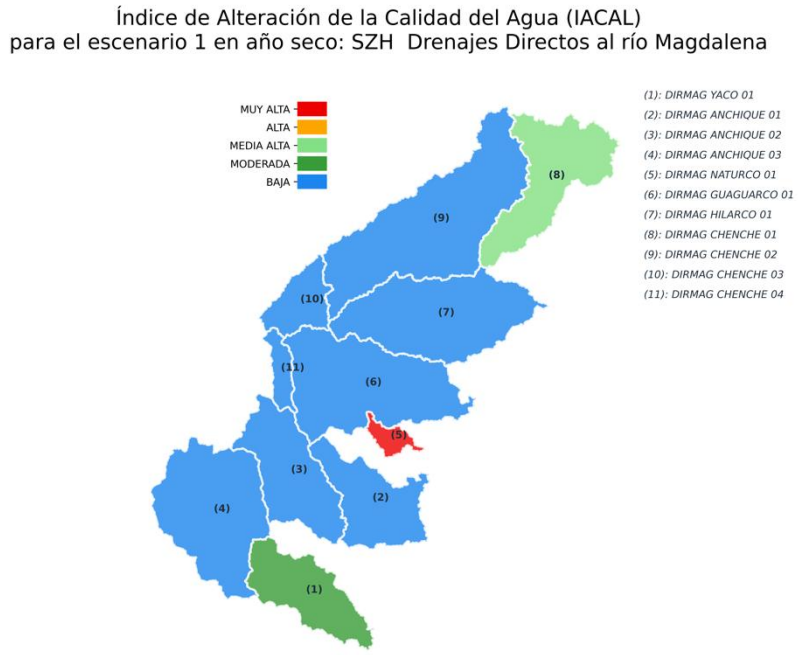


Figura 648. *IACAL OHT Año Seco y meta en carga (E1SECO) en* la SZH del río Chenche, Anchique y *drenajes directos al Magdalena*

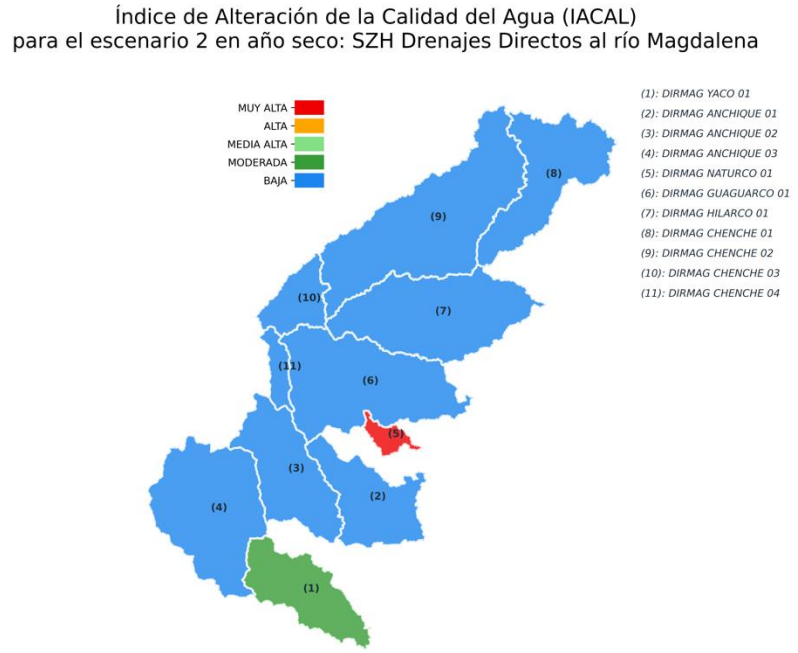


Figura 649. *IACAL OHT Año Seco y carga aportada (E2SECO) en* la SZH del río Chenche, Anchique y *drenajes directos al Magdalena*

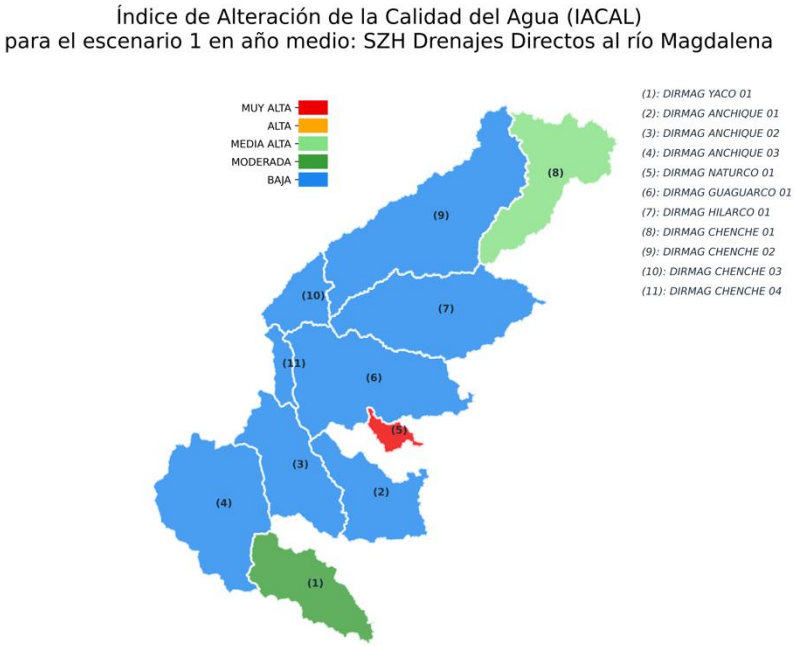


Figura 650. *IACAL OHT Año Medio y meta en carga (E1MEDIO) en* la SZH del río Chenche, Anchique y *drenajes directos al Magdalena*

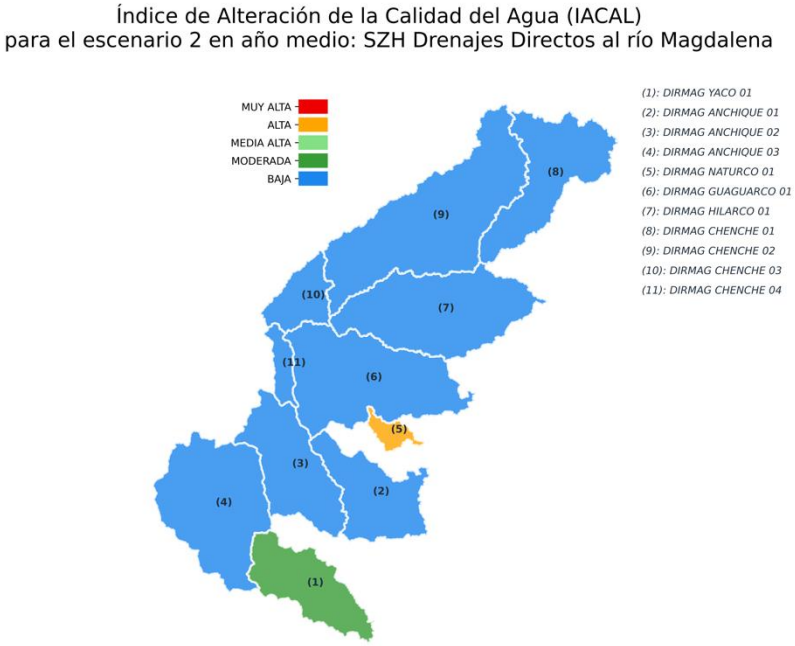


Figura 651. *IACAL OHT Año Medio y carga aportada (E2MEDIO) en* la SZH del río Chenche, Anchique y *drenajes directos al Magdalena*

35.3. Determinación del índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua – IACAL para la subzona hidrográfica Bajo Saldaña

En la subzona Bajo Saldaña se identifican cargas potenciales aportantes provenientes de los sectores usuarios doméstico y minería de oro, de las cuales las únicas unidades de análisis que no presentan cargas potenciales son BAJO_SALD_01, BAJO_SALD_05, BAJO_SALD_07 yBAJO_SALD_09, por lo que presentan una presión BAJA a la contaminación evaluada mediante el IACAL (*Tabla 566*). Las unidades BAJO_SALD_02, BAJO_SALD_04, y BAJO_SALD_06 corresponden al cauce principal del río Saldaña, presentan cargas domésticas provenientes de los sectores urbanos Guaipa, Coyaima, y Saldaña, debido al alto caudal transportado por el cuerpo de agua en este sector, las cargas son autoasimiladas generando una presión por contaminación BAJA según el IACAL. En relación con la unidad BAJO_SALD_09 se evidencian cargas potenciales de origen minero, cuyo IACAL representa BAJA presión por contaminación debido al efecto de dilución en la corriente principal del río Saldaña. La unidad BAJO_SALD_03 corresponde a la quebrada Lemayá, que es fuente receptora de vertimientos domésticos del municipio del Guamo a través de la PTAR Lemayá, que genera una carga potencial que representa una presión ALTA a la contaminación en el escenario Meta de carga, y MEDIA ALTA en el escenario de Carga vertida en ambas condiciones hidrológicas de año medio y año seco (*Figura* 652, *Figura* 653, *Figura* 654 y *Figura* 655).

Tabla 566. Determinación del IACAL en la subzona hidrográfica del Rio Bajo Saldaña (OHT)

Tramo o Unidad de Análisis	OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO SECO (MMC/Año)	IACAL AÑO SECO		OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO MEDIO (MMC/Año)	IACAL AÑO MEDIO	
		E1SECO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2SECO - Seguimiento de Meta 2020		E1MEDIO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2MEDIO - Seguimiento de Meta 2020
BAJO SALD_01 PARCIAL	5436,6	BAJA	BAJA	8783,6	BAJA	BAJA
BAJO SALD_02 PARCIAL	5436,4	BAJA	BAJA	8785,9	BAJA	BAJA
BAJO SALD_03 PARCIAL	18,0	MEDIA ALTA	ALTA	17,1	MEDIA ALTA	ALTA
BAJO SALD_04 PARCIAL	5409,2	BAJA	BAJA	8759,4	BAJA	BAJA
BAJO SALD_05 PARCIAL	5384,3	BAJA	BAJA	8383,6	BAJA	BAJA
BAJO SALD_06 PARCIAL	4838,8	BAJA	BAJA	7546,3	BAJA	BAJA
BAJO SALD_07 PARCIAL	24,8	BAJA	BAJA	49,1	BAJA	BAJA
BAJO SALD_08 PARCIAL	4807,3	BAJA	BAJA	7487,0	BAJA	BAJA
BAJO SALD_09 PARCIAL	4781,7	BAJA	BAJA	7433,4	BAJA	BAJA

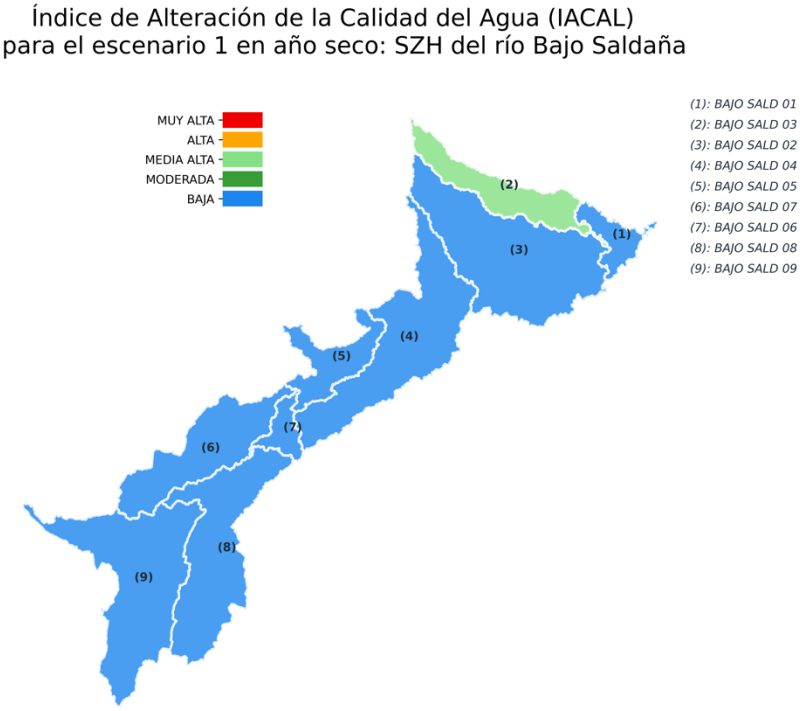


Figura 652. *IACAL OHT Año Seco y meta en carga (E1SECO) para subzona hidrográfica del Rio Bajo Saldaña*

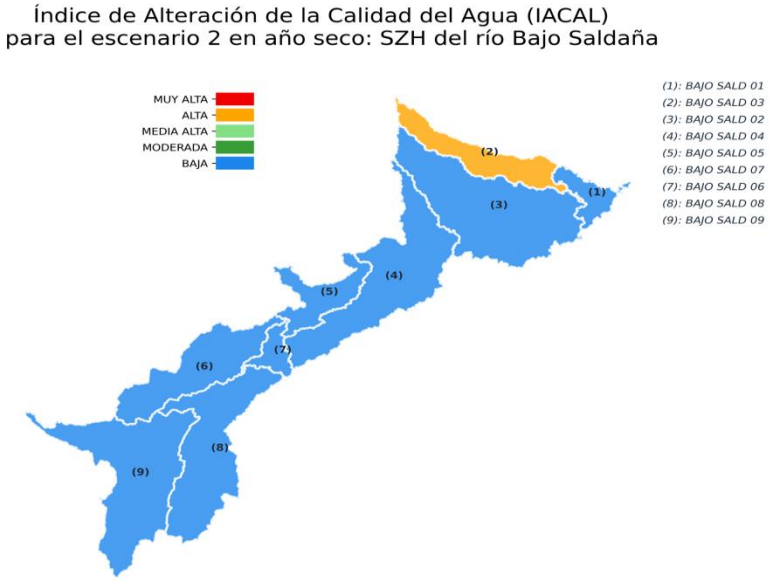


Figura 653. *IACAL OHT Año Seco y carga aportada (E2SECO) para subzona hidrográfica del Rio Bajo Saldaña*

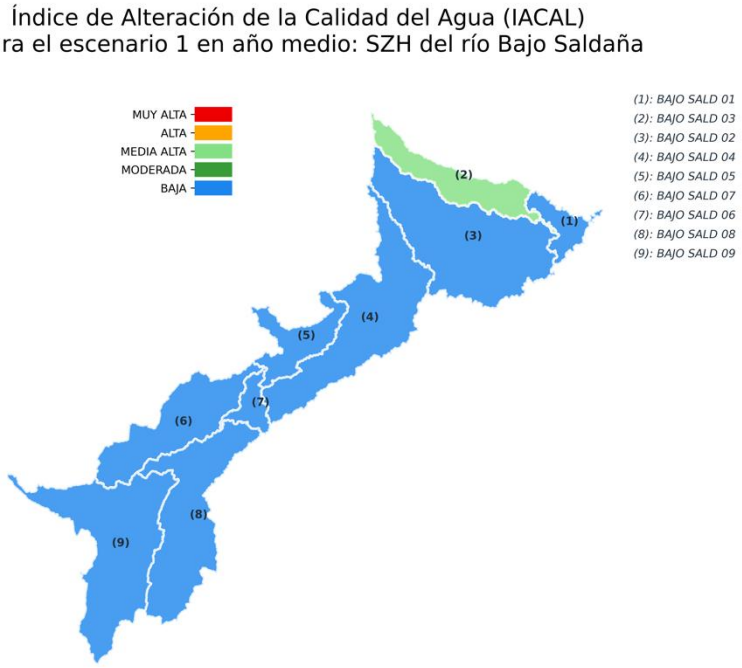


Figura 654. *IACAL OHT Año Medio y meta en carga (E1MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Bajo Saldaña*

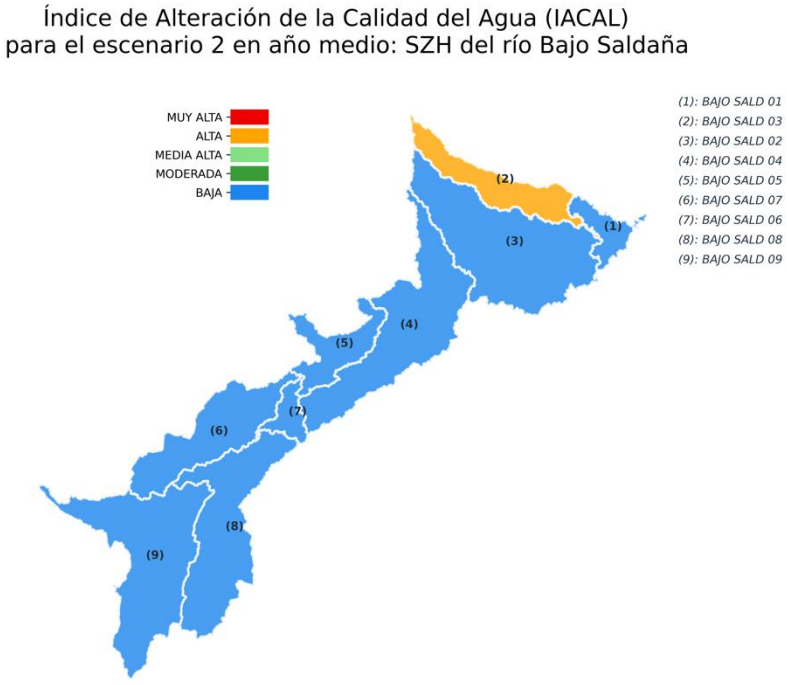


Figura 655. *IACAL OHT Año Medio y carga aportada (E2MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Bajo Saldaña*

35.4. Determinación del índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua – IACAL para la subzona hidrográfica del Río Medio Saldaña

La unidad MEDIOSALD_06 presenta cargas contaminantes potenciales por el beneficio del café que conlleva a la ocurrencia de una presión ALTA por contaminación según el IACAL, condición que se mantiene en las dos épocas hidrológicas (año medio y año seco) para ambos escenarios de carga evaluados (*Tabla 567*). Las unidades MEDIOSALD_05, MEDIOSALD_04, MEDIOSALD_02, y MEDIOSALD_01 en los escenarios de Metas de carga y Carga vertida presentan aportes de carga contaminante proveniente de los sectores minería, beneficio del café, y doméstico proveniente del centro urbano de Ataco (vertimiento Batallón CP Ataco), sin embargo, corresponden a tramos del cauce principal del río Saldaña cuya magnitud de flujo en ambas condiciones hidrológicas permite una alta asimilación de la carga generando una BAJA presión por contaminación según el IACAL (*Figura* 656, *Figura* 657, *Figura* 658 y *Figura* 659).

La unidad de análisis DEDIOSALD_03 corresponde a la unidad hidrográfica quebrada Paipa, que presenta en ambos escenarios de carga aportante del sector minería en una baja proporción en contraste con el caudal de dilución generando una presión BAJA en ambas condiciones hidrológicas según el IACAL.

Tabla 567. Determinación del IACAL en la subzona hidrográfica del Rio Medio Saldaña (OHT)

Tramo o Unidad de Análisis	OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO SECO (MMC/Año)	IACAL AÑO SECO		OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO MEDIO (MMC/Año)	IACAL AÑO MEDIO	
		E1SECO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2SECO - Seguimiento de Meta 2020		E1MEDIO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2MEDIO - Seguimiento de Meta 2020
MEDIOSALD_01 PARCIAL	**3318,904625**	BAJA	BAJA	5451,62969	BAJA	BAJA
MDIO SALD_02 PARCIAL	3239,595688	BAJA	BAJA	5343,364693	BAJA	BAJA
MDIO SALD_03 PARCIAL	43,75262028	BAJA	BAJA	58,72705603	BAJA	BAJA
MDIO SALD_04 PARCIAL	3130,753852	BAJA	BAJA	5190,990236	BAJA	BAJA
MDIO SALD_05 PARCIAL	2937,177503	BAJA	BAJA	4899,649171	BAJA	BAJA
MEDIO SALD_06 PARCIAL	111,7629955	ALTA	ALTA	166,9381537	ALTA	ALTA



Figura 656. *IACAL OHT Año Seco y meta en carga (E1SECO) para subzona hidrográfica del Rio Medio Saldaña*

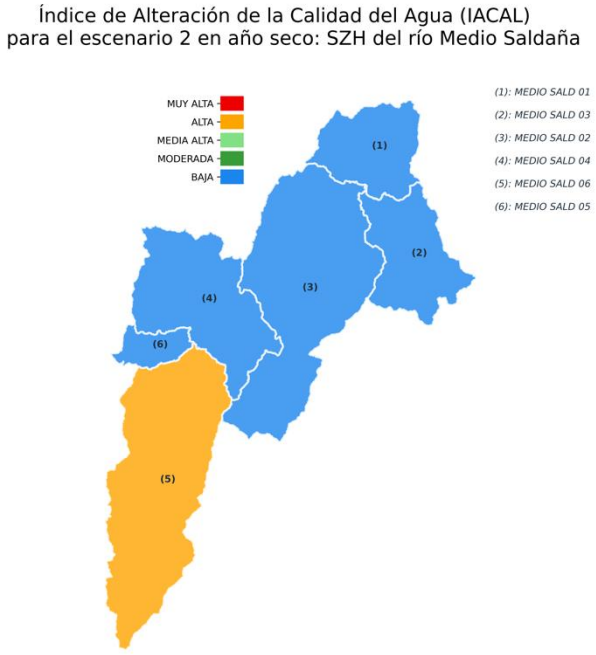


Figura 657. *IACAL OHT Año Seco y carga aportada (E2SECO) para subzona hidrográfica del Rio Medio Saldaña*

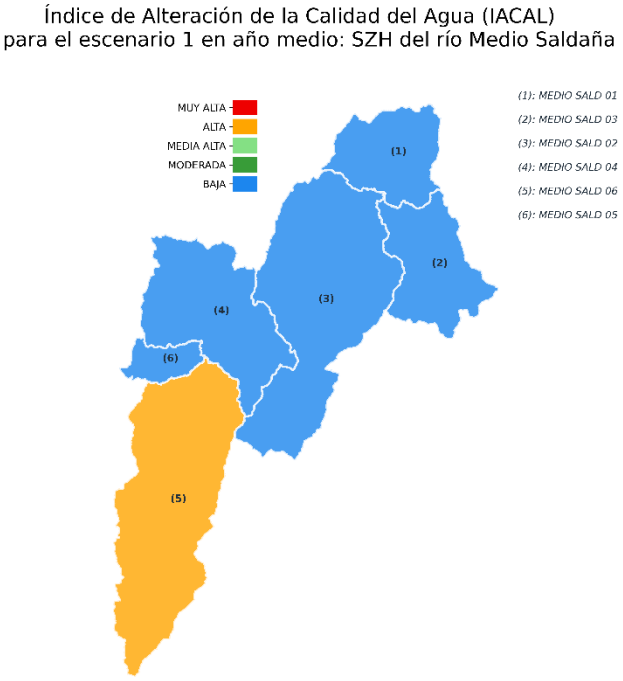


Figura 658. *IACAL OHT Año Medio y meta en carga (E1MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Medio Saldaña*

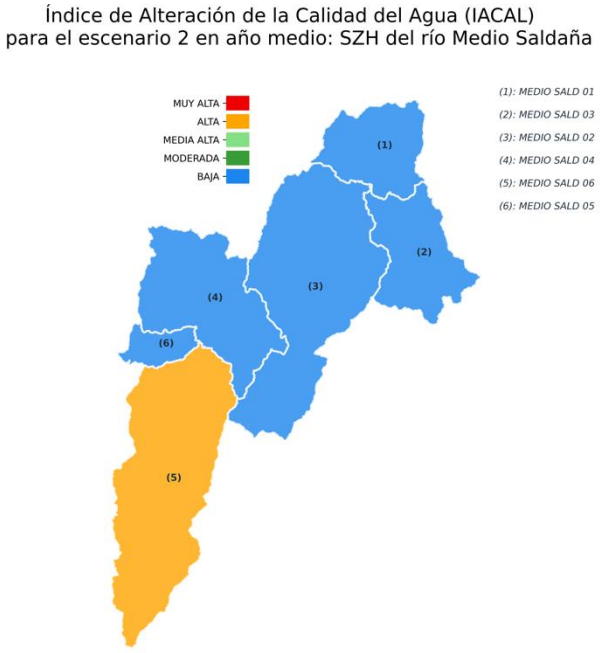


Figura 659. *IACAL OHT Año Medio y carga aportada (E2MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Medio Saldaña*

35.5. Determinación del índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua – IACAL para la subzona hidrográfica del Río Alto Saldaña

Las 10 unidades de análisis del IACAL presentan aportes de carga contaminante proveniente del beneficio de café en los dos escenarios evaluados, sin embargo, las unidades ALTOSALD_01¸ ALTOSALD_02, ALTOSALD_03, ALTOSALD_05, ALTOSALD_06, ALTOSALD_09, y ALTOSALD_010 evidencian una presión BAJA a la contaminación según el IACAL en las condiciones de año seco y año medio para los dos escenarios de carga evaluados, lo cual se debe a que los afluentes asociados aportan caudales suficientes para autoasimilar la carga (*Tabla 568*). En la unidad ALTOSALD_07 se identifican cargas provenientes del beneficio del café y de origen doméstico desde el corregimiento de Herrera, por lo que su presión por contaminación en la unidad es MODERADA en ambos escenarios para año hidrológico medio, que se hace más crítico en el año hidrológico seco al pasar a una presión MEDIA ALTA por contaminación en los dos escenarios (*Figura* 660 y *Figura* 661).

Las unidades ALTOSALD_04 Y ALTOSALD_08 tienen una presión MEDIA ALTA a la contaminación en año hidrológico medio para los dos escenarios de carga aportados por beneficio de café y doméstico. En la condición de año seco, se incrementa la presión a una clasificación ALTA debido a la reducción del caudal perdiendo capacidad de autoasimilación de la carga contaminante en ambos escenarios.

Tabla 568. Determinación del IACAL en la subzona hidrográfica del Rio Alto Saldaña (OHT)

Tramo o Unidad de Análisis	OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO SECO (MMC/Año)	IACAL AÑO SECO		OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO MEDIO (MMC/Año)	IACAL AÑO MEDIO	
		E1SECO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2SECO -Seguimiento de Meta 2020		E1MEDIO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2MEDIO - Seguimiento de Meta 2020
ALTOSALD_01 PARCIAL	1694,02	BAJA	BAJA	3002,00	BAJA	BAJA
ALTOSALD_02 PARCIAL	88,80	BAJA	BAJA	144,80	BAJA	BAJA
ALTOSALD_03 PARCIAL	1120,78	BAJA	BAJA	1822,43	BAJA	BAJA
ALTOSALD_04 PARCIAL	20,05	ALTA	ALTA	40,26	MEDIA ALTA	MEDIA ALTA
ALTOSALD_05 PARCIAL	1093,64	BAJA	BAJA	1771,87	BAJA	BAJA
ALTOSALD_06 PARCIAL	626,12	BAJA	BAJA	960,01	BAJA	BAJA
ALTOSALD_07 PARCIAL	469,61	MEDIA ALTA	MEDIA ALTA	718,46	MODERADA	MODERADA
ALTOSALD_08 PARCIAL	83,73	ALTA	ALTA	139,52	MEDIA ALTA	MEDIA ALTA
ALTOSALD_09 PARCIAL	299,77	BAJA	BAJA	450,06	BAJA	BAJA
ALTOSALD_10 PARCIAL	136,66	BAJA	BAJA	210,75	BAJA	BAJA

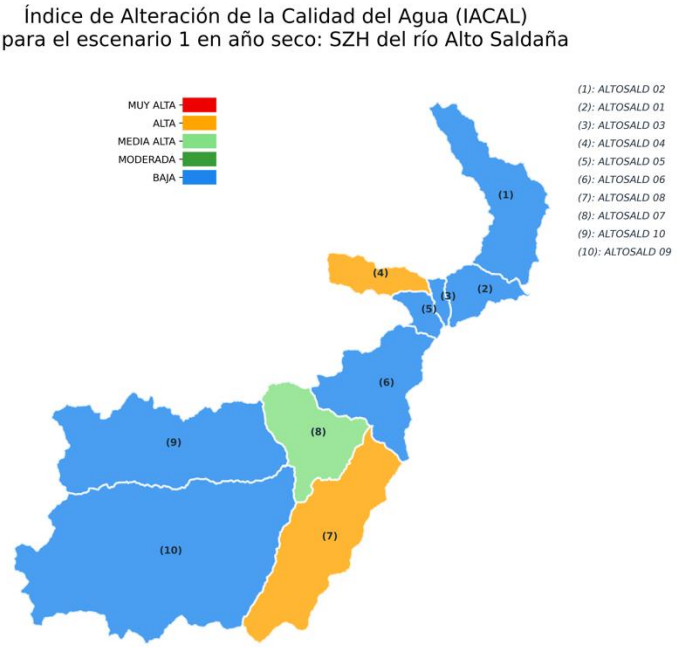


Figura 660. *IACAL OHT Año Seco y meta en carga (E1SECO) para subzona hidrográfica del Rio Alto Saldaña*

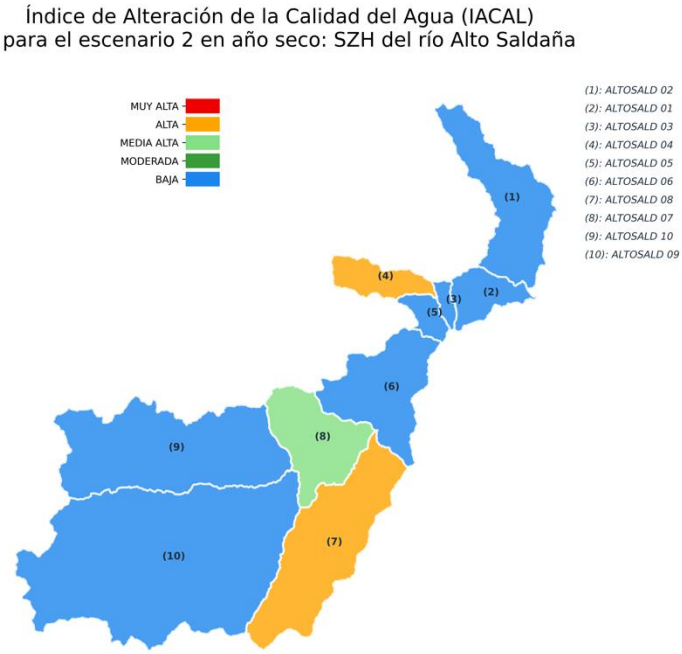


Figura 661. *IACAL OHT Año Seco y carga aportada (E2SECO) para subzona hidrográfica del Rio Alto Saldaña*

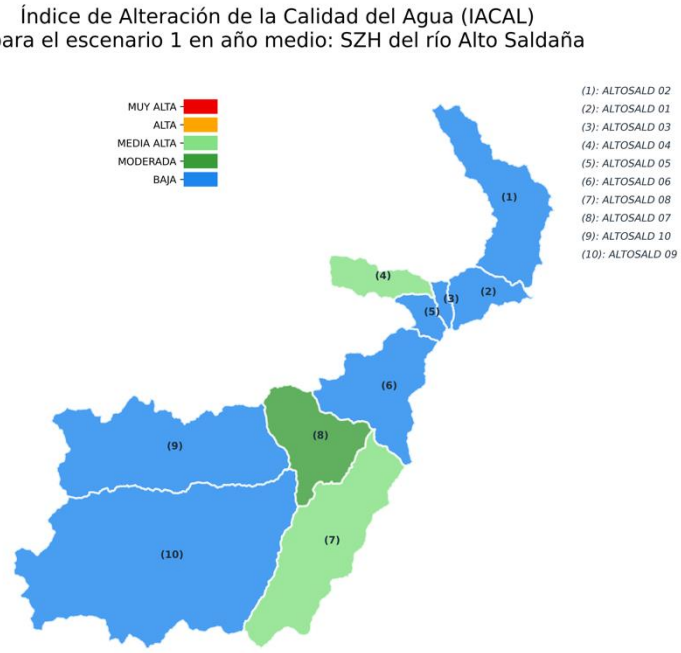


Figura 662. *IACAL OHT Año Medio y meta en carga (E1MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Alto Saldaña*

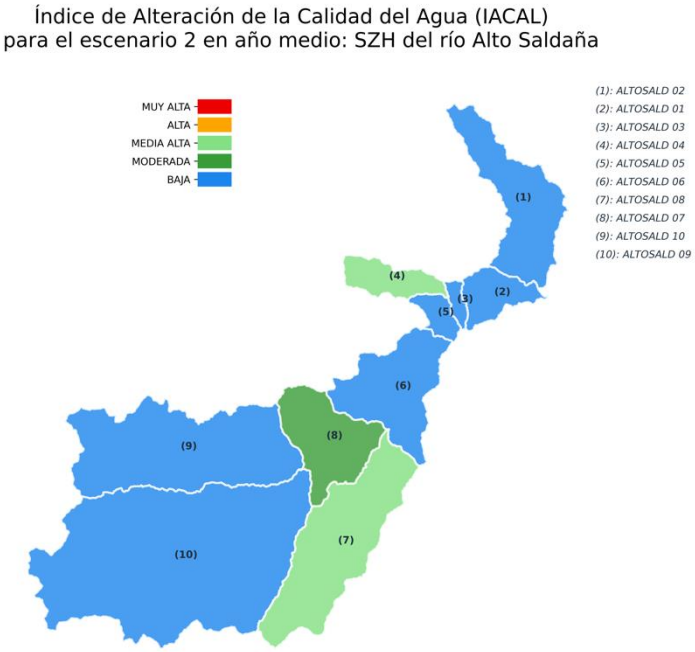


Figura 663. *IACAL OHT Año Medio y carga aportada (E2MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Alto Saldaña*

35.6. Determinación del índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua – IACAL para la subzona hidrográfica del Río Amoyá

En esta subzona hidrográfica se observa una presión BAJA por contaminación potencial según el IACAL en 10 de las 12 unidades de análisis (AMOYA_01, AMOYA_02, AMOYA_03, AMOYA_05, AMOYA_07, AMOYA_08, AMOYA_09, AMOYA_10, AMOYA_11, AMOYA_12), las cuales tienen capacidad de dilución de las cargas por beneficio de café y doméstica establecidas en los dos escenarios (*Tabla 569*), mostrando una capacidad para asimilar las cargas por vertimientos de centros urbanos El Limón y Chaparral.

En la unidad de análisis AMOYA_04 se presenta una presión MODERADA a la contaminación en año medio y en año seco, debido al aporte de carga contaminante originada por el beneficio de café en ambos escenarios de análisis. Para el caso de la unidad AMOYA_06, la presión por contaminación llega a ser MODERADA en año hidrológico medio y MEDIA ALTA en año hidrológico seco para los dos escenarios de carga originados por el beneficio de café (*Figura 664*, *Figura* 665, *Figura* 666 y *Figura* 667).

Tabla 569. Determinación del IACAL en la subzona hidrográfica del Rio Amoyá (OHT)

Tramo o Unidad de Análisis	OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO SECO (MMC/Año)	IACAL AÑO SECO		OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO MEDIO (MMC/Año)	IACAL AÑO MEDIO	
		E1SECO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2SECO - Seguimiento de Meta 2020		E1MEDIO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2MEDIO - Seguimiento de Meta 2020
AMOYA_01 PARCIAL	1354,1	BAJA	BAJA	1834,1	BAJA	BAJA
AMOYA_02 PARCIAL	27,1	BAJA	BAJA	28,3	BAJA	BAJA
AMOYA_03 PARCIAL	1055,4	BAJA	BAJA	1465,6	BAJA	BAJA
AMOYA_04 PARCIAL	242,0	MODERADA	MODERADA	304,0	MODERADA	MODERADA
AMOYA_05 PARCIAL	912,3	BAJA	BAJA	1276,0	BAJA	BAJA
AMOYA_06 PARCIAL	111,7	MEDIA ALTA	MEDIA ALTA	155,1	MODERADA	MODERADA
AMOYA_07 PARCIAL	547,6	BAJA	BAJA	758,6	BAJA	BAJA
AMOYA_08 PARCIAL	350,5	BAJA	BAJA	497,7	BAJA	BAJA
AMOYA_09 PARCIAL	254,1	BAJA	BAJA	317,6	BAJA	BAJA
AMOYA_10 PARCIAL	248,5	BAJA	BAJA	309,4	BAJA	BAJA
AMOYA_11 PARCIAL	347,5	BAJA	BAJA	470,1	BAJA	BAJA
AMOYA_12 PARCIAL	96,5	BAJA	BAJA	139,1	BAJA	BAJA

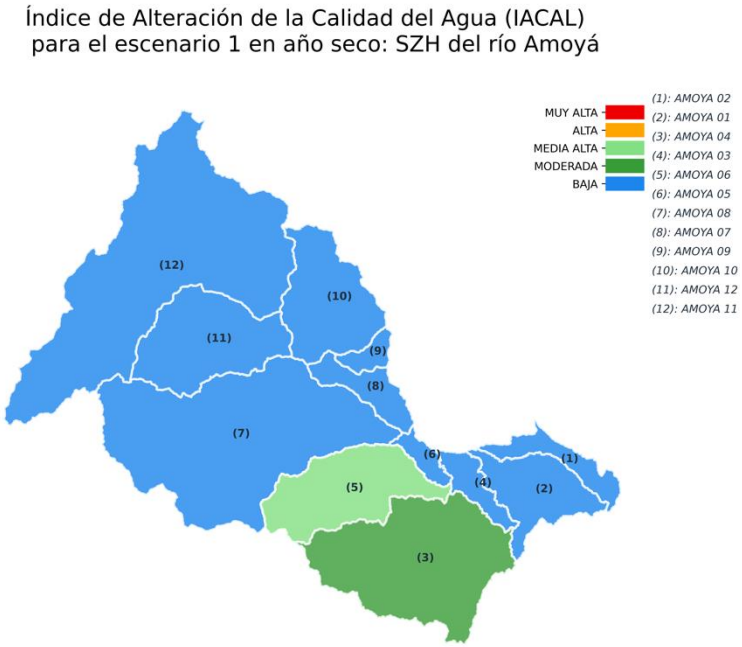


Figura 664. IACAL OHT Año Seco y meta en carga (E1SECO) para subzona hidrográfica del Rio Amoyá

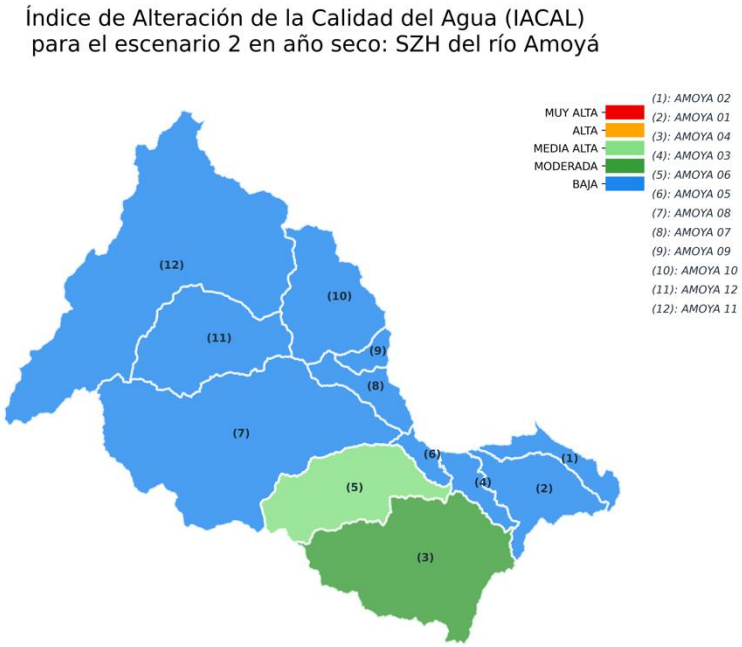


Figura 665. *IACAL OHT Año Seco y carga aportada (E2SECO) para subzona hidrográfica del Rio Amoyá*

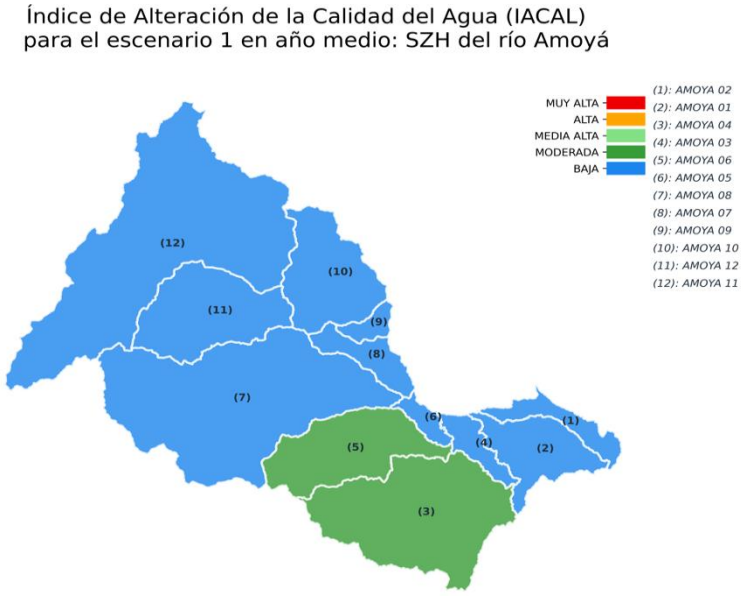


Figura 666. *IACAL OHT Año Medio y meta en carga (E1MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Amoyá*

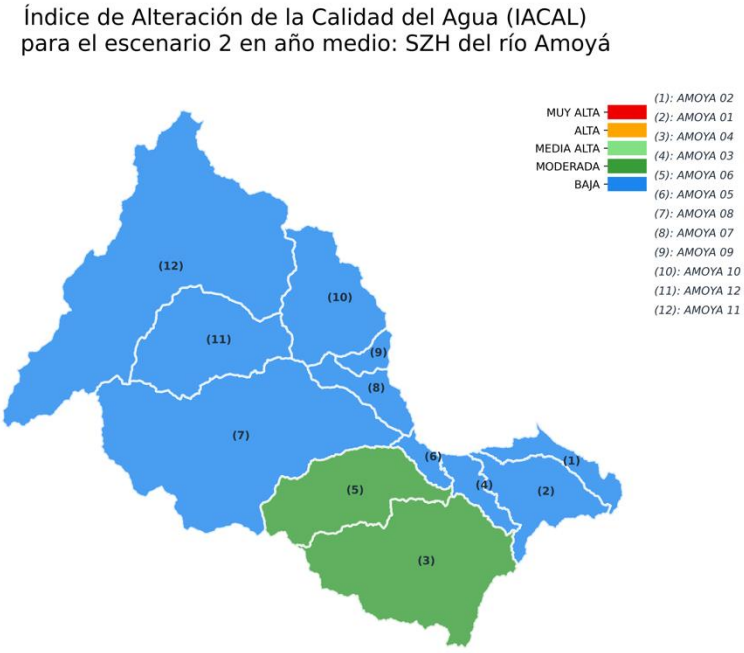


Figura 667. *IACAL OHT Año Medio y carga aportada (E2MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Amoyá*

35.7. Determinación del índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua – IACAL para la subzona hidrográfica del Río Anamichú

La parte alta de la subzona hidrográfica representada por la unidad ANAMICHU_04 presenta una presión BAJA a la contaminación en ambas condiciones hidrológicas para los dos escenarios de carga (*Tabla 570*), representada por la actividad del beneficio de café. La parte media de la cuenca del río Anamichú (unidad ANAMICHU_03) evidencia una presión MODERADA a la contaminación en los dos escenarios de carga para año hidrológico seco, debido a la reducción en aproximadamente de un 50% del caudal líquido, que no logra asimilar la carga originada por el beneficio de café.

La parte alta del río Blanco está representada por la unidad ANAMICHU_07, la cual presenta cargas potenciales originadas por el beneficio del café, que implican una presión MEDIA ALTA por contaminación en año hidrológico medio, la cual se intensifica a ALTA en año hidrológico seco. Conforme el río Blanco fluye luego de su tránsito por el centro urbano de Rioblanco recibe sus aportes de carga doméstica que hacen mantener una presión MEDIA ALTA en condición de año seco en la unidad de análisis ANAMICHU_06, luego, al recibir las confluencias de caudal líquido provenientes de quebrada Chele (ANAMICHU_06 con presión MEDIA ALTA) y quebrada La Machala mantiene la presión a la contaminación en categoría MEDIA ALTA en año medio, la cual se intensifica a ALTA en año seco, previo a su afluencia al río Anamichú en la unidad ANAMICHU_01, la cual por efecto de dilución de cargas mantiene una presión BAJA a la contaminación en su tramo final en ambos escenarios para las dos condiciones hidrológicas (*Figura* 668, *Figura* 669, *Figura* 670 y *Figura* 671).

Tabla 570. Determinación del IACAL en la subzona hidrográfica del Rio Anamichú (OHT)

Tramo o Unidad de Análisis	OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO SECO (MMC/Año)	IACAL AÑO SECO		OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO MEDIO (MMC/Año)	IACAL AÑO MEDIO	
		E1SECO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2SECO - Seguimiento de Meta 2020		E1MEDIO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2MEDIO - Seguimiento de Meta 2020
ANAMICHU_01 PARCIAL	541,7	BAJA	BAJA	1134,7	BAJA	BAJA
ANAMICHU_02 PARCIAL	65,4	ALTA	ALTA	132,8	MEDIA ALTA	MEDIA ALTA
ANAMICHU_03 PARCIAL	476,2	MODERADA	MODERADA	1001,6	BAJA	BAJA
ANAMICHU_04 PARCIAL	307,5	BAJA	BAJA	565,8	BAJA	BAJA
ANAMICHU_05 PARCIAL	5,0	ALTA	MEDIA ALTA	12,2	MEDIA ALTA	MEDIA ALTA
ANAMICHU_06 PARCIAL	39,0	BAJA	MEDIA ALTA	86,2	BAJA	MODERADA
ANAMICHU_07PARCIAL	32,3	ALTA	ALTA	74,9	MEDIA ALTA	MEDIA ALTA

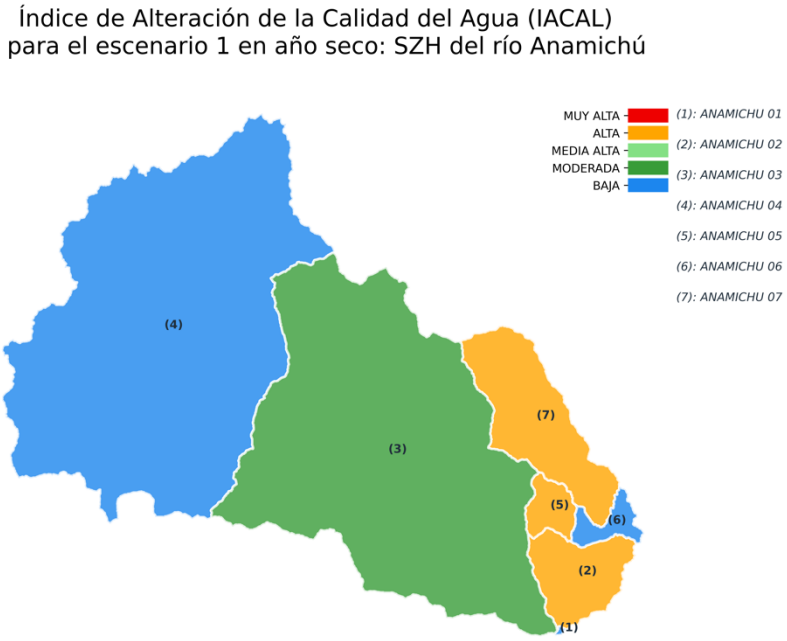


Figura 668. *IACAL OHT Año Seco y meta en carga (E1SECO) para subzona hidrográfica del Rio Anamichú*

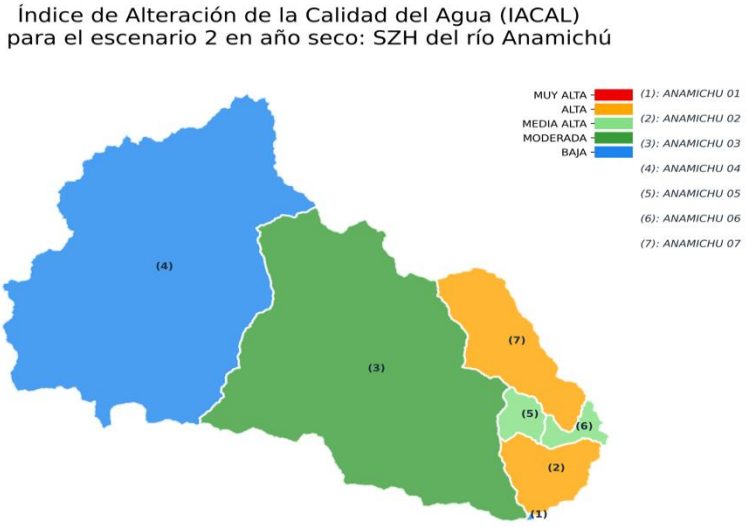


Figura 669. *IACAL OHT Año Seco y carga aportada (E2SECO) para subzona hidrográfica del Rio Anamichú*

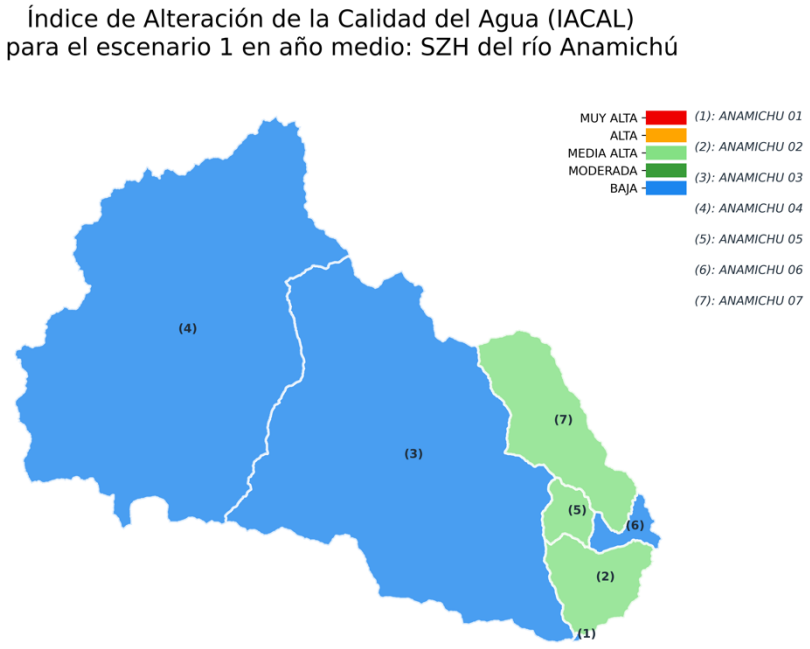


Figura 670. *IACAL OHT Año Medio y meta en carga (E1MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Anamichú*

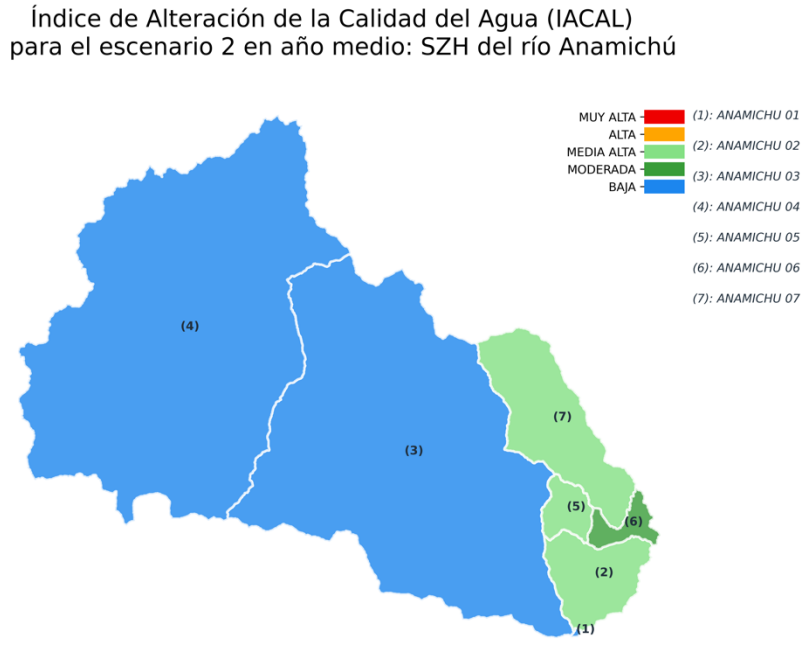


Figura 671. *IACAL OHT Año Medio y carga aportada (E2MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Anamichú*

35.8. Determinación del índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua – IACAL para la subzona hidrográfica del Río Cambrín

Para las unidades CAMBRIN_1, CAMBRIN_2, CAMBRIN_3, CAMBRIN_4 Y CAMBRIN_5 no se reportan ni evidencian vertimientos con base en la información consultada (PSMV, POMCAS, TR) y los recorridos de campo. Se identifican cargas potenciales por el beneficio de café en las unidades CAMBRIN_1, CAMBRIN_2 y CAMBRIN_3. Sin embargo, no generan un efecto significativo ya que la presión a la contaminación evidenciada según el IACAL en los dos escenarios de carga para año hidrológico medio y año seco se mantiene en una clasificación BAJA para todas las unidades de análisis (*Tabla 571*, *Figura* 672, *Figura* 673, *Figura* 674 y *Figura* 675).

Tabla 571. Determinación del IACAL en la subzona hidrográfica del Rio Cambrín (OHT)

Tramo o Unidad de Análisis	OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO SECO (MMC/Año)	IACAL AÑO SECO		OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO MEDIO (MMC/Año)	IACAL AÑO MEDIO	
		E1SECO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2SECO - Seguimiento de Meta 2020		E1MEDIO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2MEDIO - Seguimiento de Meta 2020
CAMBRIN_01 PARCIAL	453,2	BAJA	BAJA	791,1	BAJA	BAJA
CAMBRIN_02 PARCIAL	333,0	BAJA	BAJA	589,1	BAJA	BAJA
CAMBRIN_03 PARCIAL	81,1	BAJA	BAJA	135,0	BAJA	BAJA
CAMBRIN_04 PARCIAL	137,5	BAJA	BAJA	215,9	BAJA	BAJA
CAMBRIN_05 PARCIAL	101,5	BAJA	BAJA	176,6	BAJA	BAJA

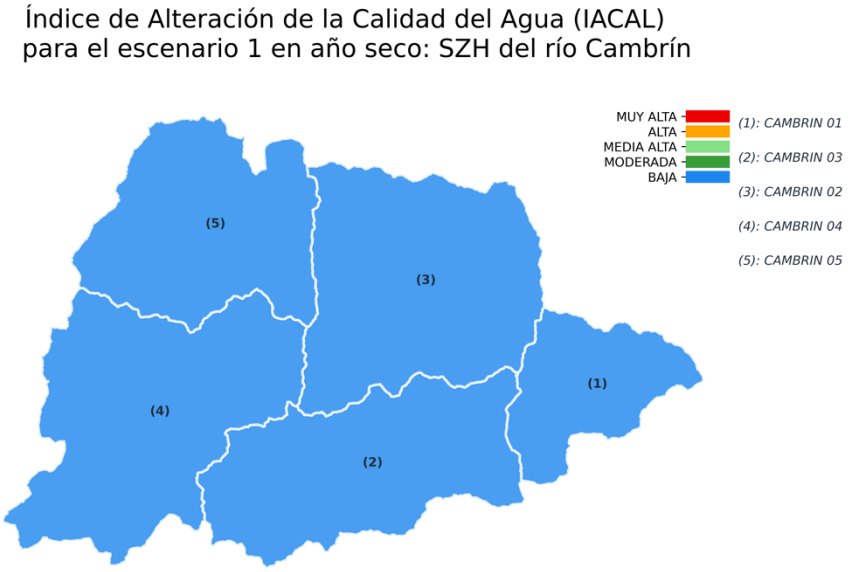


Figura 672. *IACAL OHT Año Seco y meta en carga (E1SECO) para subzona hidrográfica del Rio Cambrín*

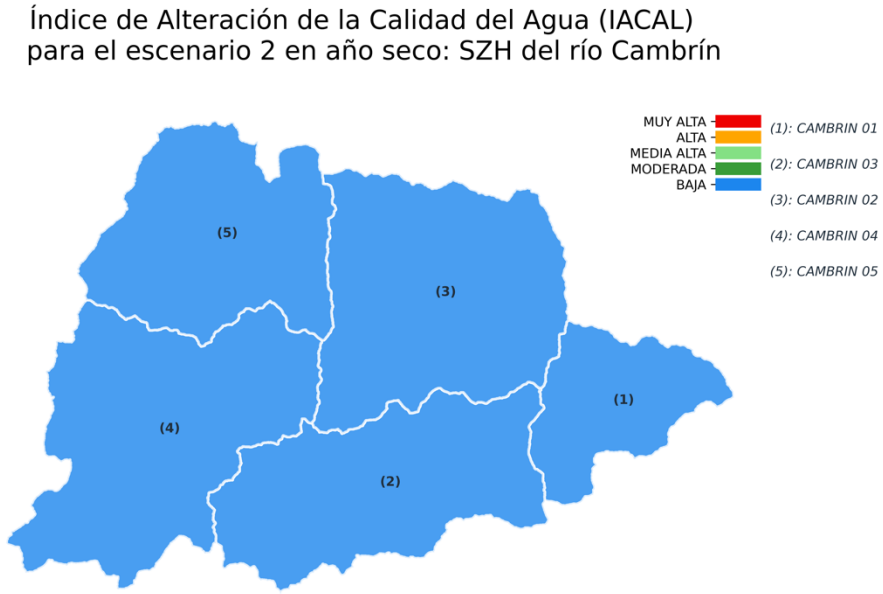


Figura 673. *IACAL OHT Año Seco y carga aportada (E2SECO) para subzona hidrográfica del Rio Cambrín*

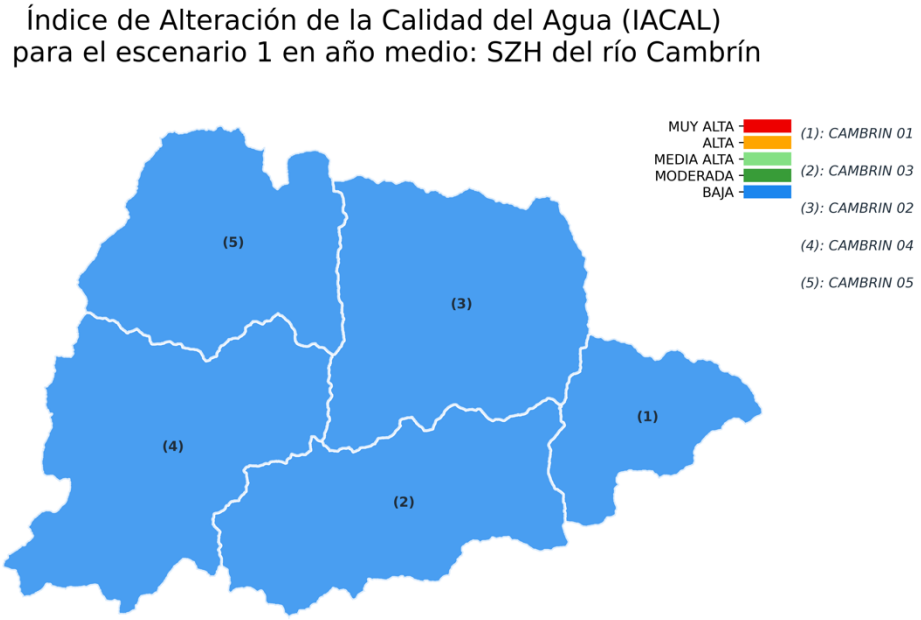


Figura 674. *IACAL OHT Año Medio y meta en carga (E1MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Cambrín*

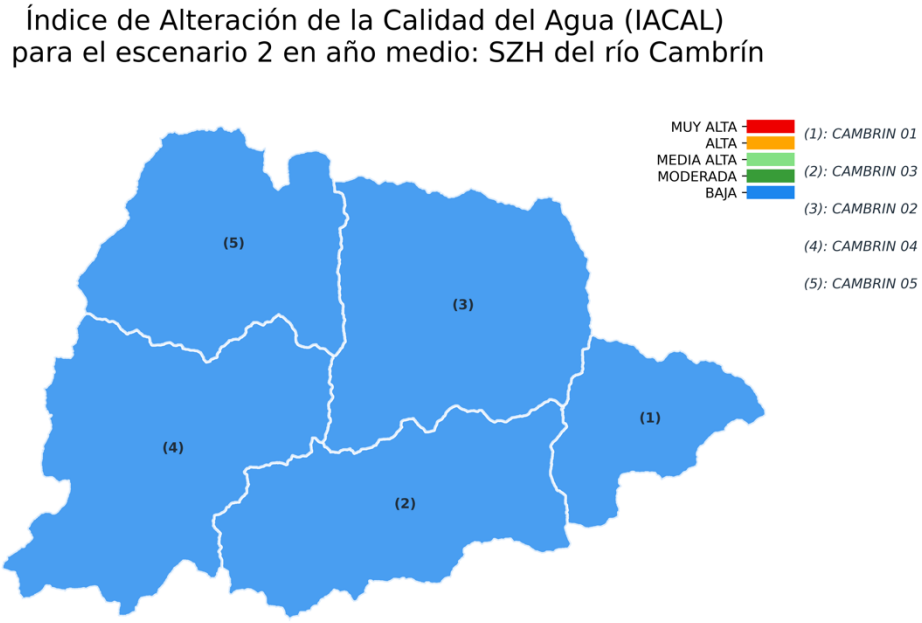


Figura 675. *IACAL OHT Año Medio y carga aportada (E2MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Cambrín*

35.9. Determinación del índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua – IACAL para la subzona hidrográfica del Río Atá

La unidad ATA_10 se encuentra localizada en la parte alta del río Atá, desde su nacimiento hasta aguas abajo de la confluencia con el río Tamara, sector que presenta una presión BAJA por contaminación en ambos escenarios de carga para las dos condiciones hidrológicas (*Tabla 572*). Aguas abajo e incluyendo la confluencia del río San Miguel se localiza la unidad ATA_9 que presenta aportes potenciales significativos de carga proveniente del beneficio del café que genera una presión MODERADA por contaminación en ambos escenarios de carga. A su paso por el centro poblado de Gaitania (unidad de análisis ATA_7), el río Atá mantiene una presión MODERADA por contaminación en los dos escenarios para año medio y año seco, debido a los aportes potenciales de carga por el beneficio de café y vertimientos domésticos del casco urbano de Gaitania. En el margen izquierdo hacia aguas abajo confluye a este tramo la quebrada el Quebradón (unidad de análisis ATA_8), la cual presenta una presión BAJA por contaminación dado su bajo aporte de carga en ambos escenarios.

A su paso por el centro urbano de Planadas (unidad ATA_5), la presión por contaminación en el río ATA se mantiene MODERADA en el escenario de Carga vertida para año seco y año medio, la cual aumenta a MEDIA ALTA para el escenario de Meta de carga en año seco (*Figura* 676). Las unidades ATA_6 y ATA_4 evidencian una presión ALTA por contaminación en la quebrada Montalvo y el río Claro respectivamente, debido a su reducido caudal y un aporte significativo de carga contaminante por beneficio de café en ambos escenarios. Aguas abajo, estas fuentes confluyen al río Atá en la unidad ATA_3, que dado el mayor flujo del río logra asimilar estas cargas llevando la presión por contaminación a una categoría BAJA en los dos escenarios evaluados para año medio y año seco.

Finalmente, en las unidades ATA_2 y ATA_1 se mantiene una presión BAJA por contaminación para el escenario de carga vertida en año medio y año seco a pesar del aporte de los vertimientos domésticos originados en el centro urbano Santiago Pérez, los cuales llevan la presión a MODERADA y MEDIA ALTA para año medio y seco respectivamente en el escenario de Meta de carga.

Tabla 572. Determinación del IACAL en la subzona hidrográfica del Rio Atá (OHT)

Tramo o Unidad de Análisis	Descripción (Zona inicial-final)	OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO SECO (MMC/Año)	IACAL AÑO SECO		OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO MEDIO (MMC/Año)	IACAL AÑO MEDIO	
			E1SECO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2SECO - Seguimiento de Meta 2020		E1MEDIO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2MEDIO - Seguimiento de Meta 2020

ATA_1 PARCIAL		1145,3	MEDIA ALTA	BAJA	1739,4	MODERADA	BAJA
ATA_2 PARCIAL		1098,0	MODERADA	BAJA	1680,6	MODERADA	BAJA
ATA_3 PARCIAL		893,0	BAJA	BAJA	1420,4	BAJA	BAJA
ATA_4 PARCIAL		80,6	ALTA	ALTA	106,4	ALTA	ALTA
ATA_5 PARCIAL		813,3	MEDIA ALTA	MODERADA	1279,9	MODERADA	MODERADA
ATA_6 PARCIAL		71,1	ALTA	ALTA	126,4	ALTA	ALTA
ATA_7 PARCIAL		711,4	MODERADA	MODERADA	1124,5	MODERADA	MODERADA
ATA_8 PARCIAL		67,3	BAJA	BAJA	115,7	BAJA	BAJA
ATA_9 PARCIAL		672,0	MODERADA	MODERADA	1062,7	MODERADA	MODERADA
ATA_10 PARCIAL		334,5	BAJA	BAJA	510,8	BAJA	BAJA

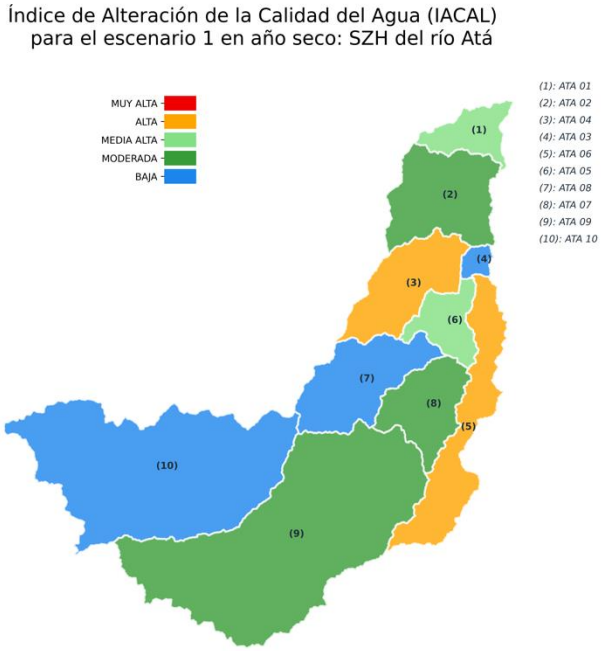


Figura 676. *IACAL OHT Año Seco y meta en carga (E1SECO) para subzona hidrográfica del Rio Atá*

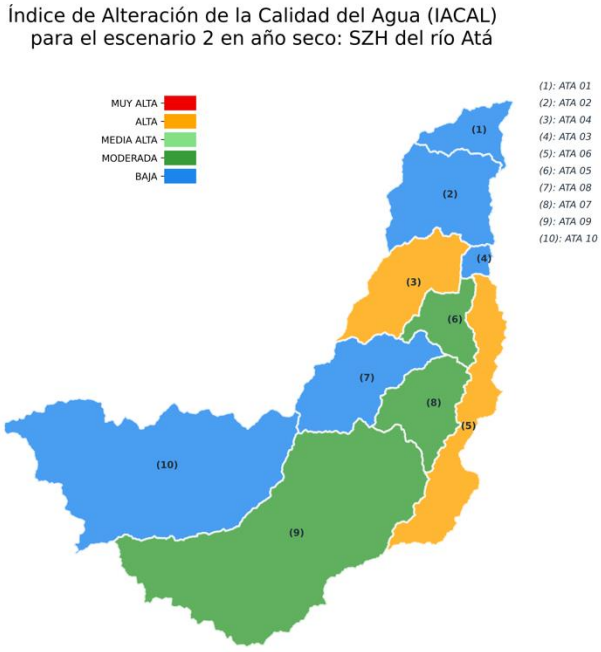


Figura 677. *IACAL OHT Año Seco y carga aportada (E2SECO) para subzona hidrográfica del Rio Atá*

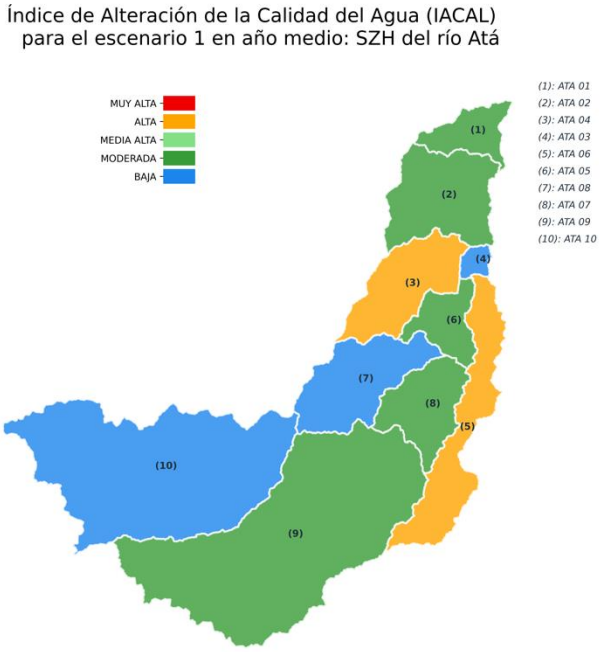


Figura 678. *IACAL OHT Año Medio y meta en carga (E1MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Atá*

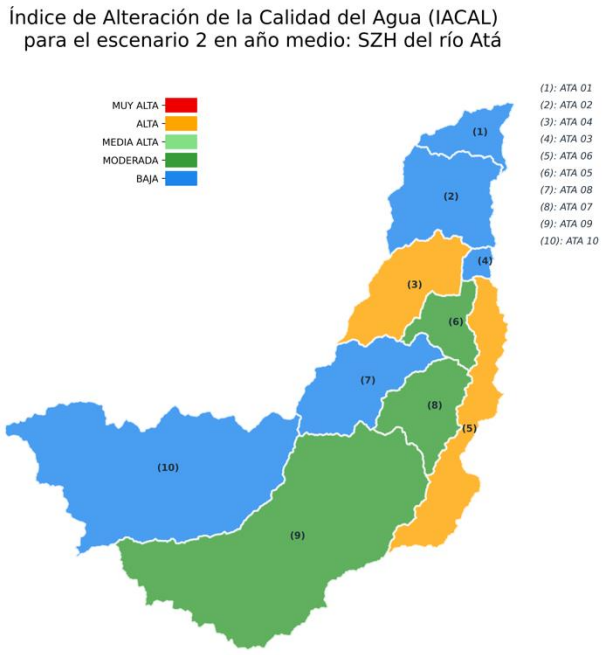


Figura 679. IACAL OHT Año Medio y carga aportada *(E2MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Atá*

36. Conclusiones sobre la calidad fisicoquímica y microbiológica

- Las cargas aportadas por los diferentes vertimientos realizados en las Subzonas Hidrográficas de los ríos Bajo Saldaña, Alto Saldaña, Amoyá, Anamichú, Atá, Cambrín, Medio Saldaña, Pata, Anchique, Chenche y otros directos al Magdalena, provienen principalmente del sector doméstico, Minería de Oro y beneficio del café.

- Se identificó la necesidad de contar con información más detallada sobre el beneficio del café en el departamento del Tolima, incluyendo caracterizaciones de las aguas residuales para de esta manera tener una mejor cuantificación de la carga aportada a las fuentes hídricas por esta actividad.

- Se encontró que, aunque existen títulos mineros otorgados por parte de la Agencia Nacional de Minería en las Subzonas hidrográficas (Medio Saldaña, bajo Saldaña, Yaco, Guaguarco), no se cuenta con información sistemática de

monitoreo de vertimientos sobre esta actividad, por lo que es necesario fortalecer los mecanismos de evaluación y seguimiento al recurso hídrico en las unidades de análisis donde predomina esta actividad económica.

- En las unidades hidrográficas de los ríos Cambrín, Atá y Amoyá, gracias a su ubicación en las partes altas, a las áreas de cobertura boscosas y arbustales, abundancia de afluentes (quebradas, nacimientos) y la baja presencia de centros poblados, tienen un bajo aporte de cargas contaminantes provenientes de los sectores doméstico y beneficio de café.

- Las Subzonas hidrográficas con mayores descargas son: Medio Saldaña (Sector doméstico, Minería Oro, Beneficio de café), Bajo Saldaña (Doméstica, Minería Oro, industrial), Alto Saldaña (Doméstico, Café).

- Las cargas contaminantes analizadas para las subzonas hidrográficas de los Ríos Alto Saldaña, Amoyá, Anamichú, Anchique, Chenche, Directos al Magdalena, Atá, Bajo Saldaña, Cambrín, Medio Saldaña y Patá provienen principalmente de las actividades productivas de la región para las Aguas Residuales No Domésticas (ARnD) del sector agrícola en cultivos permanentes como el beneficio de Café, transitorios como el Arroz y del sector pecuario como la Ganadería; sin embargo las cargas contaminantes de Aguas Residuales Domésticas (ARD) de los habitantes de los municipios y centros poblados son en menor magnitud probablemente por la dinámica demográfica dispersa en relación municipal y rural, siendo asimilado generalmente por la oferta hídrica ambiental y ecohidrológicas de las subzonas hidrográficas.

- En las subzonas hidrográficas Medio Saldaña, Bajo Saldaña y Directos al Magdalena (Quebradas Yaco y Guaguarco) se ubican títulos mineros de oro y y materiales de arrastre. Dentro de la actividad industrial minera de la región no hay información detallada de reportes de análisis de laboratorio o informes técnicos que especifiquen los aportes de carga contaminante y la dinámica. Sin embargo, la calidad del agua en los puntos de monitoreo en estas subzonas del Bajo Saldaña y Directos al Magdalena no representa impactos significativos según el ICA durante el monitoreo de calidad del agua realizado. Específicamente para la subzona del Medio Saldaña dentro del cauce principal del Rio, desde los centros poblados de Mesa de Pole, pasando Ataco hasta la confluencia del Saldaña y Amoyá, en donde se concentran los títulos mineros, de igual forma no representan impactos significativos, probablemente por categorizarse como minería a pequeña escala y a la

disolución por la oferta ambiental y condiciones ecohidrológicas de la subzona. Es necesario realizar estudios y análisis de la composición y dinámica de la Química de sedimentos de fondo aguas abajo de los títulos mineros en estas subzonas y unidades hidrográficas con el fin de corroborar los resultados obtenidos en el monitoreo del agua.

- Se evidencia que los principales parámetros que impactan la calidad de agua son los Sólidos Suspendidos Totales, Relación Nitrógeno - Fósforo Total y Coliformes Fecales. Esta dinámica obedece a las actividades agropecuarias de la región, que se ubican sobre las rondas hídricas y bosques de ribera, donde los pastizales para ganadería al borde del cauce generan procesos erosivos y aumentan la erosión hídrica por precipitaciones y escorrentía superficial; de las actividades agrícolas de cultivos permanentes y transitorios generan procesos de contaminación difusa y aportan cargas contaminantes por agroquímicos excedentes en el cultivo y producción; adicionalmente se evidencia el efecto de cargas contaminantes asociadas a aportes de coliformes fecales y materia orgánica, que influyen en la calidad del agua de las subzonas hidrográficas. Es necesario realizar estudios y análisis de delimitación de la ronda hídrica sobre los cauces principales de las subzonas hidrográficas para mitigar y disminuir los impactos a la calidad del agua.

- Para los centros poblados del Guamo y Ataco se requieren priorizar en medidas de manejo y de protección de las fuentes hídricas que abastecen los acueductos sobre las quebradas Lemayá y Paipa (Canoitas), puesto que estos centros poblados se categorizan con condiciones calidad del agua Malo y Regular respectivamente según el Índice de Calidad del Agua.

Principales conclusiones por subzonas hidrográficas:

- **Atá**

  El análisis de la calidad del agua se caracteriza por condiciones aceptable y regular, principalmente por la relación entre Nitrógeno y Fósforo total, coliformes fecales y sólidos suspendidos totales, basados en actividades agropecuarias y aguas residuales domésticas; Aguas arriba del centro poblado de Gaitania la calidad del agua es regular debido a las actividades agropecuarias en la parte alta de la subzona. Aguas arriba del centro problado de Planadas, se presenta una condición regular debido al desarrollo de actividades agrícolas presentes en la zona. Por otro lado, aguas abajo del centro poblado de Planadas la condición se mantiene debido principalmente a los vertimientos de aguas residuales domésticas por coliformes fecales, a

igual que el acueducto del centro poblado de Santiago Pérez el ICA (regular) indica presencia de coliformes fecales producto de contaminación difusa de origen pecuaria. Es necesario realizar estudios y análisis de delimitación de la ronda hídrica sobre los cauces principales de las subzonas hidrográficas para mitigar y disminuir los impactos a la calidad del agua sobre cuerpos de agua relevantes para el abastecimiento de recurso hídrico como la Quebrada El Encanto.

- **Alto Saldaña y Anamichú**
  El análisis de la calidad del agua se caracteriza por condiciones aceptable y regular, principalmente por la relación entre Nitrógeno y Fósforo total, coliformes fecales y sólidos suspendidos totales, basados en actividades agropecuarias y aguas residuales domésticas; de acuerdo con los resultados del monitoreo, el Río Blanco aporta suficiente carga contaminante al río Anamichú, que afecta su calidad en la parte baja. Integralmente se debe considerar medidas de manejo y de protección de la fuente hídrica receptora de vertimientos asociados al centro poblado de Rioblanco. Es necesario realizar acciones para el control de la erosión, ronda hídrica y producción de sedimentos en la Quebrada Chele, ya que se evidenció un significativo aporte de sedimentos al río Blanco.

- **Cambrín**
  La calidad del agua se caracteriza por una condición aceptable, principalmente por el estado de conservación de la cuenca, presencia de población rural dispersa y actividades agropecuarias a pequeña escala. Por lo que esta subzona no presenta problemas ambientales relacionados con conflictos o presiones por la calidad del agua.

- **Amoyá**
  La calidad del agua se caracteriza por condiciones aceptable, regular y malo en diferentes estaciones de medición, la condición más desfavorable de calidad del agua se debe principalmente por la carga de sólidos suspendidos totales, conductividad eléctrica y coliformes fecales sobre la Quebrada El Neme, basados en actividades agropecuarias, aunado a una topografía plana del terreno. A la altura del acueducto rural El Limón, sobre la Quebrada Tuluní, se presentan afectaciones relacionadas con la relación nitrógeno y fosforo total, asociadas a las actividades agrícola de las partes altas de la quebrada, siendo necesario realizar seguimiento y análisis detallados para el acotamiento de la ronda hídrica sobre el cauce principal de la quebrada, la cual es fuente abastecedora de centro poblado.

- **Medio Saldaña**
  La calidad del agua se caracteriza por presentar condiciones regular y aceptable, principalmente por la relación entre Nitrógeno y Fósforo total, coliformes fecales y sólidos suspendidos totales, basados en actividades agropecuarias y aguas residuales domésticas. A la altura del centro poblado de Ataco, en la fuente abastecedora denominada quebrada Paipa (Canoitas) desde la parte alta a la baja se categoriza como Regular, probablemente debido a las actividades agropecuarias que generan carga contaminante de materia orgánica y coliformes fecales. Es preciso realizar seguimiento para el control de la producción de sedimentos, definición de la ronda hídrica en este cuerpo de agua abastecedor del Centro Urbano de Ataco, siendo necesario mejorar la calidad de agua con acciones de manejo y protección de la fuente hídrica, identificación y control de fuentes de cargas contaminantes difusas.

- **Bajo Saldaña**
  La calidad del agua se caracteriza por presentar condiciones aceptables a excepción de la Quebrada Meche la cual abastece al centro poblado del Municipio de Cayaima presentando esta una condición regular debido a posible influencia de carga difusa producto del desarrollo de actividades pecuarias aguas arriba de su sitio de captación. Integralmente la calidad del agua proveniente de las subzonas hidrográficas de los Río Tetuan, Ortega y Cucuana se categorizan como regulares antes de su confluencia con el río Saldaña, debido principalmente a las actividades agropecuarias; sin embargo, por la magnitud del caudal del río Saldañaa la altura de la SZH Bajo Saldaña, se evidencia una asimilación y disolución de la carga aportadas por los tres ríos. A la altura del centro poblado del Guamo, en la fuente abastecedora y receptora de vertimientos denominada Quebrada Lemayá (abastecedora Quebrada Arenosa) desde la parte alta a la baja se evidencia un Índice de Calidad del Agua que clasifica la calidad como Mala, probablemente debido a las actividades agropecuarias que generan carga contaminante de materia orgánica y coliformes fecales, siendo necesario implementar acciones tendientes a mejorar la calidad de agua con seguimiento y protección de la fuente hídrica, definir el acotamiento de la ronda hídrica, saneamiento ambiental de fuentes de contaminación como vertimientos difusos y puntuales.

- **Anchique, Chenche y Directos al Magdalena**

La calidad del agua se caracteriza por condiciones regular, aceptable y malo. A la altura del Río Chenche parte alta, se identifican categorías Regulares, especialmente aguas arriba y aguas abajo de la represa Zanja Honda, por la relación nitrógeno y fósforo total y coliformes fecales, lo cual se debe a las actividades agropecuarias, actividades recreativas y asentamientos poblacionales aledaños a la represa, característica de la socioeconomía asociada a la región. Sobre el Río Magdalena, en el acueducto municipal de Purificación se categoriza como Malo el estado de la calidad de agua debido a los sólidos suspendidos totales, la relación nitrógeno y fósforo total y concentración de coliformes fecales en aguas provenientes del río Magdalena. Es necesario evaluar alternativas para contar con fuentes hídricas alternativas que garanticen la disponibilidad hídrica a futuro para el abastecimiento doméstico en el centro urbano de Purificación.

- **Patá**
  La calidad del agua se caracteriza por condiciones regular, aceptable y regular, en la parte media y baja de la subzona hidrográfica, debido a los aportes de carga contaminante del sector agropecuario en relación con la relación nitrógeno y fósforo total. Se evidencia entre el punto medio y bajo del cauce principal una baja capacidad de asimilación y disolución de la carga contaminante; por lo anterior, es evidente la necesidad de formular acciones para mejorar la calidad de agua.

Como recomendaciones producto del análisis integral de las nueve subzonas hidrográficas del Estudio Regional del Agua fase 2, se precisa en:

- Priorización y formulación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Atá (POMCA) por la dinámica evidneciada del efecto ambiental de la producción agrícola en la cuenca y la continua categorización Regular del estado de calidad en esta SZH desde los tramos aguas arriba del centro poblado de Gaitania, pasando por Planadas, hasta el punto de confluencia con el Río Saldaña.

- Priorización y formulación de los Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH) para las unidades hidrográficas:

  - **Quebrada Lemayá**, como fuente abastecedora (Quebrada Arenosa) y receptora de los vertimientos del centro urbano del Guamo.

- **Quebrada Paipa**, como fuente abastecedora (Quebrada Canoitas) y receptora de vertimientos del centro urbano de Ataco.

- **Río Chenche**, como fuente abastecedora alternativa a futuro del centro poblado de Purificación y funcionamiento del sistema de riego Triangulo del Sur del Tolima.

- **Río Medio y Bajo Saldaña**, como fuente abastecedora y receptora de vertimientos de centros poblados de los municipios de Ataco, Coyaima, Saldaña y Guamo, considerando las actividades industriales mineras de oro y sus concentrados, materiales de arrastre y vertimientos difusos y puntuales de origen agropecuario y doméstico.

37. Referencias

A.N.M Agencia nacional de minería (2022). Visor Geográfico del Sistema de Información Geográfica de Minería (SIGM). Disponible en: https://annamineria.anm.gov.co/Html5Viewer/index.html?viewer=SIGMExt&locale=es-CO&appAcronym=sigm

CENICAFÉ (2015). Federación Nacional de Cafeteros. Beneficio del Café en Colombia.

CENICAFÉ y PUERTA (2000). Centro Nacional de Investigaciones del Café. Revista Avances Técnicos No. 276.

CORANTIOQUIA. Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia. (2016) Manual de Producción y Consumo Sostenible. Gestión del Recurso Hídrico. Piscícolas. Cultivo de Trucha y Tilapia.

CORANTIOQUIA. Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia. (2016) Manual de Producción y Consumo Sostenible. Gestión del Recurso Hídrico. Piscícolas. Cultivo de Trucha y Tilapia.

CORTOLIMA (2009). POMCA Quebrada Mendarco, SZH Río Alto Saldaña.

CORTOLIMA (2010). POMCA del Río Anamichú.

CORTOLIMA (2010). POMCA Quebrada Guanábano, SZH Río Medio Saldaña.

CORTOLIMA (2022). POMCA del Río Amoyá ajuste 2019 y 2022.

Cude, C. (2001). Oregon water quality index: A tool for evaluating water quality management effectiveness. Jour. Amer. Water Resources Assoc.: 37: 125-137.

DANE (2008). Encuesta ambiental industrial.

Ditorres L, Sanín A., Arango A, Serna J. (2019). Caracterización fisicoquímica de aguas mieles del beneficio del café. Revista ION. 2019;32(2):59-66.

E.V.A (2020): Evaluaciones agropecuarias municipales. Departamento del Tolima. Base Eva_Agricola2020

Federación Nacional de Cafeteros (2021): Página Web. https://federaciondecafeteros.org/wp/sostenibilidad/eje-ambiental/.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM (2020). Hoja Metodológica Versión 1,1. para la determinación del índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua IACAL.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM (2018). Estudio Nacional del Agua.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM (2014). Estudio Nacional del Agua.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM (2013). Lineamientos Conceptuales y Metodológicos para las Evaluaciones Regionales del Agua.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM (2010). Estudio Nacional del Agua.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS (2015). Decreto No. 1076 de 26 de mayo de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS (2015). Resolución MADS No. 0631 de 17 de marzo de 2015. Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.

OMM-N° 168 (2011): Guía de prácticas hidrológicas. Volumen I. Hidrología. De la medición a la información Hidrológica. Disponible en www.whycos.org/hwrp/guide/index_es.php.

P.D.T (2020- 2023) Plan de desarrollo departamental El Tolima nos une. Pág.1- 479.

PSMV Municipio de Ataco. 2019-2023.

PSMV Municipio de Chaparral. Informe EMPOCHAPARRAL E.S.P. del 31 de agosto de 2022.

PSMV Municipio de Coyaima. Descrito en la Resolución Nº 1282 del 22 de agosto de 2008; modificatoria resolución Nº 3595 del 29 de Agosto del 2011.

PSMV Municipio de Natagaima. 2012-2015.

PSMV Municipio de Ortega. 2022-2031.

PSMV Municipio de Planadas. 2019-2023.

PSMV Municipio de Río blanco. Resoluciones Nº 507 10 de Marzo de 2009 y por la cual se modifica el artículo primero con la resolución Nº 1283 de Agosto 22 de 2008 2020-2023

PSMV Municipio de Saldaña. EMPUSALDAÑA S.A. E.S.P. 26 de mayo de 2017.

Tchobanoglous G, Theissen H y Eliassen R. Desechos Sólidos. (1994) Principios de Ingeniería y Administración.

WHO. (1993). Assesment of Sources of Air, Water, and Land Pollution. Parte One: Rapid Inventory Techniques in Environmental Pollution.

38. Estudio Hidrobiológico

Los ecosistemas acuáticos son altamente complejos y de suma importancia para el mantenimiento de la vida en general, participan en múltiples procesos ecológicos y albergan una biota masiva y de gran importancia. Actualmente estos ecosistemas presentan un deterioro progresivo a causa de la sobreexplotación directa y por causa de impactos de tipo antropogénico, como por ejemplo el uso desmedido del agua y la descarga de residuos líquidos y sólidos provenientes de algunas actividades como la minería, generación de energía, canalización, entre otros (Goular et al. 2009), estos factores de riesgo impactan directamente las comunidades de organismos acuáticos, afectando su dinámica y desarrollo dentro del medio acuático, por esta razón se hace necesaria la evaluación de estos cuerpos de agua y de las comunidades que hacen parte de ellos. Dentro de la biota acuática, el perifiton, los macroinvertebrados acuáticos y los peces tienen particular importancia para la valoración ecológica del estado de un rio.

La importancia que en general se atribuye al perifiton en los ecosistemas acuáticos, se debe principalmente a la producción de metabolitos orgánicos que alimentan diversos organismos (contribuyen con más del 70% de la materia orgánica de la productividad total del ecosistema), a sus altas tasas de reciclaje, y a que proporciona alimento a varios tipos de organismos, principalmente macroinvertebrados y peces. Asimismo, los macroinvertebrados acuáticos, constituyen un grupo de gran interés e importancia biológica, económica y ecológica. Ribera & Foster (1992). Han propuesto su uso para determinar el grado de conservación de los hábitats, ya que la información que proporciona esta biota es alta para caracterizar los distintos ambientes de un río (Bournaud et al., 1980), constituyendo una buena herramienta como fauna potencialmente indicadora, al reflejar condiciones ambientales con cara a la gestión de conservación de áreas particularmente ricas en especies raras o amenazadas (Sánchez-Fernández et al., 2004).

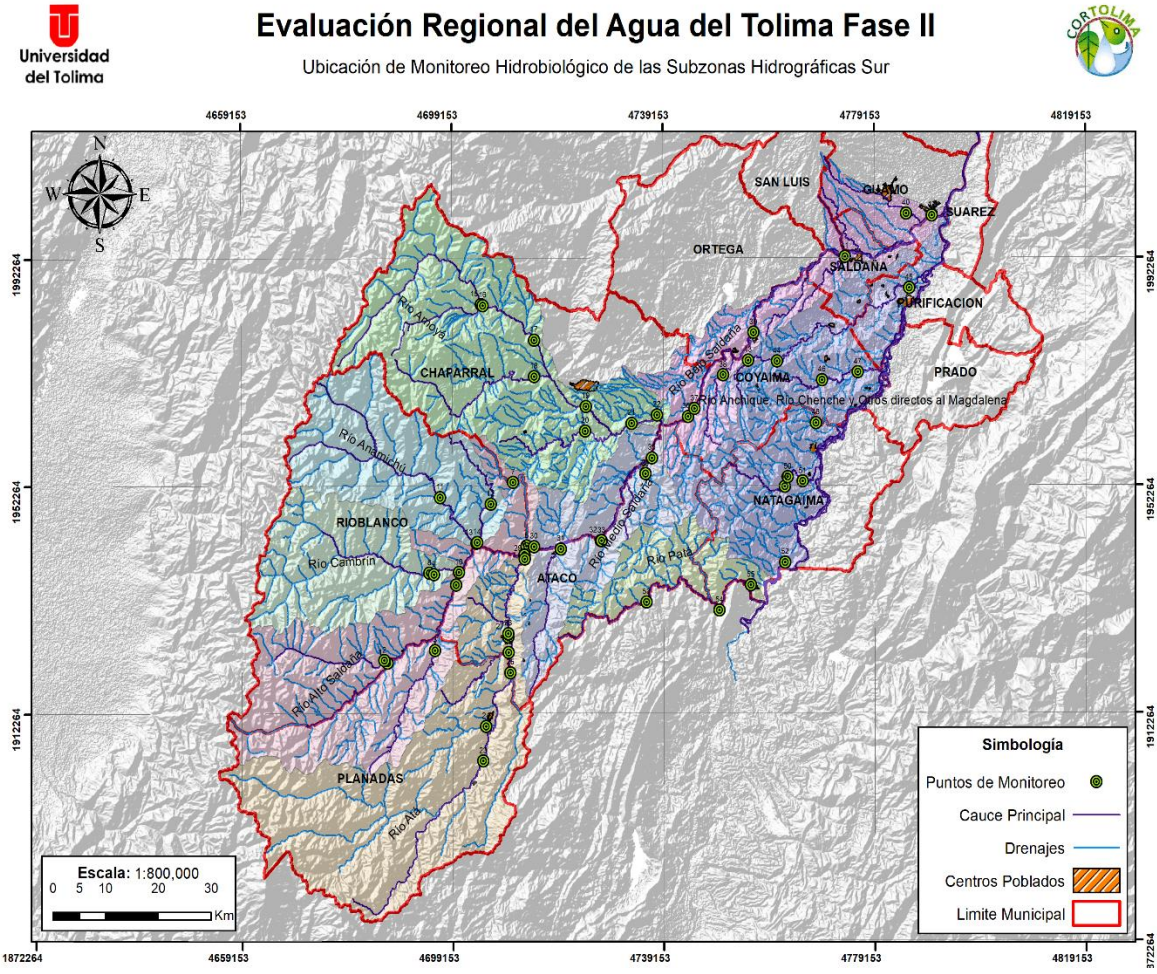
Otra fauna de los ecosistemas acuáticos es la íctica, la cual ha sido posicionada como una herramienta adicional para monitorear, caracterizar y definir la calidad del agua en ríos y lagos (Aguilar-Ibarra 2005).La mayor longevidad de los peces, les permite ser testigos e indicadores de afecciones e impactos históricos de las masas de agua, cuyas causas ya han desaparecido, además su mayor tamaño y movilidad les permite jugar un papel preponderante en los ecosistemas al influir en el flujo de energía y transporte de sustancias y elementos (del Ebro 2004). Por esto el estudio de la ictiofauna es primordial en la comprensión del funcionamiento de los ecosistemas acuáticos y las presiones que lo afectan, proporcionando elementos importantes para su conservación y manejo.

39. AREA DE ESTUDIO.

39.1. Área de Estudio.

Se establecieron 55 estaciones de muestreo distribuidos en las subzonas hidrográficas de los ríos alto Saldaña, Cambrín, Anamichú, Amoyá, Atá, Medio Saldaña, Bajo Saldaña, Anchique y Patá, abarcando puntos sobre los cauces principales y algunos tributarios de interés (**Figura 680**).

Figura 680. *Ubicación de las estaciones de muestreo para el monitoreo hidrobiológico en las subzonas hidrográficas de los ríos alto Saldaña, Cambrín, Anamichú, Amoyá, Atá, Medio Saldaña, Bajo Saldaña, Anchique y Patá.*



Fuente: Autores (2022).

Los sitios de muestreo han sido seleccionados con base en cartografía y en muestreo preliminar teniendo en cuenta aspectos como el área de la cuenca, caudal, impactos naturales, impactos antropogénicos y accesibilidad como factores

predominantes. Se tuvieron en cuenta el rango altitudinal y se efectuaran los muestreos en épocas contrastantes de altas y bajas lluvias.

El área de monitoreo incluye 55 puntos de muestreo, sobre los cauces principales de cada río y sobre sus tributarios. Cada tramo monitoreado, se referenció empleando un receptor GPS (**Tabla 573**).

Tabla 573. *Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo en las subzonas hidrográficas de los ríos alto Saldaña, Cambrín, Anamichú, Amoyá, Atá, Medio Saldaña, Bajo Saldaña, Anchique y Patá.*

No	Subzona	Cuerpo de agua	Código	Latitud	Longitud	Elevación
1	Alto Saldaña	Río Saldaña	H_ASal_01	3,281598	-75,818879	1583
2	Alto Saldaña	Río Hereje	H_ASal_02	3,285555	-75,824166	1590
3	Alto Saldaña	Río Siquila	H_ASal_03	3,301928	-75,737659	1361
4	Alto Saldaña	Río Saldaña	H_ASal_04	3,406008	-75,70225	895
5	Alto Saldaña	Río Mendarco	H_ASal_05	3,467743	-75,582218	948
6	Alto Saldaña	Río Saldaña	H_ASal_06	3,453306	-75,585833	626
7	Alto Saldaña	Río Merdarco	H_ASal_07	3,568907	-75,605117	624
8	Cambrín	Río Cambrín	H_Camb_01	3,424622	-75,747509	1106
9	Cambrín	Quebrada La Soledad	H_Camb_02	3,422118	-75,739478	1293
10	Cambrín	Río Cambrín	H_Camb_03	3,425738	-75,696847	278
11	Anamichú	Río Anamichú	H_Anam_01	3,544676	-75,729467	1278
12	Anamichú	Río Blanco	H_Anam_02	3,534333	-75,642778	1054
13	Anamichú	Río Anamichú	H_Anam_03	3,47231	-75,667529	771
14	Anamichú	Río Blanco	H_Anam_04	3,473478	-75,665893	781
15	Amoyá	Río Amoyá	H_Amoy_01	3,851823	-75,659822	1543
16	Amoyá	Río Davis	H_Amoy_02	3,849736	-75,657002	1529
17	Amoyá	Río Amoyá	H_Amoy_03	3,795093	-75,569415	1003
18	Amoyá	Río Ambeima	H_Amoy_04	3,737184	-75,56932	899
19	Amoyá	Río Amoyá	H_Amoy_05	3,689622	-75,480898	620
20	Amoyá	Qebrada Tuluní	H_Amoy_06	3,650779	-75,481834	606
21	Amoyá	Río Amoyá	H_Amoy_07	3,662842	-75,403218	487
22	Amoyá	Quebrada El Neme	H_Amoy_08	3,676232	-75,359634	447
23	Atá	Río Atá	H_Ata_01	3,126223	-75,655871	1217
24	Atá	Quebrada El Quebradon	H_Ata_02	3,181318	-75,650581	1293
25	Atá	Río Claro	H_Ata_03	3,26636	-75,609327	864
26	Atá	Quebrada Montalvo	H_Ata_04	3,298553	-75,612599	810
27	Atá	Quebrada El Condor	H_Ata_05	3,323069	-75,612764	775
28	Atá	Río Atá	H_Ata_06	3,328646	-75,612912	775
29	Atá	Río Atá	H_Ata_07	3,447389	-75,584861	628
30	Medio Saldaña	Río Saldaña	H_MSal_01	3,466831	-75,569275	604
31	Medio Saldaña	Quebrada Pole	H_MSal_02	3,463226	-75,523689	677
32	Medio Saldaña	Río Saldaña	H_MSal_03	3,476661	-75,455482	528
33	Medio Saldaña	Quebrada San Pedro	H_MSal_04	3,476289	-75,454164	536
34	Medio Saldaña	Quebrada Paipa	H_MSal_05	3,583028	-75,379056	481
35	Medio Saldaña	Río Saldaña	H_MSal_06	3,608203	-75,368382	462
36	Bajo Saldaña	Río Saldaña	H_Bsal_01	3,674028	-75,306525	428
37	Bajo Saldaña	Quebrada La Jabonera	H_Bsal_02	3,686379	-75,295791	415

No	Subzona	Cuerpo de agua	Código	Latitud	Longitud	Elevación
38	Bajo Saldaña	Quebrada Meche	H_Bsal_03	3,739927	-75,247032	400
39	Bajo Saldaña	Río Saldaña	H_Bsal_04	3,807556	-75,195417	362
40	Bajo Saldaña	Quebrada Lemaya	H_Bsal_05	3,997226	-74,935097	326
41	Bajo Saldaña	Río Saldaña	H_Bsal_06	3,928389	-75,039194	322
42	Bajo Saldaña	Río Saldaña	H_Bsal_07	3,994286	-74,891306	306
43	Anchique	Río Chenche	H_Anch_01	3,763444	-75,204333	391
44	Anchique	Río Chenche	H_Anch_02	3,761739	-75,154904	359
45	Anchique	Río Chenche	H_Anch_03	3,878957	-74,929961	307
46	Anchique	Río Hilarco	H_Anch_04	3,732253	-75,078076	331
47	Anchique	Río Hilarco	H_Anch_05	3,744894	-75,01764	322
48	Anchique	Quebrada Guaguarco	H_Anch_06	3,664201	-75,088821	345
49	Anchique	Río Anchique	H_Anch_07	3,562708	-75,142005	376
50	Anchique	Río Anchique	H_Anch_08	3,577825	-75,13669	362
51	Anchique	Río Anchique	H_Anch_09	3,571235	-75,111019	344
52	Anchique	Quebrada Yaco	H_Anch_10	3,442342	-75,141012	367
53	Pata	Río Pata	H_Pata_01	3,378948	-75,377159	711
54	Pata	Río Pata	H_Pata_02	3,3661	-75,253272	601
55	Pata	Río Pata	H_Pata_03	3,406186	-75,199448	383

Fuente: Autores (2022).

39.2. Estaciones de monitoreo

Las estaciones seleccionadas abarcan un rango altitudinal desde los 278 hasta los 1590 msnm, la mayoría de las estaciones exhibe grado de conservación variable con abundante vegetación riparia, gran cantidad de biótopos, caudal alto y una profundidad considerable, todos estos factores permiten que las comunidades biológicas se puedan establecer dentro de un ecosistema acuático. Sin embargo, se observan ciertas afectaciones de origen antrópicos dentro de las que se incluyen, extracción de material de arrastre, recepción de aguas servidas, turismo, agricultura, modificación del cauce para acueductos, entre otros.

40. METODOLOGIA

Se realizó la evaluación de las comunidades que hacen parte de ellos. Dentro de la biota acuática, el perifiton, los macroinvertebrados acuáticos y los peces tienen particular importancia para la valoración ecológica del estado de un rio (Roldan y Ramírez, 2008).

40.1. Perifiton

40.1.1. Colecta en campo

Para la colecta de la comunidad perifitica, se seleccionaron rocas y troncos sumergidos a lo largo de un transecto de 100 m longitudinales en las orillas de cada uno de los sitios de muestreo. Posteriormente, con la ayuda de un cepillo y un

cuadrante de 64 cm2, se realizó un raspado en las rocas y troncos disponibles (**Figura 681**).

Figura 681. *Proceso de colecta y fijación del perifiton.*



Fuente: Autores (2022).

En cada sustrato (roca o tronco) se realizaron 3 raspados, con el fin de evaluar un área total de 192 cm2. El material raspado fue depositado en frascos plásticos ámbar de capacidad 150 ml. Para la fijación del perifiton se usó Lugol y alcohol al 70% en proporciones iguales.

40.1.2. Métodos de laboratorio

Para la determinación y el conteo de los organismos se utilizó un microscopio invertido, con ocular de 16X y objetivo de 40X para un aumento total de 800X (advance optical); adicionalmente, para el conteo de los organismos se empleó una cámara de conteo Sedgwick-Rafter (SR), la cual limita el área y el volumen tomado a partir del material raspado en campo, permitiendo calcular las densidades de las especies (célula por unidad de área) siguiendo la metodología propuesta por APHA, 1992 y Ramírez, 2000:

La identificación taxonómica de los individuos se realizó según las claves de Lopretto & Tell (1995), Ramírez (2000), Streble & Krauter (1987), Prescott (1964), Kudo (1980), Yacobson (1969), Novelo (2012).

$$\text{Organismos/mm2: } \frac{N \times At \times Vt}{Ac \times Vs \times As}$$

Dónde:

N = número de organismos contados,

At = Área total de la cámara (mm2)

Vt= Volumen total de la muestra en suspensión

Ac= Área contada (bandas o campos) (mm2)

Vs=Volumen usado en la cámara (ml)

As= Área del sustrato o superficie raspada (mm2)

40.1.3. Análisis de datos

Esfuerzo de muestreo. Para evaluar la representatividad del muestreo en el área de estudio, se emplearon curvas de acumulación de especies con los datos de abundancia, y los estimadores no paramétricos de riqueza: ACE y Chao 1, utilizando el programa EstimateS v.8.2 (Colwell 2009).

Análisis ecológico y de taxones. Se determinó la densidad relativa de las clases, órdenes, y taxones a partir del número de individuos colectados de cada especie y su relación con el número total de individuos de la muestra por unidad de área. Esto, con el fin de determinar la importancia y proporción en la cual se encuentra cada una de las categorías taxonómicas en los ecosistemas acuáticos.

$$AR = \frac{\text{No de individuos de cada especie en la muestra} \times 100}{\text{No total de individuos en la muestra}}$$

Diversidad. La diversidad alfa fue evaluada mediante el numero efectivo de especies, utilizando los números de Hill, los cuales permiten tener una aproximación más clara de la diversidad entendida esta, desde la riqueza misma (q0), la abundancia equitativa de todos los taxones (q1) y la dominancia de las especies (q2); a partir de índices base como riqueza específica (número de especies), Shannon-Wiener (H') y el recíproco de Dominancia de Simpson (1-D). Para realizar comparaciones entre las estaciones evaluadas, se empleó la metodología de interpolación y extrapolación de diversidad de especies propuesta por Chao et al., (2014).

Ensamblaje de especies: Con relación a la diversidad beta o variación en la composición de la comunidad en las diferentes estaciones de muestreo, se emplearon los coeficientes de similitud de Jaccard y Bray-curtis con el fin de determinar el porcentaje de especies compartidas en las estaciones de muestreo. Para identificar posibles cambios en la estructura de la comunidad en los puntos de muestreo, se utilizó el análisis de escalamiento no métrico multidimensional (NMDS).

Este permite identificar de forma gráfica el grado de similitud de la comunidad entre puntos de muestreo. Adicionalmente, con el fin de identificar diferencias significativas a nivel estadístico en la estructura de la comunidad de los puntos de muestreo, se empleó el análisis de similitud (ANOSIM). Estas dos pruebas fueron desarrolladas utilizando la librería vegan del programa estadístico R.

Relación de la comunidad biótica con las variables ambientales. Con el fin de identificar la posible influencia de las variables ambientales en la estructura de la comunidad biótica, se utilizó el análisis de correspondencia canónica (ACC). Este permite relacionar la matriz de las variables ambientales (Fisicoquímicos) con la matriz de los datos biológicos y así poder identificar las variables ambientales que podrían influir de forma significativa en la estructura de la comunidad. Estos análisis se realizaron en R, utilizando la librería vegan.

Índice Diatómico Genérico (IDG). Con el objetivo de utilizar el perifiton como bioindicador de la calidad del agua, se utilizó el IDG (**Tabla 574**).

$$IDG = \frac{\sum_{j=1}^{n} A_j S_j V_j}{\sum_{j=1}^{n} A_j V_j}$$

Dónde: Aj: Densidad relativa del taxón

Sj: Valor de sensibilidad global del genero

Vj: Valor de amplitud ecológica del genero

Este índice propuesto por Rumeau & Coste (1988) y modificado por Benkhedda et al. (2017), permite utilizar las diatomeas como una herramienta para determinar la calidad de los cuerpos de agua. El IDG tiene en cuenta la sensibilidad de cada taxón a la contaminación (S), la amplitud ecológica del género (V) y la densidad de estos (A). Para calcular el índice se utilizó la siguiente formula:

Tabla 574. *Valores e interpretación del índice Diatómico Genérico*

Rango	Nivel	Significado	Color
IDG > 4.5	Cero	Calidad biológica óptima	
4 < IDG < 4.5	Baja	Calidad normal, contaminación débil	
3.5 < IDG < 4	Moderada	Contaminación moderada, eutrofización	
3 < IDG < 3.5	Intermedia	Contaminación media, eutrofización acentuada	
2 < IDG < 3	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
1 < IDG < 2	Muy alta	Contaminación muy fuerte	
IDG = 0	Total	La población es considerada como inexistente, Contaminación toxica	

Fuente: Modificado de Benkhedda et al., 2017.

40.2. Macroinvertebrados Acuáticos

40.2.1. Colecta de campo

La colecta del material biológico se realiza a través de una red Surber (0,09 m2) en cuatro sustratos (roca, grava, arena y hojarasca), siguiendo la metodología propuesta por Wantzen y Rueda (2009), donde para cada sustrato se toman al azar tres submuestras en diferentes zonas del rio para conformar una muestra compuesta (**Figura *682***). El material se deposita en frascos plásticos debidamente etiquetados y se fija con Formol (10%).

40.2.2. Métodos de laboratorio

En el Laboratorio de Investigación en Zoología se realizó la limpieza y separación de los organismos usando estereomicroscopio Motic SMZ-168 (10X). Se determinó el material biológico hasta el mínimo nivel taxonómico posible empleando las claves taxonómicas de Machado (1989), Posada y Roldán (2003), Merrit et al. (2008), Domínguez y Fernández (2009). Finalmente, los organismos se almacenaron en alcohol (70%) e ingresados a la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima (CZUT-Ma).

40.2.3. Ingreso del material a colección biológica de referencia

El material determinado se organizó en tubos vacutainer y se les asignó un respectivo número de lote siguiendo la numeración especificada por la colección zoológica de la Universidad del Tolima (CZUT-Ma), posterior a ello se realizó el registro en los libros de colección y el ingreso a la base de datos, por último, se hizo el traspaso del material biológico a los frascos madre, siguiendo los protocolos de depósito de organismos.

Figura 682. *Método de colecta de macroinvertebrados acuáticos*



Fuente: Autores (2022).

40.2.4. Análisis de datos

Representatividad del muestreo. Con el fin de determinar la representatividad del muestreo, se calcularon los estimadores de diversidad Chao 1, ACE y Cole, los cuales son utilizados para datos de abundancia y permiten establecer si la muestra es representativa del atributo medido (Álvarez et al., 2006). Para el cálculo fue utilizado el paquete estadístico EstimateS versión 8.2 (Colwell, 2009).

Abundancia. Se determinó la abundancia relativa a partir del número de individuos colectados de cada familia y su relación con el número total de individuos de la muestra. Se calcula con el fin de determinar la importancia y proporción en la cual se encuentra cada uno de los géneros con respecto a la comunidad en los diferentes cuerpos de agua.

AR= No de individuos de cada especie en la muestra x 100

Nº total de individuos en la muestra.

Diversidad. La diversidad alfa fue evaluada mediante el numero efectivo de especies, utilizando los números de Hill, los cuales permiten tener una aproximación más clara de la diversidad entendida esta, desde la riqueza misma (q0), la abundancia equitativa de todos los taxones (q1) y la dominancia de las especies (q2); a partir de índices base como riqueza específica (número de especies), Shannon-Wiener (H') y el recíproco de Dominancia de Simpson (1-D). Para realizar comparaciones entre las estaciones

evaluadas, se empleó la metodología de interpolación y extrapolación de diversidad de especies propuesta por Chao et al., (2014).

Ensamblaje de especies: Con relación a la diversidad beta o variación en la composición de la comunidad en las diferentes estaciones de muestreo, se emplearon los coeficientes de similitud de Jaccard con el fin de determinar el porcentaje de especies compartidas en las estaciones de muestreo. Para identificar posibles cambios en la estructura de la comunidad en los puntos de muestreo, se utilizó el análisis de escalamiento no métrico multidimensional (NMDS). Este permite identificar de forma gráfica el grado de similitud de la comunidad entre puntos de muestreo. Adicionalmente, con el fin de identificar diferencias significativas a nivel estadístico en la estructura de la comunidad de los puntos de muestreo, se empleó el análisis de similitud (ANOSIM). Estas dos pruebas fueron desarrolladas utilizando la librería vegan del programa estadístico R.

Relación de la comunidad biótica con las variables ambientales. Con el fin de identificar la posible influencia de las variables ambientales en la estructura de la comunidad biótica, se utilizó el análisis de correspondencia canónica (ACC). Este permite relacionar la matriz de las variables ambientales (Fisicoquímicos) con la matriz de los datos biológicos y así poder identificar las variables ambientales que podrían influir de forma significativa en la estructura de la comunidad. Estos análisis se realizaron en R, utilizando la librería vegan.

Índice de Calidad Ambiental. Con el fin de determinar la calidad del agua de los ecosistemas evaluados se aplicó el índice de bioindicación BMWP/Col (Roldan & Ramírez, 2008) (**Tabla 575**).

Estructura Trófica. Con el fin de conocer la estructura trófica se establecieron las categorías alimenticias de los macroinvertebrados acuáticos de acuerdo a lo reportado en la literatura (Merrit & Cummings, 1996; Pérez, Pineda & Campos, 2004; Sevilla & Villar, 2008; Hanson, Springer &Ramírez, 2010).

Tabla 575. Interpretación del BMWP/Col

Clase	Calidad	BMWP/Col	Significado	Color
I	Buena	>100	Aguas muy limpias	
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	
IV	Critica	16-35	Aguas muy contaminada	
V	Muy Critica	<16	Aguas fuertemente contaminadas	

Fuente: Roldan y Ramírez, 2008

40.3. Ictiofauna

40.3.1. Colecta en campo

El muestreo se *realizó* por medio de un equipo de electropesca (**Figura *683***) en dirección aguas arriba y en los distintos tipos de hábitats (rápidos, remansos) y sustratos (roca, grava, arena, hojarasca), a lo largo de un transecto de 100 m de largo y ancho variable, con un esfuerzo de muestreo de una hora por estación. Debido que es método de colecta no selectivo utilizado frecuentemente para estimar la abundancia y composición de especies en quebradas, ríos y caños (Mojica y Galvis, 2002).

Operacionalmente, la electropesca funciona por medio de una corriente eléctrica de 340 voltios, 1 amperio, que fluye entre dos electrodos que se colocan previamente en el agua. Los peces fluyen hacia el electrodo positivo que cuenta con una nasa redonda (aprox. 50 cm de diámetro) para la recolección de los ejemplares vivos y sin daño de sus estructuras.

Simultáneamente, se ccomplementó con bloqueos utilizando una red de arrastre (5 m x 1,5 m con ojo de malla de 0,05 m) en cada uno de los puntos de muestreo. Una vez capturados, los ejemplares fueron fijados en una solución de formol al 10 % y almacenados en bolsas plásticas de cierre hermético. Posteriormente, fueron transportados en canecas plásticas al Laboratorio de Investigación en Zoología de la Universidad del Tolima (GIZ) para su determinación taxonómica.

40.3.2. Métodos de laboratorio

Los especímenes colectados fueron preservados en etanol al 70 % y determinados empleando claves de identificación y descripciones taxonómicas disponibles para cada grupo, entre ellas se destacan Buitrago-Suárez (1995), Briñez-Vásquez (2004), Maldonado-Ocampo et al. (2005), García-Melo (2005) y Donascimiento et al., 2017. Posteriormente, se ingresaron a la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima, sección – Ictiología (CZUT-IC).

Medición y Pesaje. La totalidad de individuos fueron medidos con un calibrador J Gacing, con una resolución de 0.01 mm, y pesados en una balanza marca CHAUS-Pioneer, con una precisión de 0.001 g.

Figura 683. *Método de electropesca para fauna Íctica.*



40.3.3. Análisis de datos

Representatividad del muestreo. Para determinar la representatividad del muestreo, fueron calculados los estimadores de diversidad Chao 1, ACE y Cole. Este análisis se realizó en el programa EstimateS versión 9 (Colwell, 2013).

Abundancia. Para determinar la importancia y proporción de los órdenes, familias y especies con respecto a la comunidad, se calculó la abundancia relativa usando la razón matemática a partir del número de individuos de cada especie en la muestra y el número total de individuos en la muestra. De acuerdo con la siguiente ecuación:

$$AR = \frac{\text{No de individuos de cada especie en la muestra}}{\text{No total de individuos en la muestra}} \times 100$$

Diversidad. Para determinar la diversidad de la ictiofauna, se calcularon los números efectivos de especies de la serie de Hill (q0, q1, y q2), mediante la trasformación de los valores obtenidos de los índices de Shannon-Wienner y Simpson. Para el cálculo de los índices se utiliza el paquete estadístico PastProgram® (Hammer, Harper, & Ryan, 2001). En cuanto a la diversidad beta (o tasa de recambio de especies) se calculó con el índice de Bray-Curtis y se grafica a partir de un clúster para identificar el grado de similitud entre las estaciones por el ensamblaje de especies. Este análisis se realiza por medio del programa PAST (PAleontological STatistics) versión 4.04 (Hammer et al., 2001).

Distribución de frecuencias de tallas. Para establecer la distribución de tallas de las especies más abundantes (> 30 individuos por especie) se utilizó la medida de longitud estándar (LE) agrupada en intervalos de 5 y 10 mm, y se grafican histogramas con las marcas de clase para cada intervalo.

Relación longitud – peso. Para estimar indirectamente la tasa de crecimiento, se calculó la relación matemática entre la longitud y el peso de las tres especies más abundantes (Gonzales et al., 1996). La relación se establece empleando la ecuación:

$$W = a\,L^b$$

Dónde W es el peso total en gramos, y L su longitud estándar (LE) en milímetros; a y b son constantes (Froese, 2006).

Relación entre las variables ambientales y la fauna íctica. Para determinar la relación entre el ensamblaje de peces y las variables ambientales, se empleó el análisis canónico de correspondencias (ACC), utilizando dos grupos de matrices (especies por estaciones y variables ambientales). Las variables que influyan significativamente ($p<0,05$) en la estructura del ensamblaje de especies, se determinan mediante la prueba de Monte Carlo con 999 permutaciones.

Para determinar la correlación entre las variables ambientales se calculó el coeficiente de correlación de Pearson (r), y variables altamente correlacionadas ($r > 0.75$) y P-valor <0.05 se excluye del análisis. Estos análisis se realizan con el programa estadístico Canoco para Windows 4.5 (Braak & Smilauer, 2002).

Análisis trófico y reproductivo. Con el fin de realizar el análisis trófico de las especies se revisó el contenido estomacal empleando un estereoscopio. La identificación de los ítems alimenticios se lleva a cabo hasta el nivel taxonómico de familia, siguiendo la metodología propuesta por Yáñez et al. (1976). Las especies con menos de tres individuos fueron excluidas del análisis. El estado de madurez sexual de machos y hembras por especie es determinado macroscópicamente en función de la forma, consistencia, tamaño y coloración de las gónadas siguiendo la escala propuesta por Vazzoler (1982).

Especies de interés y categorías de amenaza. Utilizando la información disponible para Colombia, se determinó su uso como ornamentales, de consumo, migratorio, endémico y grado de amenaza. Esta información se basa en el listado actualizado de peces dulceacuícolas de Colombia, versión 2.13 (DoNascimiento, et al., 2021). La categoría de amenaza fue guiada por las fuentes bibliográficas presentadas en la Tabla 576.

Tabla 576. Referentes de categorización de amenaza para ictiofauna

Fuente	Referencia
Libro Rojo de Peces de Colombia	Mojica et al., 2012
International Union for Conservation of Nature and Natural Resources	UICN

41. RESULTADOS Y DISCUSION

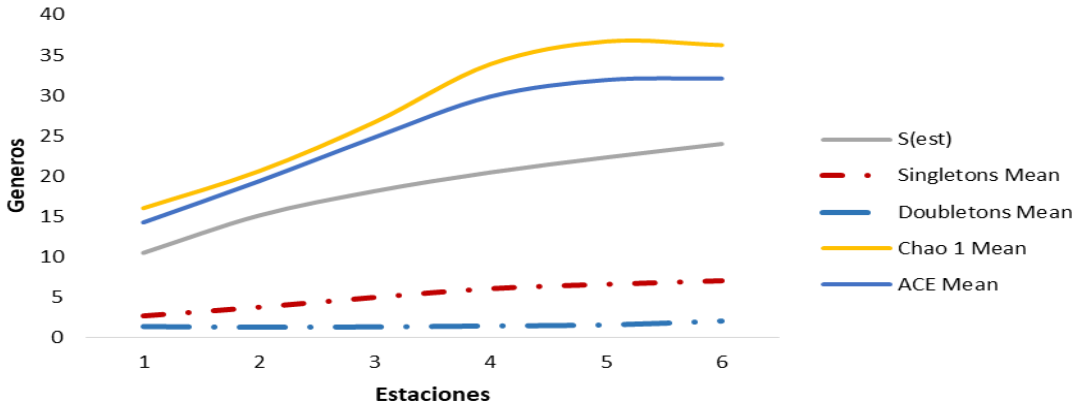
41.1. Subzona hidrográfica del río Alto Saldaña.

41.1.1. Perifiton

41.1.1.1. Representatividad

Con respecto a los estimadores de riqueza se registró un número total de 24 géneros observados (Sobs) en seis estaciones evaluadas, estas especies representan el 74.76% de las esperadas teniendo en cuenta el estimador de riqueza ACE y el 66.22% para Chao 1. Se estima un potencial máximo de 36 géneros (**Figura *684***).

Figura 684. *Curva de acumulación de la comunidad perifítica en la subzona hidrográfica del Río Alto Saldaña.*



Fuente: Autores, 2022

Según los estimadores de riqueza se registró una cantidad inferior a lo esperado durante los periodos de muestreo, lo que permite establecer que, para esta subzona hidrográfica, se debe incrementar el esfuerzo de muestreo, ya sea en un mayor número de estaciones distribuidas en la subzona o replicas en el tiempo. Esto se observa además en la curva de acumulación de especies en la cual se evidencia que hace falta esfuerzo para llegar a la asíntota.

41.1.1.2. Composición

Se colectaron 2122 individuos/mm2 distribuidos en seis filos, siete clases, 16 órdenes, 20 familias y 24 géneros (Tabla 577).

A nivel de clase, presentaron mayor abundancia Bacillariophyceae con 1192 individuos/mm2, seguida de la clase Cyanophyceae con 422 individuos/mm2. Esta configuración de abundancia sigue el patrón de composición que se presenta en las cuencas andinas, en los cuales las especies algales dominantes pertenecen a la clase Bacillariophycea (Pinilla, 1998; Ramírez & Viña, 1998; Ramírez, 2000; Martínez &

Donato, 2003). Con relación a los órdenes Cymbellales, Oscillatoriales Bacillariales y Naviculales representaron aproximadamente el 70% de los organismos registrados (**Tabla 577**), los órdenes restantes registraron densidades menores al 10%.

Tabla 577. *Composición de la comunidad perifítica registrada en la subzona hidrográfica del Río Alto Saldaña.*

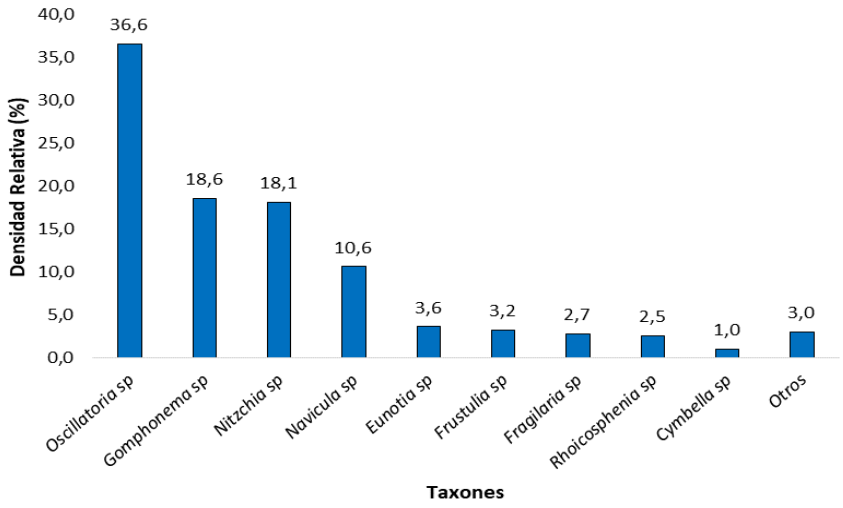
Filo	Clase	Orden	Familia	Especie	Densidad Ind/mm2
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	*Nitzchia sp*	384.54
		Cocconeidales	Cocconeidaceae	*Cocconeis sp*	16.94
		Cymbellales	Cymbellaceae	*Cymbella sp*	21.44
				Pinnularia sp	9.07
			Gomphonemataceae	*Gomphonema sp*	394.58
			Rhoicospheniaceae	*Rhoicosphenia sp*	53.33
		Eunotiales	Eunotiaceae	*Eunotia sp*	76.16
		Fragilariales	Fragilariaceae	*Fragilaria sp*	58.29
				Synedra sp	2.78
		Licmophorales	Ulnariaceae	*Hannaea sp*	0.93
				Ulnaria sp	1.16
		Mastogloiales	Achnanthaceae	*Achnanthidium sp*	2.41
		Naviculales	Amphipleuraceae	*Frustulia sp*	68.52
			Naviculaceae	*Caloneis sp*	3.70
				Navicula sp	225.05
			Stauroneidaceae	*Stauroneis sp*	16.90
		Rhabdonematales	Tabellariaceae	*Tabellaria sp*	2.78
		Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	*Epithemia sp*	1.25
	Mediophyceae	Stephanodiscales	Stephanodiscaceae	*Cyclotella sp*	0.93
Charophyta	Conjugatophyceae	Desmidiales	Desmidiaceae	*Cosmarium sp*	0.93
Chlorophyta	Ulvophyceae	Cladophorales	Cladophoraceae	*Cladophora sp*	0.93
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	*Oscillatoria sp*	776.34
Euglenozoa	Euglenophyceae	Euglenida	Euglenidae	*Trachelomonas sp*	0.93
Protozoa	Lobosa	Arcellinida	Difflugiidae	*Difflugia sp*	2.18

Fuente: Autores, 2022

De los 24 taxones registrados, los más abundantes fueron *Oscillatoria* sp, *Gomphonema* sp, *Nitzchia* sp y *Navicula* sp, Estos representaron aproximadamente el 84% de los individuos registrados (**Figura 685**). Los últimos tres pertenecientes a la clase Bacillariophyceae y son muy comunes en ecosistemas lóticos como: ríos, riachuelos y pequeños arroyos, en los cuales son muy frecuentes y abundantes.

El taxon más abundante fue Oscillatoria sp perteneciente a la clase Cyanophyceae, estos organismos pertenecen al grupo de las cianobacterias y son indicativos de aguas con altas cargas de materia orgánica y nutrientes que permiten que este taxon incremente sus densidades rápidamente (Ramírez 2000).

Figura 685. *Densidad relativa de los géneros más abundantes colectados en la subzona hidrográfica del Río Alto Saldaña.*

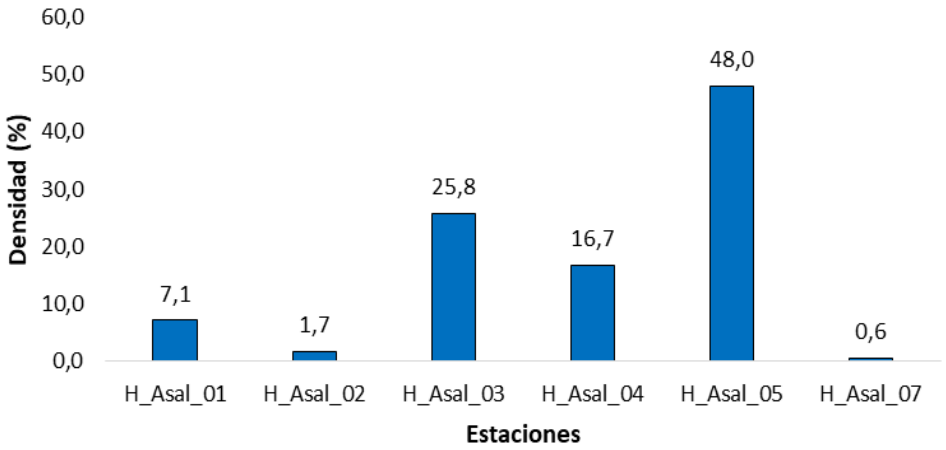


Fuente: Autores, 2022

41.1.1.3. Distribución espacial

Se establecieron siete estaciones de muestreo, de las cuales no fue posible realizar el muestreo en la estación del río Saldaña (H_ASal_06), debido que no existen puntos de acceso terrestre hacia la zona. La mayor densidad fue registrada en H_Asal_05 con un 48%, seguido por la estación H_Asal_03 con 25.8%. Por otro lado, las estaciones con el menor porcentaje de densidad relativa fueron H_Asal_02 y H_Asal_07 con una densidad relativa de 1.7 y 0.6% respectivamente (**Figura 686**).

Figura 686. *Densidad relativa por estaciones de la subzona hidrográfica Río Alto Saldaña.*

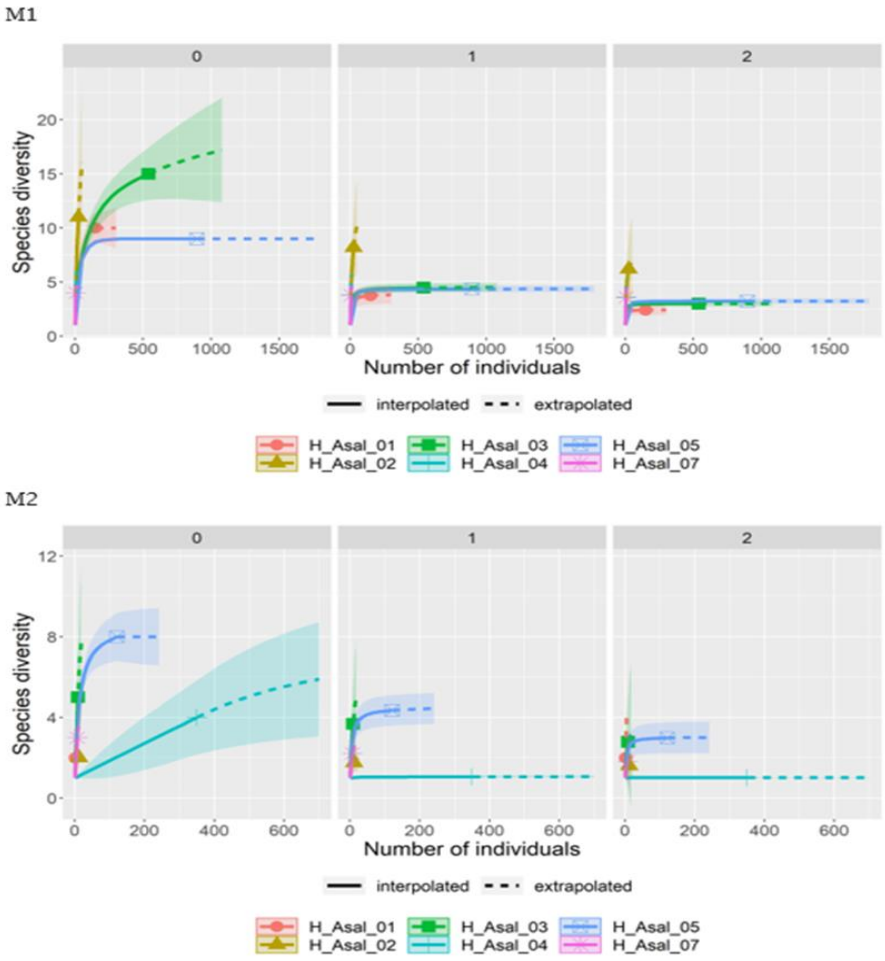


En cuanto a los taxones registrados Gomphonema sp, Navicula sp y Nitzchia sp, se registraron en la mayoría de las estaciones de la subzona hidrográfica. Por otra parte 10 taxones mostraron distribución restringida y solo fue posible colectarlos en un solo sitio y de un organismo cada uno, estos fueron: *Caloneis* sp, *Cladophora* sp, *Cosmarium* sp, *Cyclotella* sp, *Epithemia* sp, *Hannaea* sp, *Synedra* sp, *Tabellaria* sp, *Trachelomonas* sp y *Ulnaria* sp.

41.1.1.4. Diversidad

Para el muestreo M1, a partir de la extrapolación del número de especies teniendo en cuenta la riqueza específica (0D) las estaciones con el mayor número de especies efectivas fueron H_Asal_03 y H_Asal_02. Sin embargo, al tener en cuenta el número de especies típicas (1D) y especies dominantes (2D), solamente H_Asal_02, fue significativamente más diversa que las demás estaciones, en las cuales no se observaron diferencias estadísticamente significativas en la diversidad (Figura 687).

Figura 687. *Diversidad Alfa en las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Alto Saldaña. 0=Riqueza especifica, 1= Exponente de Shannon y 2= Inverso de Simpson*



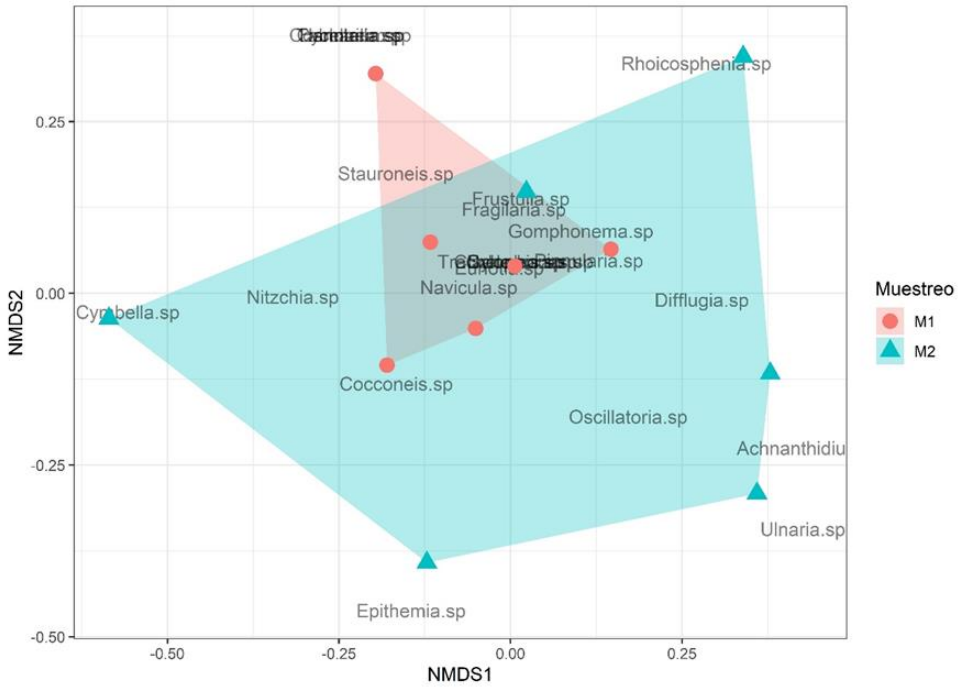
Para el segundo muestreo se observó un patrón similar en el cual se pudo establecer que la estación más diversa teniendo en cuenta riqueza especifica (0D), especies raras y poco frecuentes (1D) y especies dominantes (2D) fue H_Asal_03 (Rio Siquila). Durante ambos muestreos se observó que la estación H_Asal_04 (Río Saldaña) fue significativamente menos diversa, esto se debe posiblemente a las condiciones del cuerpo de agua las cuales no son aptas para el desarrollo de la comunidad perifítica

41.1.1.5. Ensamblaje

Los resultados del escalamiento no métrico multidimensional (EMNM), permitieron evidenciar que las estaciones H_Asal_03 y H_Asal_01, comparten un gran número de especies (**Figura 688**), a diferencia de las restantes las cuales tienen una composición y estructura de la comunidad particular que las separa de las restantes. Tal es el caso de *Tabellaria* sp, característica de H_Asal_03, *Pinnularia* sp y *Fragilaria* sp características de H_Asal_07 y *Cocconeis* sp de H_Asal_04.

Los resultados del análisis NMDS teniendo en cuenta la presencia de los géneros (Jaccard) en cada una de las estaciones, no muestra agrupamientos definidos para los dos periodos de muestreo (M1:Rojo y M2: Azul) (Stress = 0,2). Al realizar la prueba estadística ANOSIM entre los grupos analizados, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas (p= 0,5).

Figura 688. *Diagrama de ordenación NMDS para las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Alto Saldaña*

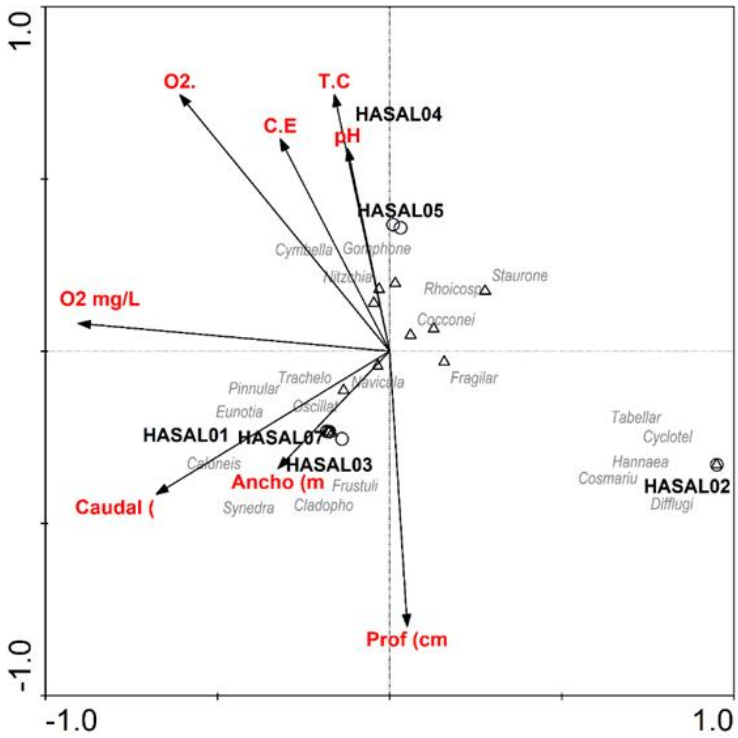


41.1.1.6. Relación con variables fisicoquímicas

Según los resultados del análisis de correspondencia canónica (ACC), el oxígeno disuelto (02) influyó de manera significativa en la distribución de los taxones de la comunidad perifítica. Esta variable junto con la conductividad eléctrica, temperatura y pH obtuvieron valores elevados en las estaciones H_Asal_04 y H_Asal_05. Estas estaciones se caracterizaron por la presencia de taxones como *Cymbella* sp, *Nitzchia* sp y *Gomphonema* sp (**Figura 689**).

La estación H_Asal_02, se caracterizó por valores bajos de Oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, temperatura y pH. En esta, se registraron taxones como: Difflugia sp, Cosmarium sp, Hannaea sp, Cyclotella sp y Tabellaria sp. Estaciones como H_Asal_01, H_Asal_07 y H_Asal_03, se separaron de las demás por presentar un caudal y un acho mayor. Variables relacionadas una alta velocidad de la corriente. En estas estaciones se registró la presencia de taxones como Synedra sp, Caloneis sp, Cladophora sp, y Frustulia sp.

Figura 689. *Análisis de Correspondencia Canónica para las variables fisicoquímicas y la abundancia de los taxones de la comunidad perifítica registradas en la subzona hidrográfica del Río Alto Saldaña*



41.1.1.7. Índice diatómico genérico (IDG)

Según los resultados del índice Diatómico Genérico (IDG) a nivel general, las estaciones evaluadas presentaron un nivel de contaminación muy alto a moderado (**Tabla 578**). Durante el muestreo M1, la estación H_Asal_03 registro los valores de contaminación altos. Las estaciones restantes registraron nivel de contaminación muy alto por materia orgánica, debido a la desaparición de especies sensibles en la comunidad perifítica. Para la segunda época de muestreo (M2), los niveles de contaminación disminuyeron, algunas estaciones como H_Asal_04 y H_Asal_07, pasaron de contaminación muy alta a moderada. Esto posiblemente se relaciona con las lluvias que generan un efecto de dilución en los cuerpos de agua mejorando temporalmente las condiciones de estos

Tabla 578. *Índice diatómico genérico de las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Alto Saldaña.*

Cuerpo de agua	IDGM1	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica	IDGM2	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica
H_Asal_01	1.75	Muy alta	Contaminación muy fuerte		3.33	Intermedia	Contaminación media, eutrofización acentuada	
H_Asal_02					3.36	Intermedia	Contaminación media, eutrofización acentuada	
H_Asal_03	2.14	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte		2.97	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Asal_04	1.08	Muy alta	Contaminación muy fuerte		3.63	Moderada	Contaminación moderada	
H_Asal_05	1.66	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.66	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Asal_07	1.13	Muy alta	Contaminación muy fuerte		3.62	Moderada	Contaminación moderada	

41.1.2. Macroinvertebrados acuáticos

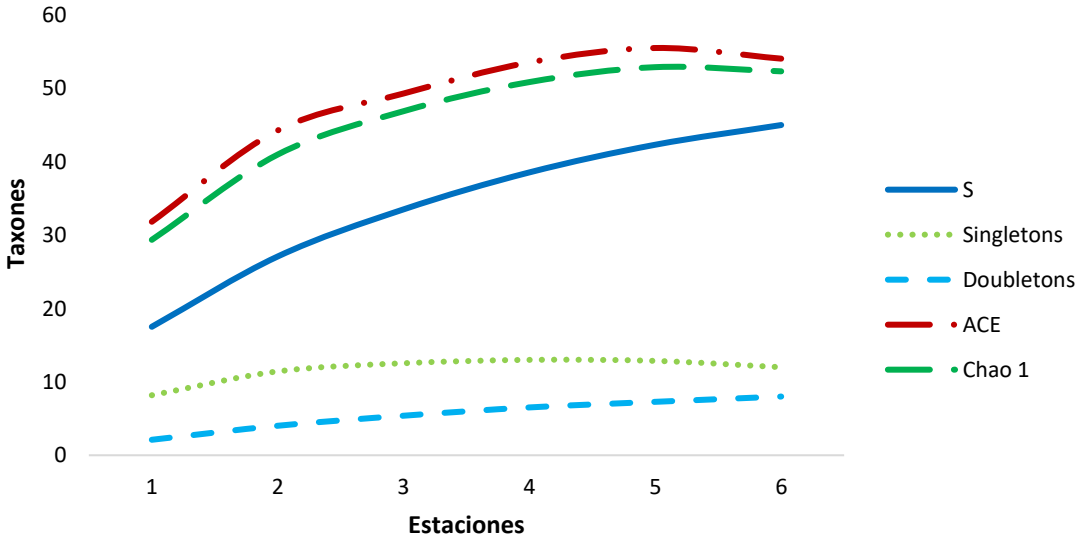
41.1.2.1. Representatividad.

Con respecto a los estimadores de riqueza se registró un número total de 45 géneros observados (Sobs) en las 12 estaciones evaluadas (Seis en la subzona durante dos temporadas) para un total de 48 muestras que corresponden al 83.3% del valor

esperado con el estimador de riqueza ACE y el 86% para Chao 1. Se estima un potencial máximo de 54 géneros (**Figura 690**).

Según los estimadores de riqueza se registró una cantidad alta de organismos durante los periodos de muestreo, la mayoría de los organismos colectados son cosmopolitas y resilientes, razón por lo cual son fáciles de detectar (Domínguez y Fernández, 2009). Por otro lado, se encontró una cantidad relativamente alta de géneros con un solo individuo (12), lo que sugiere la posibilidad de encontrar más organismos de diferentes taxones, esto es consecuente con los resultados obtenidos en los cuales se indica que se pueden encontrar más organismos. Esta comunidad cuenta con un amplio rango de adaptaciones al ecosistema acuático, lo cual significa que existe la posibilidad de encontrar más animales de este tipo (Hanson et al., 2010).

Figura 690. *Curva de acumulación de Macroinvertebrados acuáticos colectados en la Subzona hidrológica del río Alto Saldaña.*



Fuente: Autores (2022)

41.1.2.2. Composición

Se colectaron 751 organismos distribuidos en tres filos, cuatro clases, 12 órdenes, 27 familias y 45 géneros (**Tabla *579***).

Tabla 579. *Composición de los macroinvertebrados acuáticos registrados en la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña.*

Filo	Clase	Orden	Familia	Genero	Abundancia
Platyhelminthes	Rhabditophora	Neoophora	Dugesiidae	*Girardia*	1

Filo	Clase	Orden	Familia	Genero	Abundancia
Annelida	Clitellata	Hirudinida	Glossiphoniidae	*Helobdella*	3
		Lumbriculida	Lumbriculidae	Indeterminado	4
		Tubificida	Naididae	*Tubifex*	4
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Pseudotelphusidae	Indeterminado	1
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	*Cylloepus*	3
				Heterelmis	15
				Huleechius	3
				Macrelmis	2
				Phanocerus	3
			Ptilodactylidae	*Anchytarsus*	2
			Staphylinidae	*Bledius*	2
				Stenus	1
		Diptera	Blephariceridae	*Limonicola*	6
			Ceratopogonidae	*Atrichopogon*	2
			Chironomidae	Chironominae	109
				Orthocladiinae	223
				Tanypodinae	4
			Empididae	*Chelifera*	1
				Hemerodromia	2
			Psychodidae	*Maruina*	2
				Psychoda	1
			Scatopsidae	Indeterminado	1
			Simuliidae	*Simulium*	71
			Tipulidae	*Hexatoma*	2
				Limonia	3
				Molophilus	4
				Tipula	1
		Ephemeroptera	Baetidae	*Americabaetis*	8
				Baetodes	158
				Camelobaetidius	19
				Moribaetis	2
			Leptohyphidae	*Leptohyphes*	11
				Tricorythodes	1
			Leptophlebiidae	*Hydrosmilodon*	1
				Thraulodes	14
			Oligoneuriidae	*Lachlania*	3
		Hemiptera	Naucoridae	*Limnocoris*	1
			Veliidae	*Rhagovelia*	17
		Megaloptera	Corydalidae	*Corydalus*	14
		Plecoptera	Perlidae	*Anacroneuria*	13
		Trichoptera	Hydropsychidae	*Leptonema*	6
				Smicridea	6

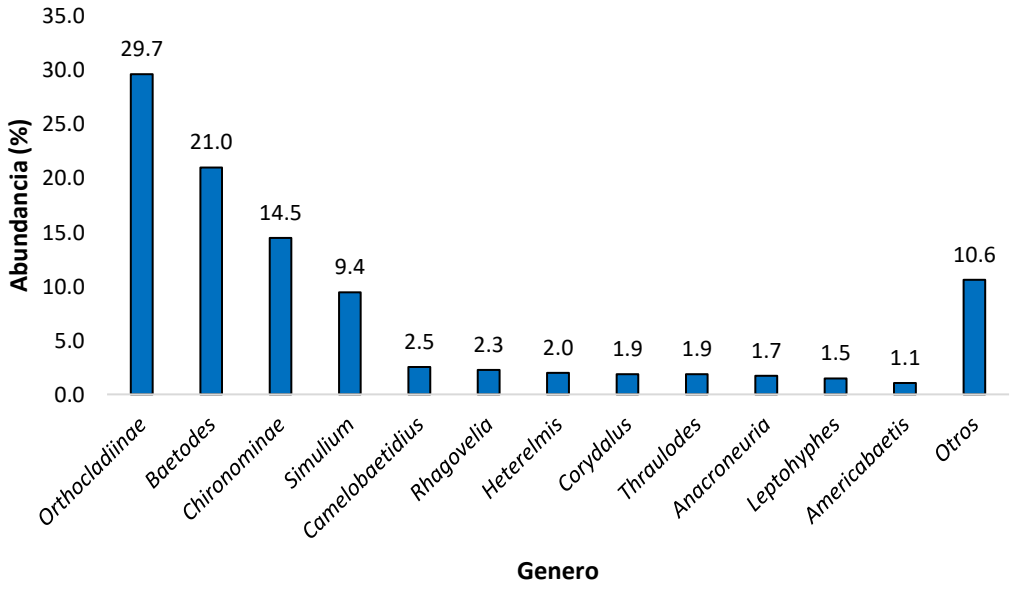
Filo	Clase	Orden	Familia	Genero	Abundancia
			Hydroptilidae	*Leucotrichia*	1
			Leptoceridae	*Atanatolica*	1

Fuente: Autores (2022).

A nivel de orden, presentaron mayor abundancia Díptera con 432 organismos (57.4%), seguido del orden Ephemeroptera con 217 organismos (289%) y Coleóptera con 31 organismos (4.1%). Esta ordenación de la abundancia sigue el patrón regular que se observa en la composición encontrada en los ríos andinos (Vásquez y Reinoso, 2012)

En cuanto a familias, las más abundantes fueron Chironomidae (44.7%), Baetidae (24.9%) y Simuliidae (9.4%) mientras que Dugesiidae, Hydroptilidae, Leptoceridae, Naucoridae, Pseudotelphusidae y Scatopsidae presentaron la menor abundancia (>0.1%). Por último, a nivel de géneros, los más abundantes fueron Orthocladiinae sp (29.7%), seguido de *Baetodes* (21%) y Chironominae sp (14.5%). De los 45 géneros registrados 12 de ellos registran un valor inferior al 1%, estos son *Hydrosmilodon,* Pseudotelphusidae sp, *Tipula, Psychoda, Stenus, Atanatolica, Limnocoris,* Scatopsidae sp, *Tricorythodes, Girardia, Chelifera* y *Leucotrichia* (**Figura *691***).

Figura 691. *Abundancia relativa de los géneros más abundantes colectados en la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña.*



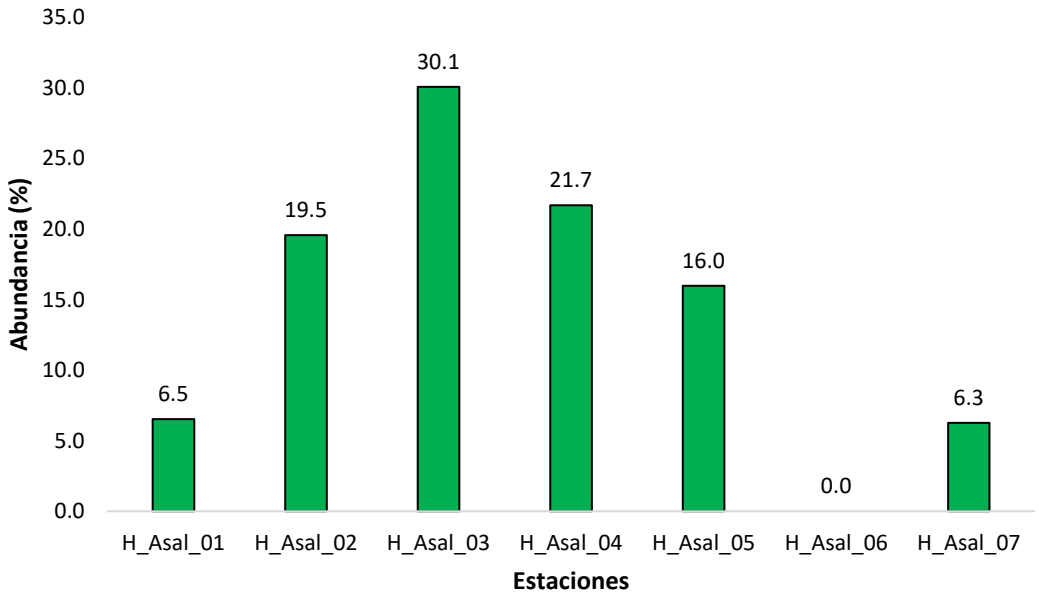
Fuente: Autores (2022).

El cauce del rio Saldaña en la zona alta y sus principales tributarios, constituyen una subzona bastante extensa con una amplia variación espacial lo que permite albergar poblaciones de macroinvertebrados acuáticos, sin embargo, en este cuerpo de agua el caudal juega un papel crucial, la fuerza de la corriente y las continuas lluvias que se han presentado, limitan considerablemente la colonización de hábitats, adicionalmente se presentan afectaciones artificiales como el ingreso de aguas negras provenientes de las localidades aledañas, agricultura y extracción de arena, las cuales representan fuertes tensores sobre la fauna acuática y en especial con la comunidad de macroinvertebrados acuáticos (Reinoso et al., 2009).

41.1.2.3. Distribución espacial

Se establecieron siete estaciones de muestreo, de las cuales no fue posible realizar el muestreo en la estación del río Saldaña (H_ASal_06), debido que no existen puntos de acceso terrestre hacia la zona. De las seis estaciones monitoreadas el río Siquila (H_ASal_03), fue la que presento mayor abundancia relativa con un 30.1%, seguido por el río Saldaña (H_ASal_04) y El Río Hereje con 19.5% (H_Asal_02). Por otro lado, la estación que obtuvo menor porcentaje de abundancia fuer el río Mendarco (H_ASal_07) con el 6.3% (**Figura 692**).

Figura 692. *Abundancia relativa por estaciones de la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña.*



Fuente: Autores (2022).

La subzona hidrográfica del río Alto Saldaña es bastante amplia y cuenta con un varios cuerpos de agua de gran porte, que le aportan biomasa durante todo el año, sin embargo, estos ríos son de un gran porte, lo cual indica que el caudal es el mayor limitante para la colonización de los organismos, en este sentido la mayoría de las estaciones se encuentran con bajas abundancias y con presencia de organismos tolerantes y cosmopolitas que indican que el medio acuático se encuentra perturbado (Roldan y Ramírez, 2008). A nivel de comunidad se evidencia una reducción significativa según lo reportado por Reinoso et al (2009), donde se realizó un estudio de este grupo biológico en la misma zona, en la cual se reportó un mayor número de organismos, lo que significa el deterioro de los ecosistemas en el tiempo.

En cuanto a los géneros registrados solo Orthocladiinae sp, *Baetodes,* Chironominae sp y *Simulium*, se registraron en todas las estaciones de la subzona hidrográfica (**Tabla 580**). Por otra parte 13 taxones mostraron distribución restringida y solo fue posible colectarlos en un solo sitio y de un organismo cada uno, estos fueron: Anchytarsus, Hydrosmilodon, Pseudotelphusidae sp, Tipula, Psychoda, Stenus, Atanatolica, Limnocoris, Scatopsidae sp, Tricorythodes, Girardia, Chelifera y Leucotrichia.

Tabla 580. *Distribución espacial de los macroinvertebrados acuáticos registrados en la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña.*

Genero	H_Asal_01	H_Asal_02	H_Asal_03	H_Asal_04	H_Asal_05	H_Asal_07
Orthocladiinae	8	25	100	56	30	4
Baetodes	11	52	43	38	12	2
Chironominae	2	7	37	24	32	7
Simulium	3	12	12	12	27	5
Camelobaetidius	0	6	0	0	13	0
Rhagovelia	0	1	0	1	1	14
Heterelmis	0	5	3	4	0	3
Corydalus	1	1	4	4	3	1
Thraulodes	6	5	0	1	0	2
Anacroneuria	8	4	0	0	0	1
Leptohyphes	1	2	5	3	0	0
Americabaetis	1	5	0	1	0	1
Smicridea	0	0	0	5	0	1
Limonicola	0	5	1	0	0	0
Leptonema	1	2	1	2	0	0
Tanypodinae	0	0	2	1	0	1
Lumbriculidae sp.	0	4	0	0	0	0
Tubifex	0	0	3	0	0	1
Molophilus	0	1	3	0	0	0
Cylloepus	1	0	0	0	1	1

Genero	H_Asal_01	H_Asal_02	H_Asal_03	H_Asal_04	H_Asal_05	H_Asal_07
Phanocerus	0	3	0	0	0	0
Lachlania	0	1	2	0	0	0
Limonia	1	2	0	0	0	0
Huleechius	0	0	2	1	0	0
Helobdella	1	0	0	2	0	0
Hexatoma	0	0	1	1	0	0
Hemerodromia	0	1	1	0	0	0
Atrichopogon	1	0	0	0	1	0
Bledius	0	0	0	2	0	0
Moribaetis	0	0	2	0	0	0
Macrelmis	0	0	1	1	0	0
Maruina	0	0	0	1	0	1
Anchytarsus	0	2	0	0	0	0
Hydrosmilodon	1	0	0	0	0	0
Pseudotelphusidae sp.	0	1	0	0	0	0
Tipula	0	0	1	0	0	0
Psychoda	0	0	1	0	0	0
Stenus	0	0	0	1	0	0
Atanatolica	0	0	0	1	0	0
Limnocoris	0	0	0	0	0	1
Scatopsidae sp.	0	0	1	0	0	0
Tricorythodes	0	0	0	0	0	1
Girardia	1	0	0	0	0	0
Chelifera	0	0	0	1	0	0
Leucotrichia	1	0	0	0	0	0

Fuente: Autores (2022).

Los organismos colectados en una sola estación presentan alta sensibilidad a los cambios hidrológicos de la subzona, dado que en su mayoría son animales móviles sin estructuras de adherencia, lo cual los hace vulnerables a ser removidos por la fuerza del caudal, sin mencionar que también son organismos de baja tolerancia a los cambios ambientales por tensores artificiales producto de las actividades humanas (Hanson et al., 2010).

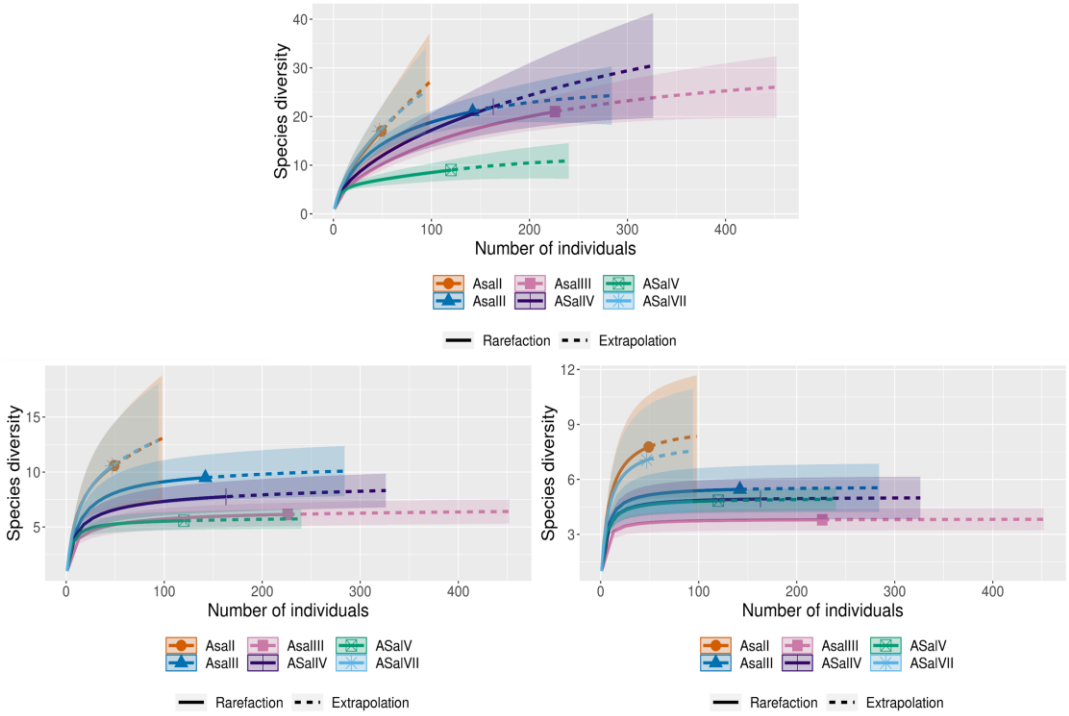
41.1.2.4. Diversidad

Según lo observado en la extrapolación de número de géneros en las estaciones de la subzona hidrográfica del rio Saldaña, se puede establecer que los valores de riqueza más altos (0D) se dieron en las estaciones río Siquila (H_ASal_03) y río Saldaña (H_ASal_04) donde se hallaron 22 géneros, mientras que el valor más bajo se registró en el río Mendarco (H_ASal_05) con 9 géneros **Figura 693**).

Al observar los intervalos de confianza, estos se encuentran superpuestos unos con otros lo que parece indicar que no existen cambios significativos en la riqueza observada, por lo que se considera que es relativamente similar en las estaciones evaluadas, a excepción de la estación del río Mendarco (H_ASal_05), que, si tiende a alejarse de las demás, ya que presenta la menor cantidad de taxones.

Los valores relacionados a los taxones típicos o comunes (1D), indican un valor más alto en la estación río Saldaña (H_ASal_01) con 10.6 géneros y el río Mendarco (H_ASal_07) con 10.5 géneros, estas estaciones muestras una posible diferencia con las demás estaciones, dado que los intervalos de confianza no se sobreponen a los demás contrario a esto las estaciones muestran valores cercanos e intervalos sobrepuestos lo que parece indicar que la comunidad de macroinvertebrados acuáticos de estas zonas e homogénea y está compuesta principalmente por géneros comunes y ampliamente distribuidos.

Figura 693. *Diversidad Alfa en las estaciones de la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña.*



Fuente: Autores (2022).

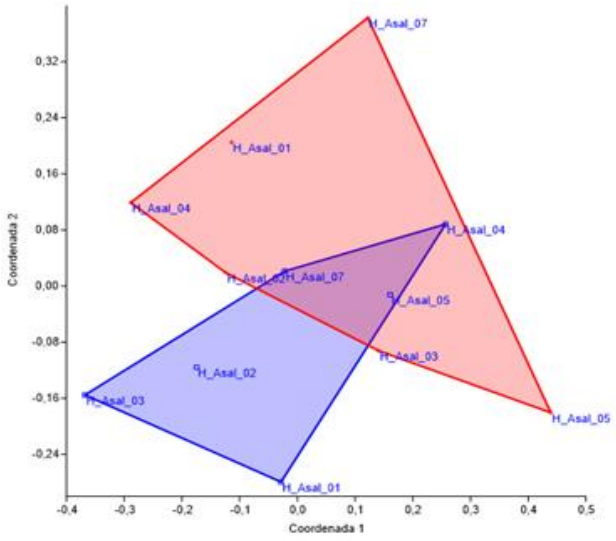
Por último, de acuerdo con el número de taxones dominantes (2D), se observa un comportamiento similar al obtenido del q1 donde el río Saldaña (H_ASal_01) con 7.8 géneros y el río Mendarco (H_ASal_07) con 7.1 géneros, y como en el caso anterior las demás estaciones se encuentran en valores cercanos lo que indica uniformidad en la

comunidad, dominada por organismos cosmopolitas de gran abundancia, específicamente Chironominae sp, Orthocladiinae sp, los cuales prosperan fácilmente en cualquier ecosistema incluso si está altamente perturbado.. La diversidad en la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña es homogénea y uniforme, compuesta de organismos tolerantes a los cambios hidrológicos y artificiales, esto se ve reflejado en los afluentes de este sector que aunque se encuentran relativamente aisladas, presentan presiones antrópicas y ambientales similares, sin embargo al ser una subzona grande con múltiples tributarios de gran tamaño, existen procesos de resiliencia que permiten a la comunidad de organismos colonizar y asentarse en estos ecosistemas (Arias et al., 2007).

41.1.2.5. Ensamblaje

Los resultados del análisis NMDS teniendo en cuenta la presencia de los géneros (Jaccard) en cada una de las estaciones, no muestra agrupamientos definidos para los dos periodos de muestreo (M1:Azul y M2: Rojo) (Stress = 0,2) (**Figura 694**). Al realizar la prueba estadística ANOSIM entre los grupos analizados, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas (p= 0,5).

Figura 694. *Diagrama de ordenación NMDS para las estaciones de la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña.*



Fuente: Autores (2022).

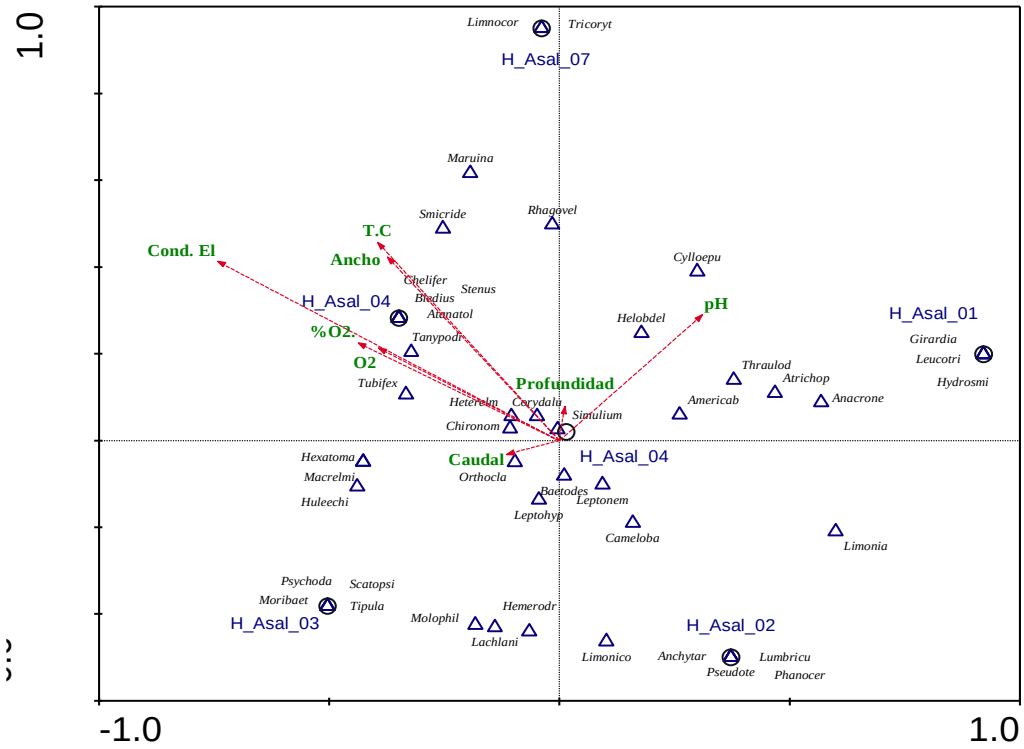
El diagrama NMDS indica baja independencia entre los grupos evaluados a nivel temporal y espacial, por otro lado, se observan diferencias a nivel de estaciones, lo que significa que las estaciones en puntos distantes del diagrama poseen una composición

diferente, lo cual informa de que cada estación cuenta con condiciones particulares y ofrece recursos diferentes para sustentar poblaciones de organismos de poca distribución (Domínguez & Fernández, 2009; Hanson, et al., 2010).

41.1.2.6. Relación con variables fisicoquímicas

Según el ACC y la prueba de Monte Carlo, las variables conductividad eléctrica, ancho, oxígeno disuelto y temperatura presentan efectos condicionantes sobre la distribución de los organismos, de ellos solamente el fosforo presenta diferencia estadísticamente significativa (Figura 695). El río Saldaña es un cuerpo de agua de gran porte con un caudal alto, transporta grandes cantidades de sedimentos y partículas que tienen efectos variables sobre la fauna, adicionalmente existen eventos naturales y artificiales en su periferia que afectan directamente en la distribución de los organismos en el ecosistema (Pérez, 2020). En campo fue posible observar una serie de disturbios tales como agricultura, urbanización, erosión, ingreso de aguas domesticas e industriales, minería y extracción de arena, entre otros, los cuales presentan un efecto directo sobre la dinámica de las poblaciones.

Figura 695. *Análisis de Correspondencia Canónica para las variables fisicoquímicas y la abundancia de los taxones de macroinvertebrados acuáticos registrados en la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña.*



Fuente: Autores (2022).

En el diagrama de ordenación mediante la longitud del vector que existe un incremento en la conductividad eléctrica y la temperatura que derivan de actividades agrícolas y domésticos y la sedimentación de los cuerpos de agua, son las variables que parecen tener mayor efecto (Arias et al., 2007). Las asociaciones que entre las variables y las estaciones no son del todo claras, siendo las estaciones con mayor influencia de los componentes fisicoquímicos en el río Saldaña (H_ASal_04) y Mendarco (H_ASal_05).. La distribución de las variables fisicoquímicas con respecto a las estaciones muestra que pueden existir procesos de mineralización y eutrofización, en algunas de las estaciones, esto en relativamente común en cuencas andinas que cuentan con un alto grado de erosión y de transporte sedimentos, adicional a esto las actividades antrópicas ocasionan disturbios fuertes que limitan significativamente el desarrollo de los invertebrados acuáticos, debido a esto la calidad ecológica de esta subzona hidrográfica es bastante baja a pesar de su tamaño y condiciones ambientales que deberían favorecer el crecimiento de las poblaciones de estos animales (Ramírez y Viña, 1998).

41.1.2.7. Índice de calidad Ambiental BMWP/Col

Se determinó la calidad de agua basado en la cantidad de familias y el puntaje BMWP/Col, las estaciones de la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña, exhiben un carácter heterogéneo en cuanto al estado ecológico de sus aguas (**Tabla 581**). En el muestreo 1 y 2 se observa que la mayoría de las estaciones evaluadas se encuentran con calidad desde Buena hasta crítica.

En general los datos obtenidos según el índice de bioindicación muestra datos desfavorables en muchas de las estaciones de la subzona Alto Saldaña, esto es consecuente con los tipos de alteraciones que se observaron durante las campañas de monitoreo, los factores que más afectan la comunidad son el pulso de inundación y las presiones de origen antrópico como extracción de arena y minería e ingreso de aguas servidas (domesticas e industriales), esto supone fuertes presiones para los organismos a nivel fisiológico y comportamental, ante estos sucesos solo la fauna más tolerante persiste en el espacio- tiempo y es lo que se evidencia en los resultados obtenidos (Roldan, 2003; Medianero & Samaniego, 2004).

Tabla 581. *Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña.*

Cuerpo de agua	BMWP/Col	Calidad	Muestreo 1	BMWP/Col	Muestreo 2	Clase
Río Saldaña	45	Dudosa	III	66	II	Aceptable
Río Hereje	102	Buena	I	70	II	Aceptable
Río Siquila	64	Aceptable	II	53	III	Dudosa
Río Saldaña	31	Critica	IV	83	II	Aceptable

Río Mendarco	37	Aceptable	III	16	IV	Critica
Río Saldaña	*	*	*	*	*	*
Río Mendarco	55	Dudosa	III	54	III	Dudosa

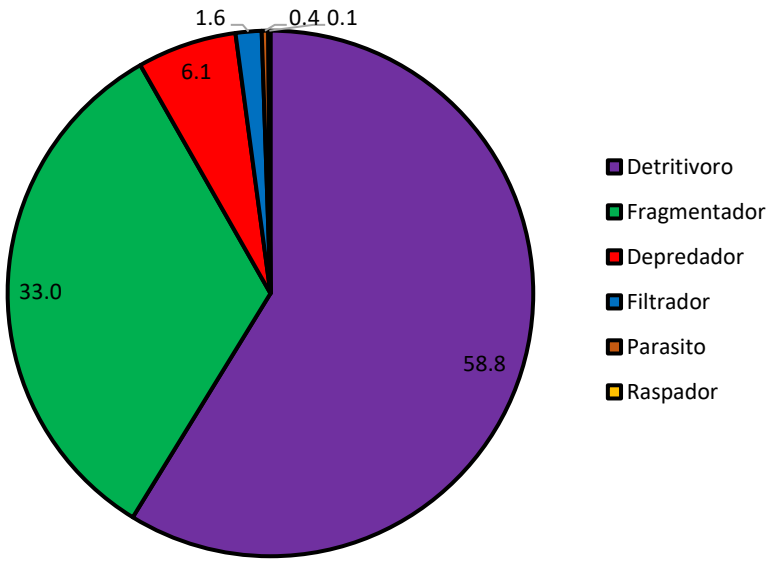
Fuente: Autores (2022).

41.1.2.8. Gremios tróficos

Se identificaron seis gremios tróficos de los cuales el detritívoro fue el más abundante (58.8%), seguido de fragmentador (33%), depredador (6.1%), filtrador (6.1%), raspador (1.6%) y por último el parasito (0.4%) (**Figura 696**). La gran abundancia del gremio detritívoro puede estar relacionada con altos niveles de detritus orgánicos presenten en el agua, estos detritos pueden tener origen en los residuos domésticos que se vierten sobre los cauces de los ríos.

Por otro lado, el fragmentador está relacionado con la cantidad de hojarasca que se encuentra disponible como material aloctono dentro del agua y está considerado normal dentro del patrón habitual de caída de hojarasca que ocurre en las cuencas andinas. Los demás gremios como el filtrador que se alimenta de partículas en suspensión, el depredador que se alimenta de otros animales y el raspador que se alimenta de perifiton se encuentran pobremente representados, sin embargo, esto es común ya que son gremios especializados en la obtención de recursos limitados en el contexto espacio-temporal (Perez et al., 2004).

Figura 696. *Distribución de los gremios tróficos de macroinvertebrados acuáticos de la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña.*



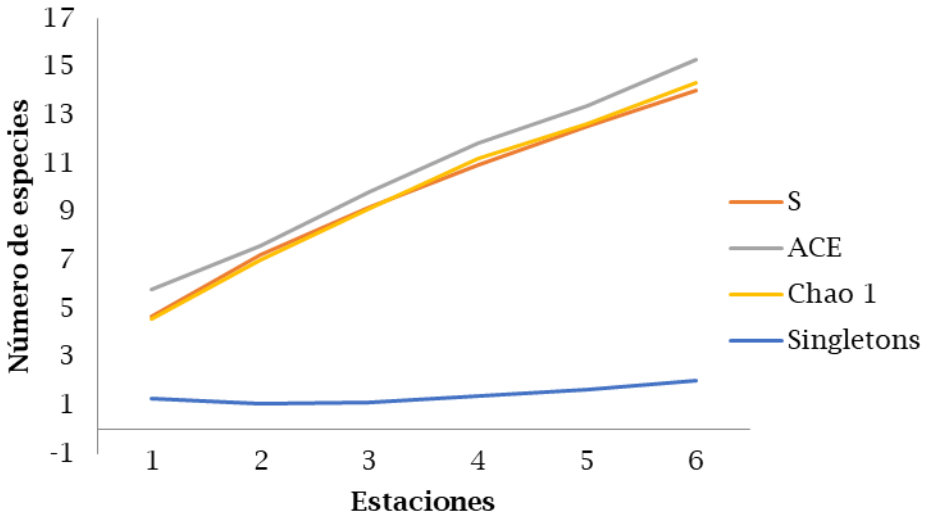
Fuente: Autores (2022).

41.1.3. Ictiofauna

41.1.3.1. Representatividad

Las curvas de acumulación de especies muestran un incremento sucesivo a lo largo del muestreo realizado en la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña. Es así que el porcentaje de especies capturadas (S) fue alto. Según los estimadores de riqueza ACE y Chao 1, se evidencia que el número de especies observada (S = 14) corresponde al 90 y 100 % de las especies esperadas, es decir, 15 y 14 especies, respectivamente. Asimismo, las especies de una muestra con menos de 10 individuos pueden considerarse como raras (Colwell & Elsensohn, 2014). Tal es el caso de unas especies que fueron colectadas una sola vez (singletons) (Chaetostoma milesi). Por lo tanto, es posible utilizar los datos registrados para hacer comparaciones de diversidad y riqueza entre los cuerpos de agua, debido a que el porcentaje de representatividad de las especies de peces que se encuentran en el área de estudio fue relativamente alto (**Figura 697**).

Figura 697. *Curva de acumulación de especies ícticas en las estaciones de la subzona hidrográfica río Alto Saldaña.*



Fuente: Autores (2022)

41.1.3.2. Composición

En la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña se colectaron 253 individuos, pertenecientes a 124 especies, distribuidas en dos órdenes y siete familias. El orden Siluriformes con siete especies registró la mayor riqueza, seguido de Characiformes con siete. Con relación a la abundancia por familia, Astroblepidae registró 123

individuos, seguida de Characidae con 46 individuos, Crenuchidae con 4 y las demás familias con menos de 5% de abundancia relativa.

Con respecto a la abundancia de las especies, Trichomycterus banneaui fue la más abundante con 66 individuos (AR= 26 %), seguida de Astroblepus sp. con (AR= 25 %) y Astroblepus grixalvii con (AR= 11 %). Las demás especies registran abundancias relativas inferiores al 12 % y, adicionalmente, se registró una especie con un solo individuo, Chaetostoma milesi y Saccodon dariensis (**Tabla *582***).

***Tabla 582**. Composición íctica registrada en la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña*

Orden	Familia	Genero	Especie	Abundancia
Characiformes	Characidae	*Argopleura*	*A. magdalenensis*	2
		Creagrutus	*C. affinis*	2
			C. magdalenae	14
		Hemibrycon	*Hemibrycon* sp. 2	28
	Crenuchidae	*Characidium*	*C.* cf. *zebra*	4
	Parodontidae	*Parodon*	*P. magdalenensis*	5
		Saccodon	*S. dariensis*	1
	Astroblepidae	*Astroblepus*	*A. grixalvii*	30
			A. homodon	21
			Astroblepus sp.	64
Siluriformes	Heptapteridae	*Imparfinis*	*I. usmai*	8
	Loricariidae	*Chaetostoma*	*C. milesi*	1
			C. thomsoni	7
	Trichomycteridae	*Trichomycterus*	*T. banneaui*	66

Fuente: Autores (2022)

41.1.3.3. Distribución espacial

Con respecto a la distribución de las abundancias entre las estaciones evaluados, es posible observar que H-ASal-07 registró la mayor abundancia con AR= 41 %, seguido de H-ASal-04 con AR= 31 % y H-ASal-02 con AR= 20 %. Las demás estaciones registraron valores de inferiores al 3%. En términos generales las estaciones ubicadas en zonas bajas (H-ASal-07 y H-ASal-04) representaron aproximadamente el 72% de la abundancia total, en cambio, las demás estaciones de zonas bajas registran valores cercanos al 25 % (**Figura 698**).

Por otro lado, en cuanto a la distribución espacial de las especies, es posible observar cuatro especies dominantes, *Astroblepus* sp., *Trichomycterus banneaui*, *Hemibrycon* sp.2 y *Astroblepus grixalvii*, representando el 73 % de la abundancia total. Sin embargo, *Hemibrycon* sp.2 y *T. banneaui* únicamente se registran en una o dos de las seis estaciones sobre la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña. En lugar, *Astroblepus* sp. Se observa en cuatro de las seis estaciones. Y, siete especies (*A. magdalenensis, A. homodon, C. milesi, C. thomsoni, C. zebra, I. usmai* y *P. magdalenensis*), son exclusivas de al menos una estación. Las demás se distribuyen dos, tres estaciones (**Figura 699**).

Figura 698. *Abundancia relativa por estaciones de la SZH Alto Saldaña.*

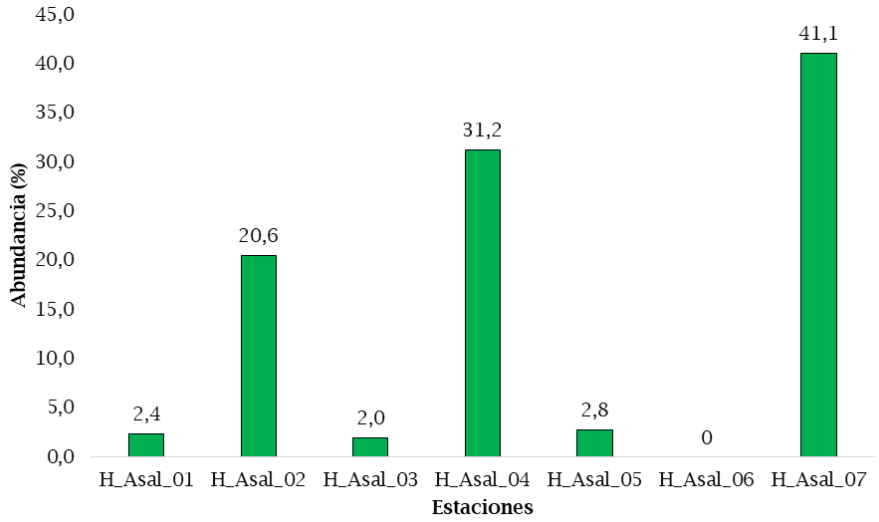
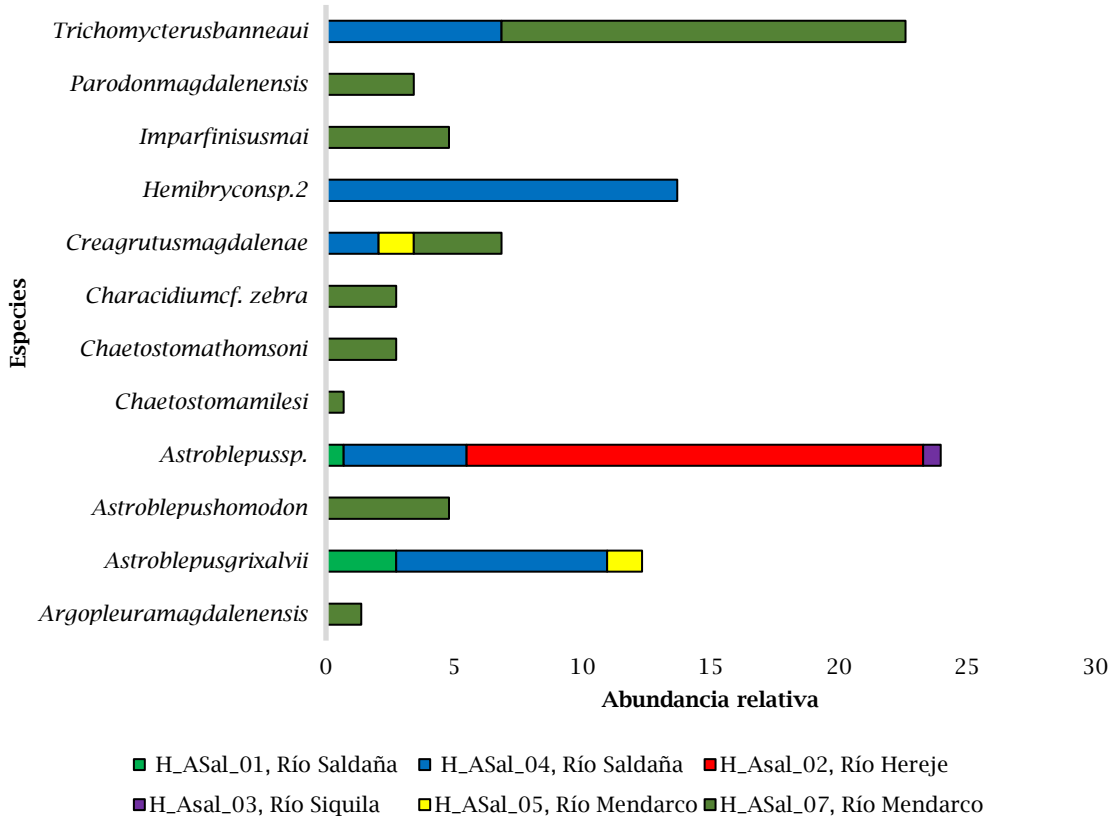


Figura 699. *Abundancia relativa por especies de la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña.*



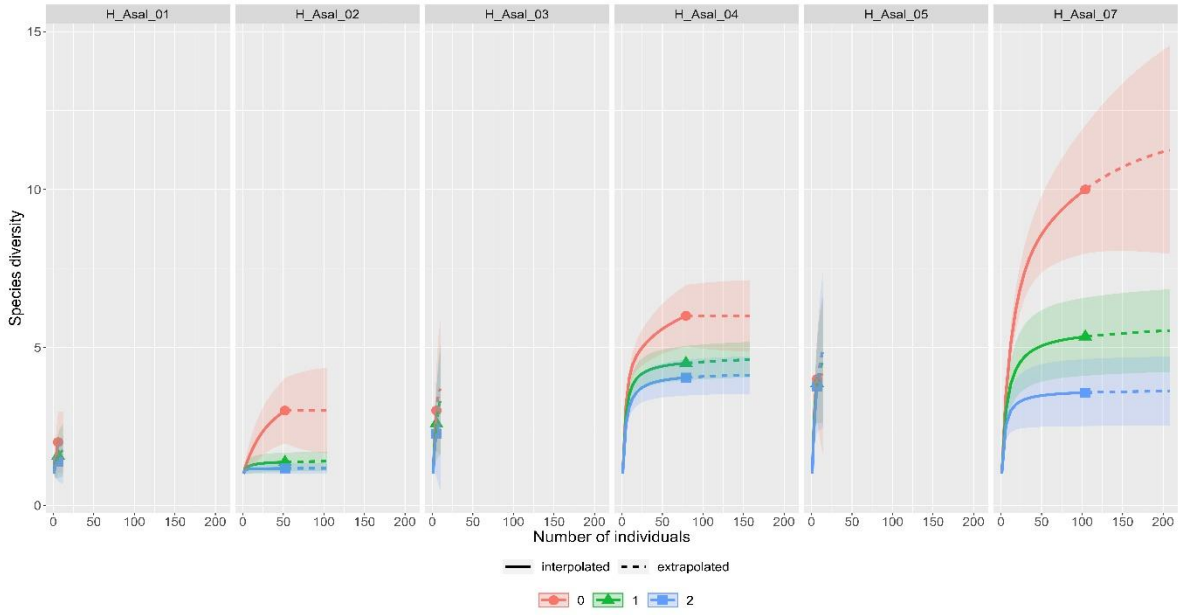
Fuente: Autores (2022).

41.1.3.4. Diversidad

En cuanto a la diversidad de especies usando los números de Hill, se observó que la riqueza de especies (q=0) fue mayor en las estaciones ubicadas en las quebradas H-ASal-07 con valores de riqueza de 10 especies, seguido se encuentran las estaciones H-ASal-04 (6 spp.) y las restantes estaciones H-ASal-01, H-ASal-02, H-ASal-03 y H-ASal-05 registran menos número de especies. Con respecto al número de especies comunes (q=1) y número de especies dominantes (q=2), se observó una tendencia similar a la anteriormente mencionada, es así como las estaciones más diversas se observan en H-ASal-07 y H-ASal-04 las demás son estaciones con valores inferiores. (**Figura 700**).

Por ejemplo, con la medida de diversidad de orden 1 se encontró que la estaciones con mayore valores de diversidad se encuentran en H-ASal-07 y H-ASal-04, tienen una diversidad igual a la que tendría una comunidad teórica de 6,39 y 3,8 especies, donde todas ellas tuvieran la misma abundancia. Por su parte, las demás estaciones tienen una diversidad igual a la que tendría una comunidad de menos de 1,4 especies. Al expresar estas equivalencias, se concluye que las estaciones H-ASal-07 y H-ASal-04 del monitoreo son en promedio 3,5 veces más diversa en especies de peces que las demás estaciones evaluadas. Lo anterior se soporta por medio de los intervalos de confianza y las curvas de rarefacción e interpolación, dado que no se observaron intervalos solapados entre las estaciones en estas relaciones, y por tanto se establecen diferencias significativas.

***Figura 700**. Diversidad Alfa en las estaciones de la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña.*



Fuente: Autores (2022).

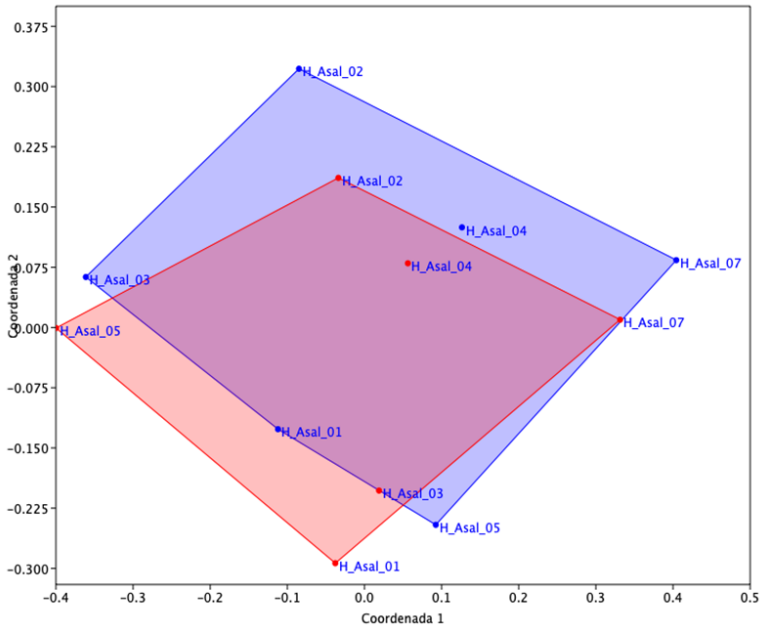
41.1.3.5. Ensamblaje

De acuerdo con los resultados obtenidos por el NMDs (Non-metric multidimensional scaling) (stress = 0.02), permitieron observar que no existen diferencias en las abundancias de los ensamblajes de especies entre las estaciones evaluadas, observándose un área solapada. Sin embargo, H-ASal-02 y H-ASal-01 y H-ASal-07 se diferencian entre sí debido que registran al menos una especie exclusiva (**Figura 701**).

41.1.3.6. Relación con variables fisicoquímicas

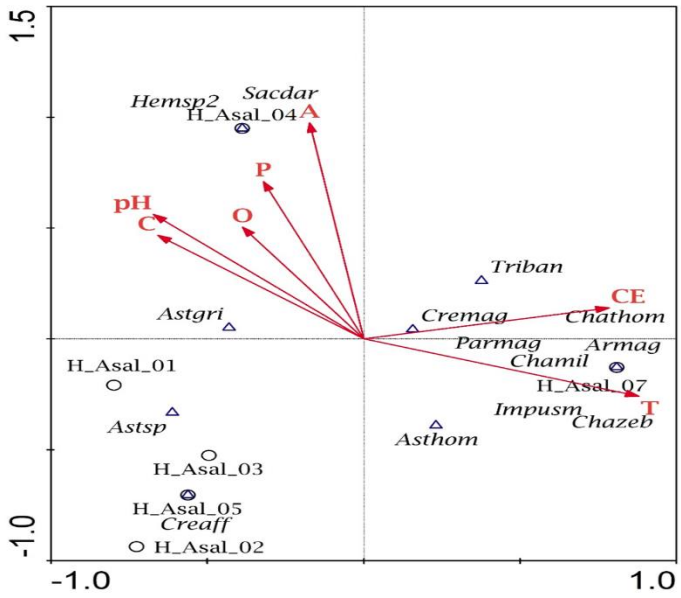
En el análisis de correspondencia canónica (ACC) los dos primeros ejes explicaron el 82 % de la variación total de los datos. En el eje x, la temperatura del agua (T) (p-valor<0.05) influyó de forma significativa en la composición y la estructura de la ictiofauna. Además de asoció positivamente a las estaciones-ASal-07 y las especies, por ejemplo, *Astroblepus homodon, Argopleura amagdalenensis, Impasmfinis usmai, Characidium* cf. *zebra* y *Chaetostoma* spp. Es decir, son aguas más calientes, está relacionada con la cantidad de luz y la cobertura vegetal riparia que influyen directamente en la concentración de energía calórica que puede absorber el cuerpo de agua evaluado (Chang, 2009). Es decir, hubo mayor entrada de luz solar debido poca cobertura vegetal riparia. Esto favorece el crecimiento de perifiton lo que explica la presencia de especies de la familia Loricariidae (i.e, *Chaetostoma* spp.) (**Figura 702**).

Figura 701. *Diagrama de ordenación NMDS para las estaciones de la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña.*



Fuente: Autores (2022).

Figura 702. *Análisis de Correspondencia Canónica para las variables fisicoquímicas y la abundancia de peces registrados en la subzona hidrográfica del rio Alto Saldaña. Temperatura (T), Ancho (A), Profundidad (P), Caudal (C), pH, Oxígeno disuelto (O), Conductividad eléctrica (CE).*

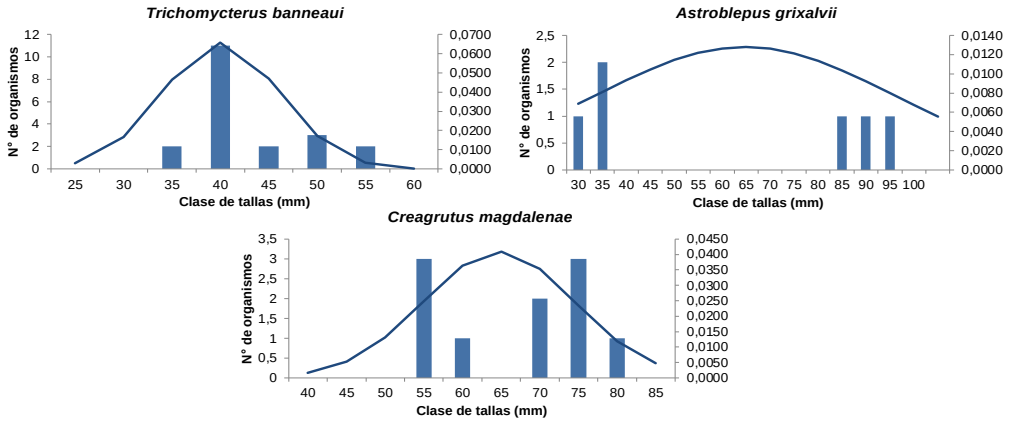


Por otro lado, en el eje y, oxígeno disuelto (O) y ph se asociaron posotivamente con las estaciones H-ASal-05, H-ASal-01 y H-ASal-04 y las especies *Hemibrycon* sp.2 y *Astroblepus grixalvii*. Para el caso de las estaciones mencionadas loa valores de pH estuvieron cerca de 9, es decir, se encuentran dentro de los valores que generalmente reportan los ríos neotropicales, se considera que el cuerpo hídrico presenta una concentración óptima para la proliferación y desarrollo de la vida acuática (Reinoso et al., 2008). Y, la disponibilidad de oxígeno juega un papel importante sobre la biodiversidad debido que afectan directamente el desempeño de los organismos, limitando el crecimiento, metabolismo, reproducción, desarrollo y comportamiento de los peces (Buisson et al., 2008), lo que a su vez limita la distribución de especies y da forma a gradientes de diversidad notables, como se observó en este estudio.

41.1.3.7. Distribución de frecuencias de tallas

Se analizó un total de 36 individuos durante los monitoreos realizados en la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña, con una distribución de tallas cada 5 mm de longitud estándar (LE). Para *Astroblepus grixalvii*, se obtuvo valores de longitud y peso promedio de 59,7 mm LE y 7,3 g, respectivamente. *Creagrutus magdalenae* registró valores promedios de longitud (64,7 mm) LE y peso (5,5 g). Y, *Trichomycterus banneaui* con valores promedios de longitud (40,0 mm) y peso (0,49 g).

Figura 703. *Distribución de frecuencias de talla de las especies dominantes de la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña.*



Fuente: Autores (2022).

En general, existen variaciones de clases de talla entre las especies estudiadas. Y se registraron juveniles y adultos. Para el caso de *Astroblepus grixalvii* la distribución de las tallas no se ajustó a una distribución normal y se agruparon en cinco clases. Los individuos se distribuyen con mayor frecuencia en la talla 35 mm es decir, juveniles. En cuanto a *Creagrutus magdalenae*, se registraron cinco clases de talla, siendo los tamaños de 55 y 75 mm (adultos) las más frecuente y *T. banneaui* se agrupó en cinco clases, siendo las tallas 40 mm (juveniles) la má frecuentes. Esta información se corroboró examinando las gónadas de algunos individuos.

Lo anterior, aporta información valiosa para entender las dinámicas poblacionales que está relacionado con el mantenimiento de las especies. Es posible que algunos atributos del hábitat tales como refugios, alimentos, competencia, depredación, entre otros permitan estos procesos. El buen estado de una población conta de juveniles y adultos. Esta dinámica se relaciona con el reclutamiento, que varía a lo largo del tiempo. Según, Doherty (2002) estas oscilaciones en los patrones de asentamiento y reclutamiento, pueden tener un fuerte componente estocástico o cambios en ciertas conductas reproductivas relacionadas con ciclos anuales o estacionales (Ault y Johnson, 1998).

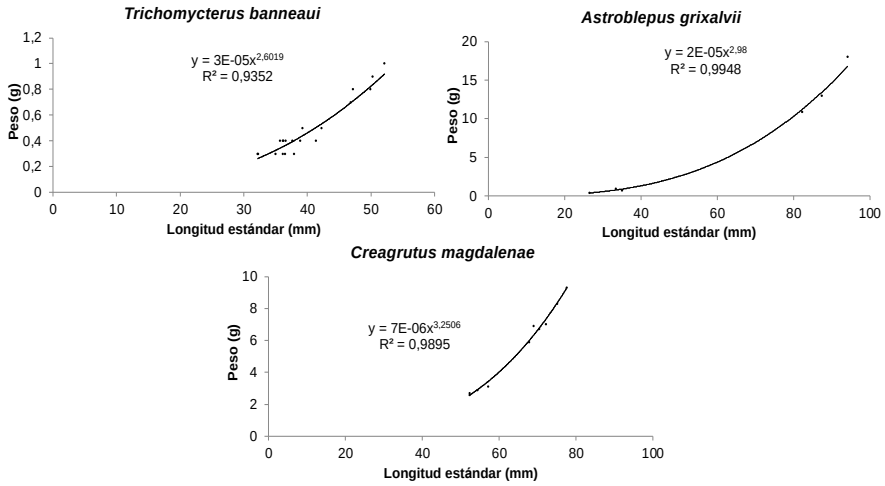
41.1.3.8. Relación longitud-peso

La relación longitud-peso y el factor de condición (K) son indicadores poblacionales o del bienestar de las especies, debido que proporcionan información sobre el estado nutricional, actividad reproductiva y crecimiento de las especies (Cifuentes et al., 2012). Su uso, permite realizar comparaciones entre poblaciones y así crear modelos

para predecir el comportamiento de poblaciones de interés (McCallum, 2000). Existen tres relaciones de crecimiento entre longitud y aumento de la masa de los peces. Primera, la relación que mantendría un balance entre la longitud y el peso del individuo, población y/o especie sería igual a 3. Segunda, alométrico negativo (b < 3) peces delgados, posiblemente por condiciones adversas en el medio, gasto energético en reproducción o individuos jóvenes cuya inversión energética se prioriza en longitud y posteriormente en masa corporal. Y tercera, alométrico positivo (b > 3) indicarían un estado robusto del pez, lo cual podría obedecer a oferta alimenticia abundante o almacenamiento de energía previo a la época de reproducción (Le Cren, 1951). A continuación, se detallan los resultados de la relación longitud – peso de tres especies. En cuanto a la relación longitud y peso dado específicamente por los valores de coeficiente de crecimiento b permitiendo evaluar cualitativamente el grado de bienestar de las especies, reflejando las condiciones alimenticias recientes.

Para dos especies (*Astroblepus grixalvii* y *T. banneaui*) los valores del coeficiente de crecimiento b < 3 es decir un crecimiento alométrico negativo, debido que la especie aumenta más significativamente la longitud, pudiendo ser un indicador de la menor inversión en energía acumulada y muestra que la especie posiblemente prioriza su crecimiento por encima de su peso (Le Cren, 1951). Al contrario, Creagrutus magdalenae registró un b > 3, en ambos casos se muestra que la especie presenta un crecimiento alométrico positivo, es decir presenta un estado robusto, lo cual podría obedecer a oferta alimenticia abundante o almacenamiento de energía previo a la época de reproducción (Le Cren, 1951) (**Figura 704**).

Figura 704. *Relación longitud – peso de las especies dominantes de la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña.*



Fuente: Autores (2022).

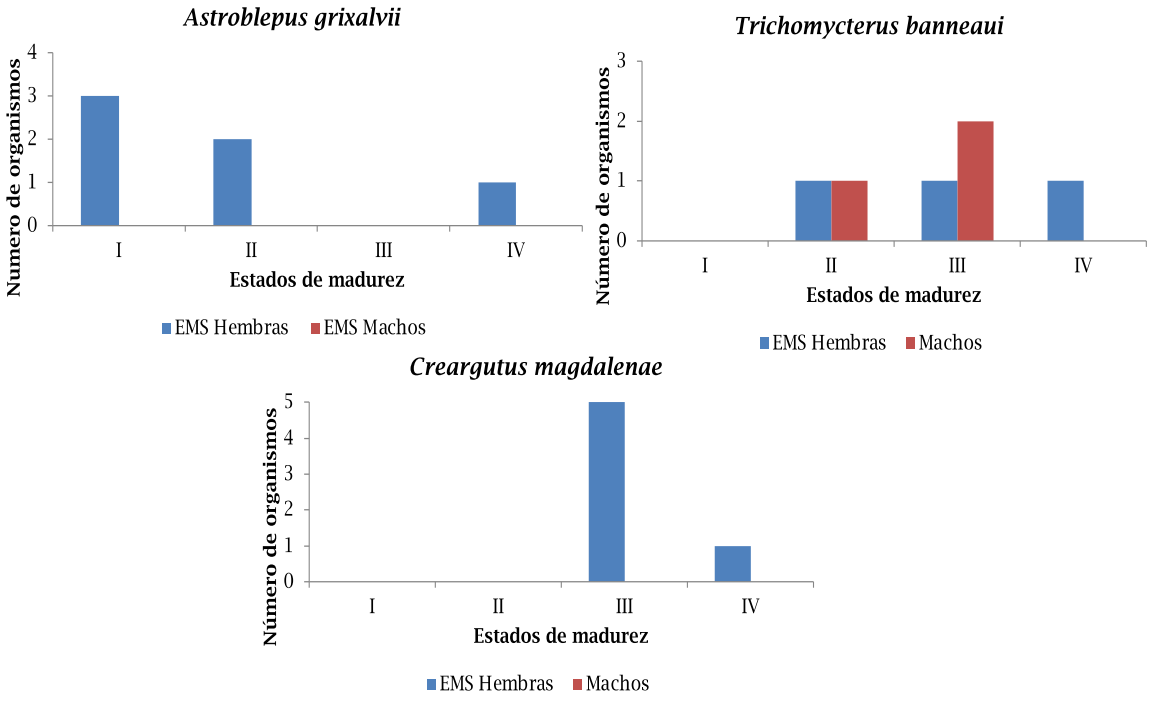
41.1.3.9. Estados de madurez gonadal

En relación con el análisis reproductivo, fueron analizados 18 individuos. En términos generales, las especies analizadas fueron mayoritariamente hembras en todos los estadios de desarrollo gonadal. Para el caso de *Creagrutus magdalenae* se analizaron individuos hembras maduros con en época reproductiva o desovadas. Algo similar ocurrió con *A. grixalvii,* donde se analizaos hembras en desarrollo gonadal y desovadas. En cambio, T. baennaui registró machos y hembras maduros y en proceso de desarrollo gonadal es decir se encontraba en estado de madurez sexual EMS III (**Figura 705**).

41.1.3.10. Ecología trófica

Se analizaron 18 estómagos, de los cuales todos estuvieron llenos. El coeficiente de repleción fue de 1. En total, tres ítems (Diptera, MONI y Trichoptera) fueron considerados preferenciales y los restantes en correspondientes a grupos ocasionales o circunstanciales según (Yañez- Aranciba 1985, Lopez-Delgado, 2013).

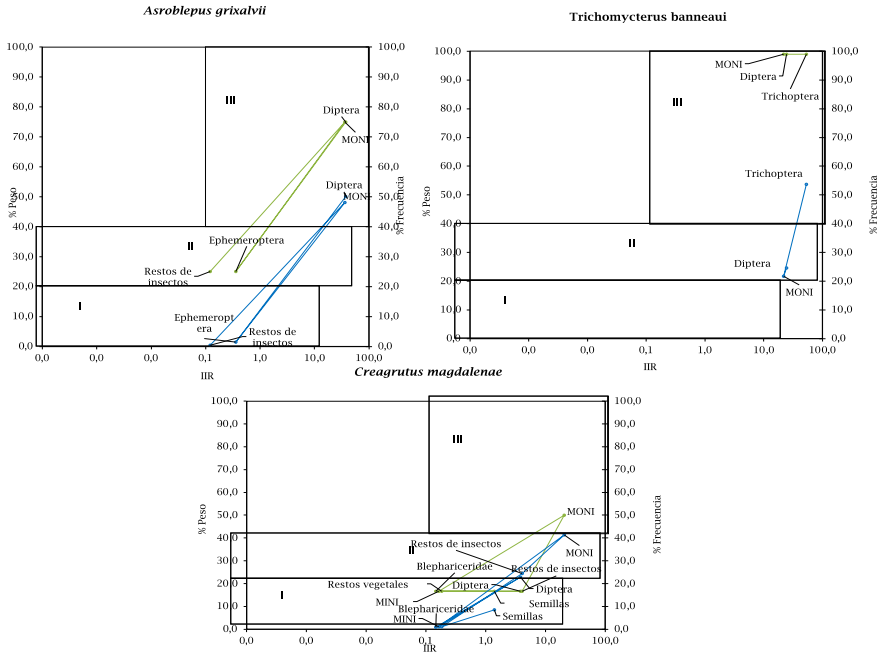
Figura 705. *Frecuencia relativa de los EMS para hembras y machos de las especies analizadas. I=inmaduro, II=madurando, III= maduro, IV en reposo de la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña.*



Fuente: Autores (2022).

Es así, que basados en esta información y los resultados de la clasificación de López-Delgado, 2013 podemos clasificar a las especies evaluadas como invertívora (*Astroblepus grixalvii* y *T. banneaui*) e insectívoras (*Creagrutus magdalenae*). El primer gremio trófico hace referencia a organismos que se alimentan de larvas de insectos acuáticos. El segundo, es una alimentación basada en miembros de la clase Insecta en estado adulto dado los aportes alóctonos de la vegetación riparia (Lopez-Delgado, 2013) (**Figura 706**).

Figura 706. *Espectro trófico de Astroblepus grixalvii, Tricrhomycterus banneaui y Creagrutus magdalenae de la subzona hidrográfica del Alto Saldaña.*



41.1.3.11. Especies de interés y categorías de amenaza

En términos generales, se observa que el 75 % de la ictiofauna de la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña son endémicas de Colombia. Asimismo, algunas especies son usadas para pesca, como es el caso de los cuchos (Chaetostoma spp.) y ornamentales (**Tabla 583**). Por otro lado, ninguna especie se encuentra en categoría de amenaza, Preocupación menor (Libro Rojo de Peces Dulceacuícolas de Colombia) (Mojica et al. 2012), adicionalmente, ocho especies son categorizadas en preocupación menor según UICN.

Tabla 583. *Especies de interés y categoría de amenaza de la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña.*

Especies	Endémica	Introducida	Migración	Usos	Libro Rojo de Peces de Colombia	UICN
Argopleura magdalenensis	*					LC
Astroblepus grixalvii	*					LC
Astroblepus homodon	*					LC
Astroblepus sp.						
Chaetostoma milesi	*			Pesca		
Chaetostoma thomsoni	*			Pesca | Ornamental		LC
Characidium cf. *zebra*				Ornamental		
Creagrutus magdalenae	*					LC
Hemibrycon sp.2						
Imparfinis usmai	*					LC
Parodon magdalenensis	*					LC
Trichomycterus banneaui	*					LC

Fuente: Autores (2022).

Es así, que el presente monitoreo de caracterización íctica esencialmente dirigido al cauce principal y tributarios a lo largo de un gradiente altitudinal y ambiental revela que el río Mendarco y río Saldaña son un importe hábitat para el mantenimiento de la diversidad de peces de la región. De esta manera, los resultados son los datos de diversidad íctica más actualizados en la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña. No existen estudios anteriores disponibles sobre el Alto Saldaña. Considerando este estudio un importante aporte para el conocimiento base de la diversidad íctica asociada a esta parte de la cuenca del río Saldaña. De las estaciones evaluadas, se registraron 12 especies, la cuales representan 11 % del Alto Magdalena (García- Alzate, et al., 2020) y por tanto claves, en términos de diversidad, establecimiento y resguardo de la ictiofauna.

En cuanto a la composición taxonómica registrada para el área de estudio, los órdenes con mayor abundancia y riqueza Siluriformes (AR= 71 %), con siete especies registró la mayor riqueza, seguido de Characiformes (AR= 28 %) con cinco siendo un patrón, también encontrado en ensamblajes de peces en la cuenca del río Magdalena (Villa et al., 2003, Poveda-Cuellar, 2021). Por otro lado, el muestreo abarco dos biomas diferentes, Bosque seco Tropical y Bosque Húmedo Premontano, donde fue evidente una diferencia en composición y estructura de las estaciones ubicadas

aproximadamente a 1600 m s.n.m (Bosque Húmedo Premontano) y las demás estaciones ubicadas en zonas bajas a 900 m s.n.m (Bosque Seco tropical). Es así que podemos señalar que existe un efecto de la elevación sobre la composición de la ictiofauna, clave para entender los patrones de diversidad.

Finalmente, encontramos que los peces del río Alto Saldaña se encuentran mayoritariamente en rápidos y sustratos de grava, roca y arena como es el caso de *Astroblepus* spp. Estas especies, Por tanto, fueron frecuentemente capturadas y según Poveda-Cuellar et al. (2021) son especies con rasgos funcionales únicos, debido a que algunos rasgos funcionales asociados al uso del hábitat tales como preferencia a rápidos, sustratos de roca y grava, hábitos nectobentónicos, disco oral en forma de ventosa para adherirse a sustratos sólidos, y pequeñas y pocas branquiespinas describen como estos peces usan el nicho espacial y ofrecen ventajas para sobrevivir en condiciones hostiles (p.e. baja temperatura del agua), no observadas en otras especies de peces y así ser representantes de la fauna íctica de zonas de alta montaña en los Andes suramericanos (Buitrago-Suarez et al., 2015).

Así, el principal problema reconocido en estas sistemas lóticos es la degradación física del hábitat asociada a la homogenización de hábitats, sustratos, contaminación por plásticos y aguas domésticas y reducción en columna de agua, refleja la necesidad de ampliar los inventarios ictiológicos hacia otros tipos de hábitats, preferentemente zonas sin muestreos previos, tales como quebradas, pues como fue mencionado, son lugares claves para la conservación debido que resguardan una diversidad única de peces. Asímismo, estudios bioecológicos en especies ornamentales, exclusivas o comunes son fundamentales para entender la dinámica de las poblaciones en el río.

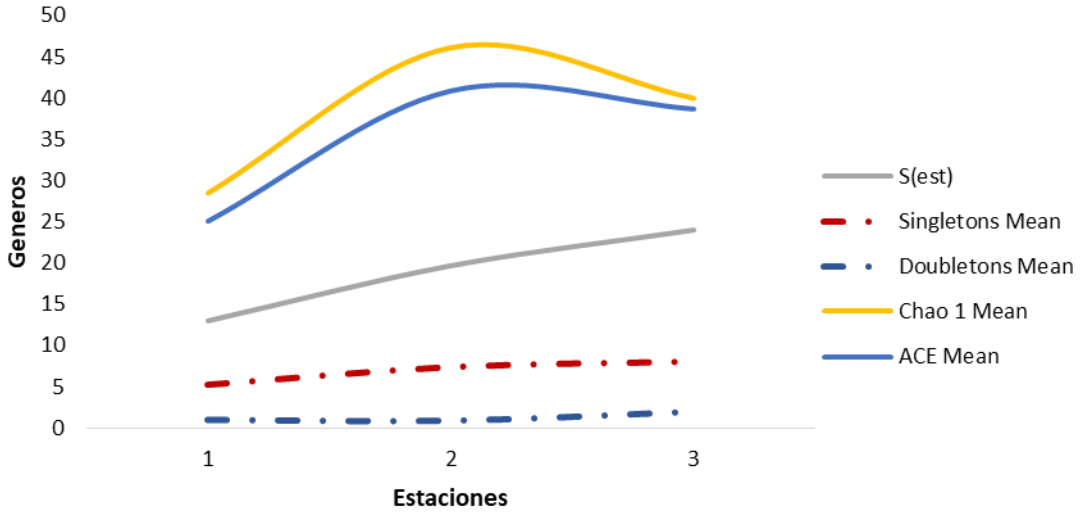
41.2. Subzona hidrográfica del río Cambrín.

41.2.1. Perifiton

41.2.1.1. Representatividad

Con respecto a los estimadores de riqueza se registró un número total de 24 géneros observados (Sobs) en las seis estaciones evaluadas (tres en la subzona en cada una de las temporadas) estas especies corresponden al 62.1% del valor esperado con el estimador de riqueza ACE y el 60% para Chao 1. Se estima un potencial máximo de 40 géneros (**Figura 707**).

Figura 707. *Curva de acumulación de la comunidad perifítica en la en la subzona hidrográfica del Río Cambrin.*



41.2.1.2. Composición

Se colectaron 1.377 individuos/mm2 distribuidos en seis filos, diez clases, 22 órdenes, 24 familias y 33 taxones (**Tabla 584**). A nivel de clase, presentaron mayor abundancia Bacillariophyceae con 455.9 individuos/mm2, seguida de la clase Cyanophyceae con 13.9 individuos/mm2 las demás clases tuvieron una abundancia inferior a cinco individuos/mm2. Con relación a los órdenes, Cymbellales, Cocconeidales, Eunotiales, Licmophorales, Naviculales y Fragilariales representaron aproximadamente el 94% de los organismos registrados (**Tabla 584**),

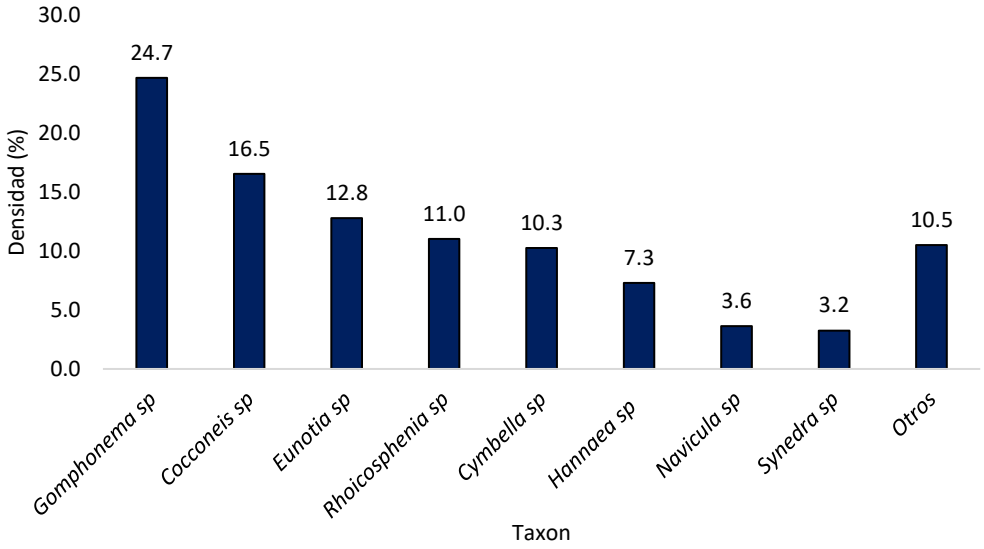
Tabla 584. *Composición de la comunidad perifítica registrada en la subzona hidrográfica del Río Cambrin.*

Filo	Clase	Orden	Familia	Especie	Densidad Ind/mm2
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	*Nitzchia sp*	7.222222
		Cocconeidales	Cocconeidaceae	*Cocconeis sp*	78.75
		Cymbellales	Cymbellaceae	*Cymbella sp*	48.84259
				Pinnularia sp	1.018519
			Gomphonemataceae	*Gomphonema sp*	117.5
			Rhoicospheniaceae	*Rhoicosphenia sp*	52.4537
		Eunotiales	Eunotiaceae	*Eunotia sp*	60.92593
		Fragilariales	Fragilariaceae	*Fragilaria sp*	6.805556
				Synedra sp	15.46296
		Licmophorales	Ulnariaceae	*Hannaea sp*	34.72222
				Ulnaria sp	6.481481
		Mastogloiales	Achnanthaceae	*Achnanthidium sp*	1.064815
		Naviculales	Amphipleuraceae	*Frustulia sp*	3.194444

			Naviculaceae	*Gyrosigma sp*	1.018519
				Navicula sp	17.26852
			Stauroneidaceae	*Stauroneis sp*	2.268519
		Rhabdonematales	Tabellariaceae	*Tabellaria sp*	0.925926
Charophyta	Zygnematophyceae	Desmidiales	Desmidiaceae	*Staurastrum sp*	0.925926
Chlorophyta	Ulvophyceae	Ulotrichales	Ulotrichaceae	*Ulothrix sp*	1.018519
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	*Oscillatoria sp*	7.777778
		Spirulinales	Spirulinaceae	*Spirulina sp*	6.111111
Euglenozoa	Euglenophyceae	Euglenida	Eugleninae	*Euglena sp*	1.018519
Protozoa	Lobosa	Arcellinida	Centropyxidae	*Centropyxis sp*	2.12963
			Difflugiidae	*Difflugia sp*	1.018519

De los 33 taxones registrados, los más abundantes fueron Gomphonema sp, Cocconeis sp, Eunotia sp, Rhoicosphenia sp y Cymbella sp. Estos representaron aproximadamente el 75.3% de los individuos registrados. Estos taxones pertenecen a la clase Bacillariophyceae, en general son organismos comunes en ecosistemas lóticos (ríos, riachuelos y pequeños arroyos) ya que pueden formar estructuras mucilaginosas que les permiten adherirse a las rocas y troncos (Pinilla, 1998; Ramírez & Viña, 1998; Ramírez, 2000; Martínez & Donato, 2003) (**Figura 708**).

Figura 708. *Densidad relativa de los géneros más abundantes colectados en la subzona hidrográfica del Río Cambrin.*

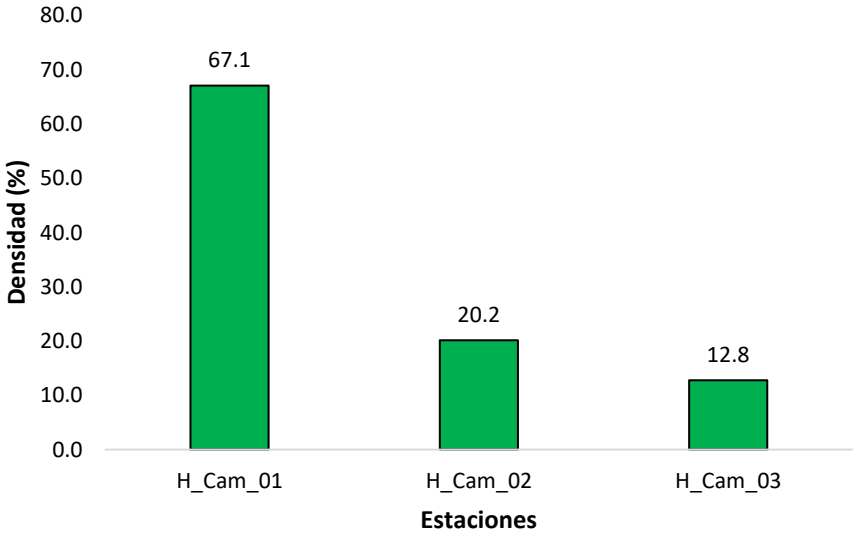


41.2.1.3. Distribución espacial

Se evaluaron tres estaciones de muestreo en esta subzona, de las cuales la mayor densidad fue registrada en H_Cam_01 con un 67.1 %, seguida por la estación H_Cam _02 con 20.2% y H_Cam _03 con 12.8% (**Figura 709**). Esta última presento menos

diversidad debido a cambios en el cuerpo de agua producto de ciclos hidrologicos y contaminacion en el cuerpo de agua.

Figura 709. *Densidad relativa por estaciones de la subzona hidrográfica Río Cambrin.*

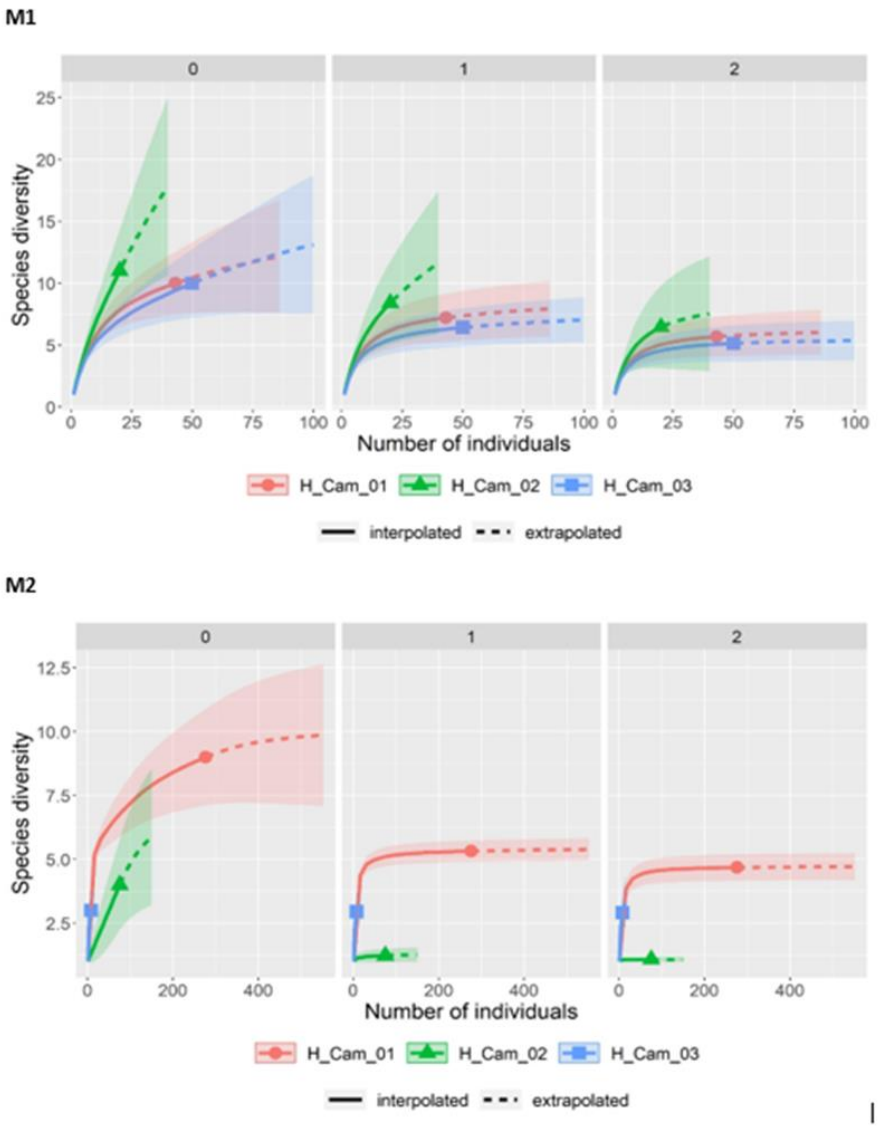


41.2.1.4. Diversidad

Teniendo en cuenta la extrapolación según la riqueza específica (0D), Para el muestreo M1, la estación H_Cam_02 registró el número de especies efectivas más alto, sin embargo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas de la diversidad en las tres estaciones evaluadas (**Figura 710**).

Al tener en cuenta las especies raras y poco frecuentes (1D) y especies dominantes (2D), se observa el mismo patrón que se presentó según 0D. Para el segundo muestreo se observó una variación en el patrón que se presentó en el muestreo uno, en esta temporada hubo aumento en la diversidad en la estación H_Cam_01 al tener en cuenta la riqueza de especie (0D), especies raras y poco frecuentes (1D), y especies dominantes (2D); y según los ordene 1D y 2D, se observan diferencias significativas entre las estaciones H_Cam_01 y H_Cam_02. Durante este muestreo se presentó una disminución importante en la diversidad de la estación H_Cam_02 (Figura 4 5). Los cambios a nivel temporal se pueden atribuir al efecto que tienen el régimen hidrológico en las estaciones de la subzona hidrográfica, el cual modifica las condiciones y genera cambios en la diversidad de la comunidad perifitica.

Figura 710. *Diversidad Alfa en las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Cambrin. 0=Riqueza especifica, 1= Exponente de Shannon y 2= Inverso de Simpson*

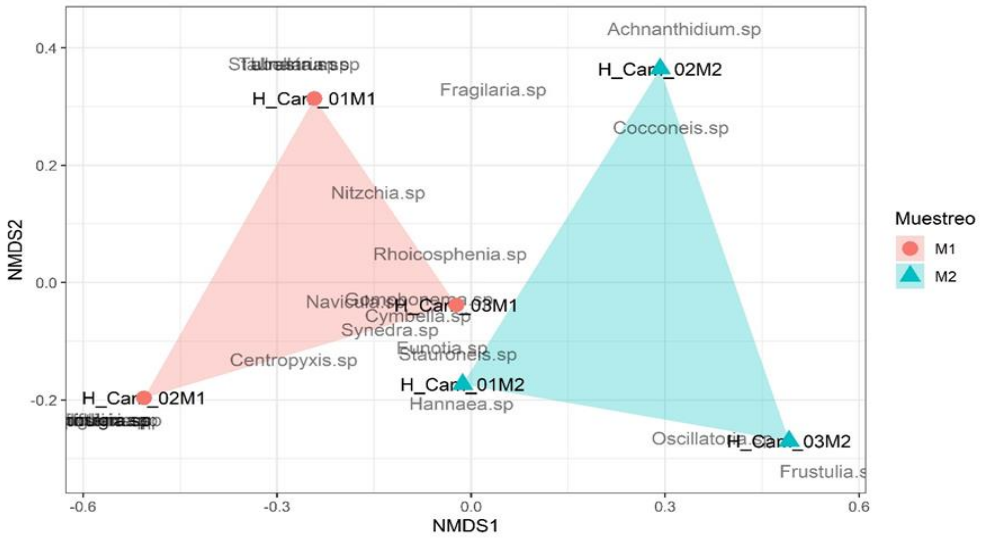


41.2.1.5. Ensamblaje

Los resultados del escalamiento no métrico multidimensional (EMNM), según la separación de las estaciones en el diagrama de ordenación permitieron evidenciar que las estaciones H_Cam_01 H_Cam_02 y H_Cam_03, presentan una compasión diferente con taxones característicos de cada una. Adicionalmente, al tener en cuenta la presencia de los géneros (Jaccard) en cada una de las estaciones, muestra agrupamientos definidos para los dos periodos de muestreo (M1: Rojo y M2: Azul) (**Figura 711**). Al realizar la prueba estadística ANOSIM entre los grupos analizados, se

hallaron diferencias estadísticamente significativas (p= 0,3). Indicando que la comunidad perifitica es diferente a nivel temporal y espacial.

Figura 711. *Diagrama de ordenación NMDS para las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Cambrin*



41.2.1.6. Relación con variables fisicoquímicas

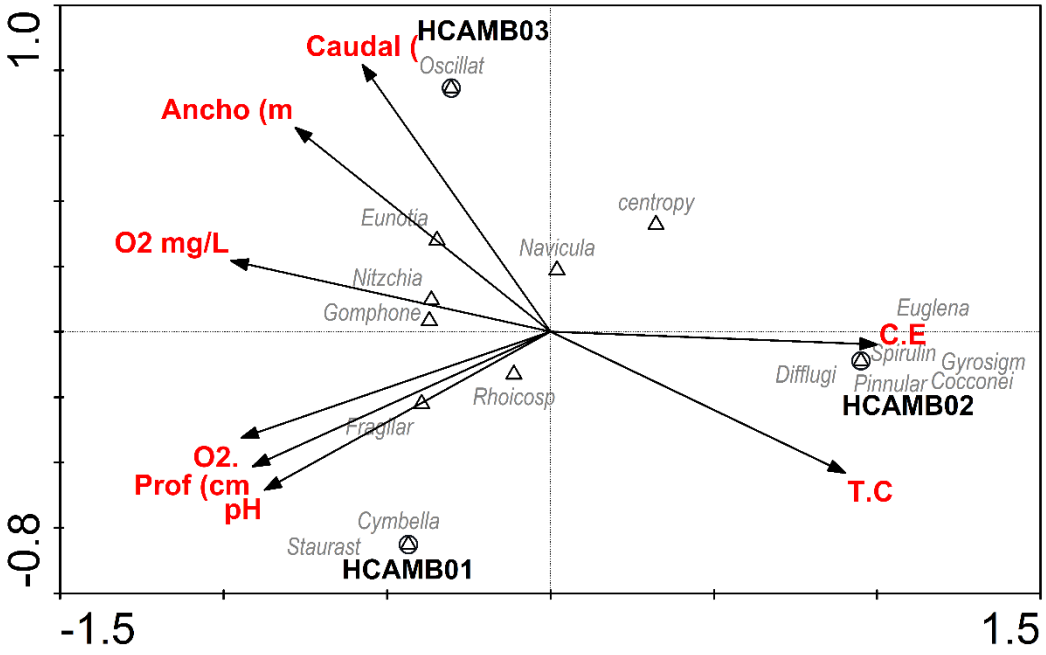
De acuerdo con los resultados del análisis de correspondencia canónica (ACC), ninguna de las variables evaluadas influyó de manera significativa en la distribución de los taxones de la comunidad perifítica (p >0,005). pese a esto, en el diagrama de ordenación, se evidencia una separación clara en las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Cambrim (**Figura 712**). Donde la estación uno esta influenciada por las variables O2, profundidad y pH y, a ellas se asocian de manera positiva taxones como: *Rhoicosphenia* sp, *Fragilaria* sp, *Cymbella* sp y *Staurastrum* sp.

La estación dos se vio influenciada por la conductividad eléctrica y la temperatura de la corriente y los taxones asociados a estas variables fueron: *Euglena* sp, *Pinnularia* sp, *Gyrosigma* sp, *Cocconeis* sp y *Difflugia* sp. Con relación a la estación tres las variables fisicoquímicas que influyeron en la distribución de las especies, en esta estación fueron el O2, ancho y caudal y, los taxones asociados a estas variables fueron: *Eunotia* sp, *Oscillatoria* sp, *Gomphonema* sp y *Nitzchia* sp.

41.2.1.7. Índice diatómico genérico (IDG)

Según los resultados del índice Diatómico Genérico (IDG) a nivel general, las estaciones evaluadas presentaron un nivel de contaminación muy alto a intermedio (**Tabla *585***). Durante el muestreo M1 las estaciones todas las estaciones registraron niveles de contaminación muy altos. Para el muestreo dos, se registraron cambios leves en el nivel de contaminación en las estaciones, presentándose contaminación alta en las estaciones H_Cam_01 y H_Cam_03 y en la estación H_Cam_02 un nivel de contaminación intermedio.

Figura 712. *Análisis de Correspondencia Canónica para las variables fisicoquímicas y la abundancia de los taxones de la comunidad perifítica registradas en la subzona hidrográfica del Río Cambrin.*



Esto se debe principalmente a que cada tributario y zona del cauce principal presenta condiciones y afectaciones particulares que pueden afectar la distribución de los organismos. Los cambios que se presentan en este estudio se relaciones con el régimen hidrológico y el efecto que este tiene en las cuencas hidrográficas.

Tabla 585. *Índice diatómico genérico de las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Cambrin.*

Cuerpo de agua	IDGM 1	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica	IDGM 2	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica
H_Cam_01	1.5	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.4	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Cam_02	1.3	Muy alta	Contaminación muy fuerte		3.0	Intermedia	Contaminación media, eutrofizacion acentuada	
H_Cam_03	2.0	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.8	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	

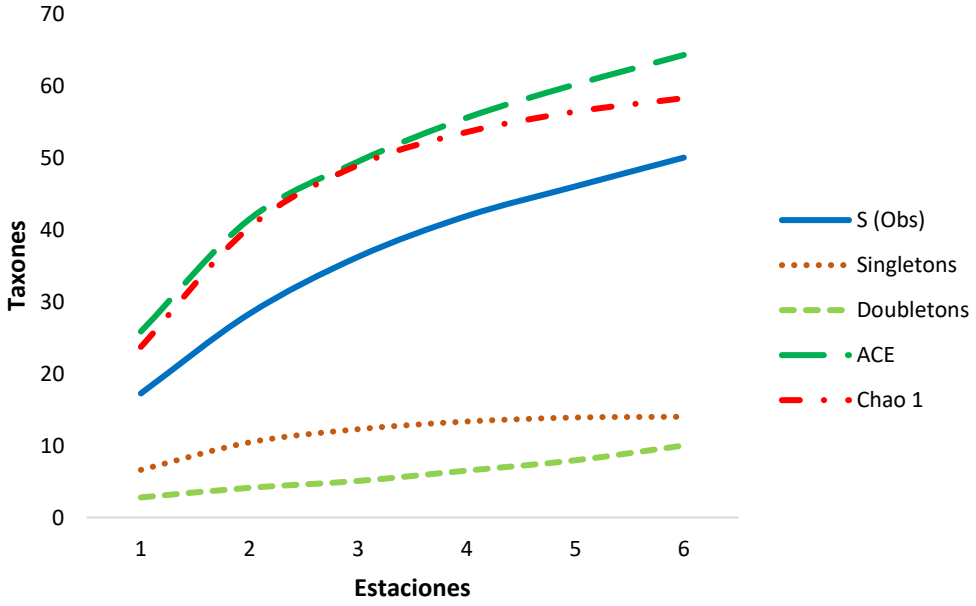
41.2.2. Macroinvertebrados acuáticos

41.2.2.1. Representatividad.

Con respecto a los estimadores de riqueza se registró un número total de 50 géneros observados (Sobs) en las seis estaciones evaluadas (tres en la subzona durante dos temporadas) para un total de 24 muestras que corresponden al 77.8% del valor esperado con el estimador de riqueza ACE y el 85.8% para Chao 1. Se estima un potencial máximo de 64 géneros (**Figura *713***).

Se registró una cantidad relativamente alta de taxones y organismos durante los monitoreos, sin embargo, según los indicadores de riqueza se estima una mayor cantidad de géneros, lo cual se relaciona con la gran variedad de habitas y recursos que se presentan en los cuerpos de agua perteneciente a esta subzona hidrográfica. Muchos de los géneros reportados son cosmopolitas, sin embargo, se hallaron una cantidad considerable de taxones restringidos (14).

Figura 713. *Curva de acumulación de Macroinvertebrados acuáticos colectados en la subzona hidrográfica del río Cambrín.*



Fuente: Autores (2022)

Al momento de las colectas se presentaron eventos de lluvias fuertes que reducen las poblaciones de animales, estos factores limitan la detección de múltiples taxones, lo cual impide lograr la asíntota para esta cuenca, además estos cuerpos de agua se encuentran cercanos a los centros poblados lo que añade presiones extra a las comunidades acuáticas lo que se refleja en su baja abundancia y riqueza en comparación con estudios anteriores (Reinoso et al., 2007; Tamariz et al., 2007), por otro lado este río se encuentra en una zona encañonada de difícil acceso, razón por la cual el limitado número de muestras puede estar sesgando la diversidad real de la subzona hidrográfica.

41.2.2.2. Composición

Se colectaron 893 organismos distribuidos en tres filos, tres clases, 10 órdenes, 31 familias y 50 géneros (**Tabla 586**).

Tabla 586. *Composición de los macroinvertebrados acuáticos registrados en la subzona hidrográfica del río Cambrín.*

Filo	Clase	Orden	Familia	Genero	Abundancia
Platyhelminthes	Rhabditophora	Neoophora	Dugesiidae	*Girardia*	3
Annelida	Clitellata	Hirudinida	Glossiphoniidae	*Hellobdella*	11

Filo	Clase	Orden	Familia	Genero	Abundancia
Annelida	Clitellata	Tubificida	Naididae	*Tubifex*	2
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	*Cylloepus*	6
				Heterelmis	18
				Hexanchorus	1
				Huleechius	2
				Macrelmis	6
				Phanocerus	1
				Pharceonus	8
			Psephenidae	*Psephenops*	2
			Ptilodactylidae	*Anchytarsus*	3
			Scirtidae	*Cyphon*	1
			Staphylinidae	*Bledius*	7
		Diptera	Blephariceridae	*Limonicola*	1
			Ceratopogonidae	*Atrichopogon*	1
			Chironomidae	Chironominae	101
				Orthocladiinae	260
			Dixidae	*Dixella*	1
			Dolichopodidae	*Aphrosylus*	2
			Empididae	*Chelifera*	6
			Psychodidae	*Clogmia*	1
				Maruina	1
			Simuliidae	*Simulium*	93
			Tipulidae	*Hexatoma*	5
				Molophilus	12
				Tipula	2
		Ephemeroptera	Baetidae	*Americabaetis*	2
				Baetodes	175
				Camelobaetidius	3
				Moribaetis	18
				Varipes	1
			Leptohyphidae	*Haplohyphes*	2
				Leptohyphes	31
				Tricorythodes	1
			Leptophlebiidae	*Thraulodes*	22
		Hemiptera	Veliidae	*Rhagovelia*	9
		Megaloptera	Corydalidae	*Corydalus*	2
		Plecoptera	Perlidae	*Anacroneuria*	27
		Trichoptera	Anomalopsychidae	*Contulma*	2
			Calamoceratidae	*Phylloicus*	3
			Glossosomatidae	*Culoptila*	5
			Helicopsychidae	*Helicopsyche*	1
			Hydrobiosidae	*Atopsyche*	8

Filo	Clase	Orden	Familia	Genero	Abundancia
			Hydropsychidae	*Blepharopus*	1
				Leptonema	10
				Smicridea	9
			Hydroptilidae	*Leucotrichia*	1
			Leptoceridae	*Atanatolica*	1
				Nectopsyche	2

Fuente: Autores (2022).

A nivel de orden, los que tuvieron mayor abundancia fueron Diptera con 486 organismos (54.4%), seguido de Ephemeroptera con 255 organismos (28.6%) y Coeloptera con 55 organismos (6.2%). El patrón de abundancia observado se ajusta al observado en este tipo de cuencas y en lo reportado por Reinoso et al. (2008), donde estos ordenes son los más representativos y forman la composición en densidad y numero de géneros, además que su gran variedad les permite tener un amplio rango de estrategias para mitigar las condiciones ambientales limitantes, lo que les permite colonizar y desarrollarse en gran cantidad de ambientes (Vásquez y Ramos, 2012)

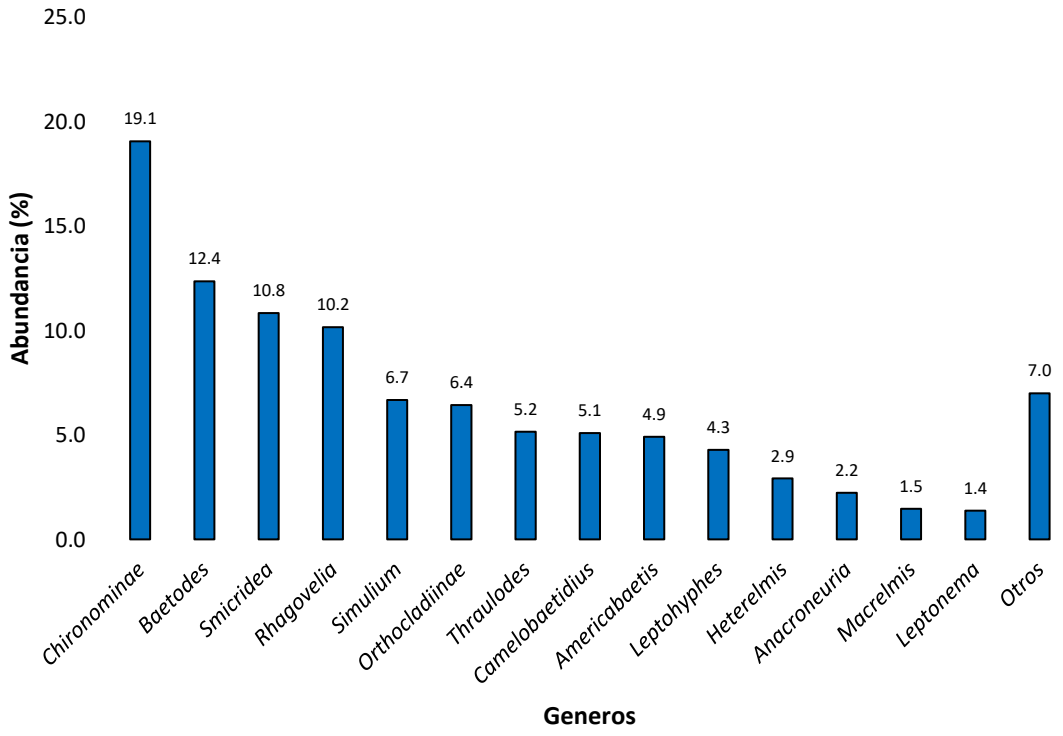
En cuanto a familias, las más abundantes fueron Chironomidae (40.4%), Baetidae (22.3%) y Simuliidae (10.4%) mientras que Hydroptilidae, Blephariceridae, Helicopsychidae, Scirtidae, Dixidae y Ceratopogonidae presentaron la menor abundancia (>0.1%).

A nivel de géneros, los más abundantes fueron Orthocladiinae sp (29.1%), seguido de *Baetodes* (19.6%) y Chironominae sp (11.3%). De los 36 generos registrados 49 de ellos registran un valor inferior al 1%, estos son *Pharceonus, Atopsyche, Bledius, Cylloepus, Chelifera, Macrelmis, Hexatoma, Culoptila, Anchytarsus, Girardia, Phylloicus, Camelobaetidius, Psephenops, Haplohyphes, Corydalus, Americabaetis, Huleechius, Tubifex, Tipula, Nectopsyche, Contulma, Aphrosylus, Limonicola, Tricorythodes, Maruina, Atrichopogon, Cyphon, Phanocerus, Dixella, Helicopsyche, Clogmia, Atanatolica, Hexanchorus, Blepharopus, Varipes* y *Leucotrichia* (**Figura 714**).

El río Cambrín y sus afluentes son cuerpos de agua de alta montaña, donde se forma un cañón escarpado y de difícil acceso, además están inmersos en matrices de bosque y agricultura, junto con centros poblados menores que modifican las variables ambientales de estos cuerpos de agua, de este modo las presiones naturales como el pulso de inundación y artificiales derivadas de actividades antrópicas impactan fuertemente sobre el ecosistema y esto se refleja en los números poblacionales de los organismos registrados.

La gran cantidad de géneros con solo un organismo nos indica que los ecosistemas evaluados presentan hábitats y recursos adecuados para albergar la comunidad de macroinvertebrados. De este modo y a pesar de la amplia variedad de recursos ofertados, se observan limitantes que impiden el desarrollo de una comunidad estable, lo que deja como resultado que solo perduren los organismos más resistentes con mayor capacidad de tolerar los cambios abruptos que se van presentando (Esteves, 2011).

Figura 714. *Abundancia relativa de los géneros más abundantes colectados en la subzona hidrográfica del río Cambrín.*



Fuente: Autores (2022).

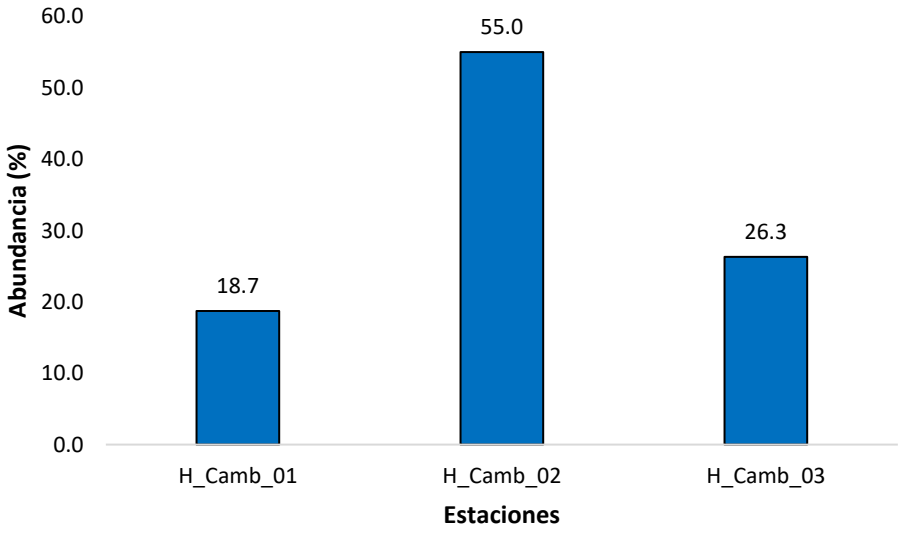
41.2.2.3. Distribución espacial

Se establecieron tres estaciones de muestreo, donde la quebrada Soledad (H_Camb_02), fue la que presento mayor abundancia relativa con un 55%. Por otro lado, la estación que obtuvo menor porcentaje de abundancia fuer el río Cambrín (H_Camb_01) con el 18.7% (**Figura 715**).

En cuanto a la abundancia existen cambios significativos en cuanto a la abundancia, lo cual se comprueba según el resultado del kruskal wallis ($p<0.05$). Esta subzona es bastante restringida y cuenta con pocos cuerpos de agua de gran porte que podrían

contener una fauna acuática importante, según lo observado, las quebradas, presentan importantes densidades de macroinvertebrados y funcionan como reservorios de biomasa y diversidad de esta comunidad, al igual que ellos el rio Cambrín también alberga una biota considerable a pesar de tener un caudal fuerte y tener algunos impactos que afectan su dinámica como ecosistema (Reinoso et al., 2008).

Figura 715. *Abundancia relativa por estaciones de la subzona hidrográfica del río Cambrín.*



Fuente: Autores (2022).

En cuanto a los géneros registrados alrededor de la mitad se registraron en todas las estaciones de la subzona hidrográfica, esto se debe principalmente al bajo número de estaciones evaluadas y que estos organismos reportados son de amplia distribución (**Tabla 587**). Del material colectado 18 géneros indicaron una distribución restringida a un solo sitio y con un organismo cada uno, estos fueron: *Nectopsyche, Contulma, Aphrosylus, Limonicola, Tricorythodes, Maruina, Atrichopogon, Cyphon, Phanocerus, Dixella, Helicopsyche, Clogmia, Atanatolica, Hexanchorus, Blepharopus, Varipes* y *Leucotrichia.*

Tabla 587. *Distribución espacial de los macroinvertebrados acuáticos registrados en la subzona hidrográfica del río Cambrín.*

Genero	H_Camb_01	H_Camb_02	H_Camb_03
Orthocladiinae	49	184	27
Baetodes	36	42	97
Chironominae	22	46	33
Simulium	12	74	7
Leptohyphes	3	19	9

Genero	H_Camb_01	H_Camb_02	H_Camb_03
Anacroneuria	12	2	13
Thraulodes	2	20	0
Moribaetis	0	18	0
Heterelmis	3	9	6
Molophilus	1	9	2
Hellobdella	0	0	11
Leptonema	2	6	2
Smicridea	3	2	4
Rhagovelia	9	0	0
Pharceonus	0	8	0
Atopsyche	2	5	1
Bledius	3	2	2
Cylloepus	0	6	0
Chelifera	2	3	1
Macrelmis	2	3	1
Hexatoma	0	4	1
Culoptila	0	0	5
Anchytarsus	0	3	0
Girardia	0	3	0
Phylloicus	0	3	0
Camelobaetidius	0	0	3
Psephenops	0	2	0
Haplohyphes	0	2	0
Corydalus	0	2	0
Americabaetis	1	1	0
Huleechius	0	1	1
Tubifex	0	1	1
Tipula	1	0	1
Nectopsyche	0	0	2
Contulma	0	1	1
Aphrosylus	0	2	0
Limonicola	0	1	0
Tricorythodes	0	1	0
Maruina	0	0	1
Atrichopogon	0	1	0
Cyphon	0	1	0
Phanocerus	0	1	0
Dixella	0	1	0
Helicopsyche	0	1	0
Clogmia	0	1	0
Atanatolica	1	0	0
Hexanchorus	0	0	1

Genero	H_Camb_01	H_Camb_02	H_Camb_03
Blepharopus	0	0	1
Varipes	1	0	0
Leucotrichia	0	0	1

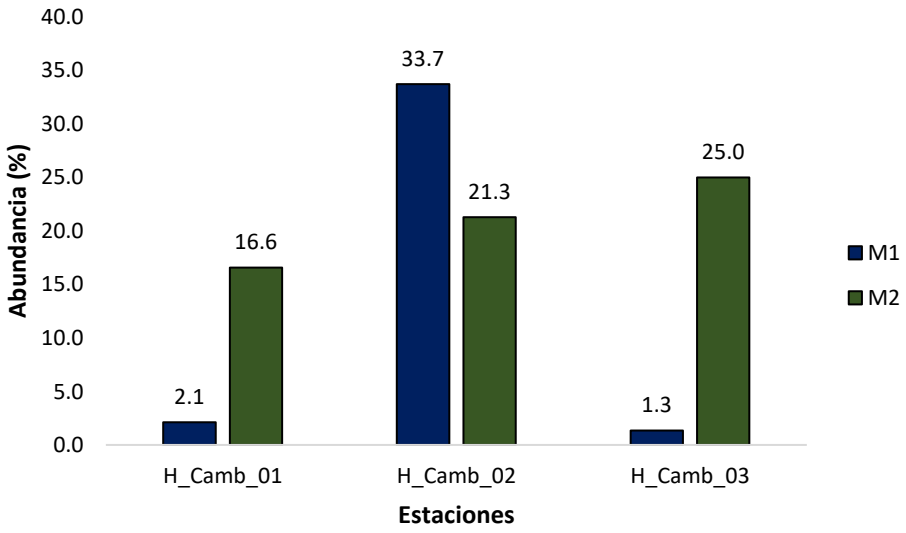
Fuente: Autores (2022).

41.2.2.4. Distribución temporal

Se efectuaron dos colectas tratando de abarcar periodos climáticos contrastantes, sin embargo, se presentaron lluvias que alteraron el caudal en las estaciones evaluadas. Entre los dos periodos de muestreo se evidencia un cambio significativamente grande en las abundancias, para el monitoreo uno se registró un total de 332 individuos (37.2%) y para el monitoreo 2 con 561 individuos (62.8%).

En cuanto a las estaciones al observar la gráfica, se registra la mayor abundancia en los dos muestreos en la quebrada Soledad (H_Camb_02), en comparación con las estaciones monitoreadas en el cauce principal del río Cambrín (**Figura 716**).

Figura 716. *Abundancia relativa por muestreos de la subzona hidrográfica del río Cambrín.*



Fuente: Autores (2022).

Temporalmente se observa que en el segundo muestreo se observa una mayor abundancia en las tres estaciones evaluadas, esto debido a que las impredecibles lluvias han modificado continuamente el cauce de los ríos, sin embargo, al momento de la primera campaña los cuerpos de agua se encontraban notablemente mas crecidos. A nivel temporal los géneros muestran variaciones particulares, el único

taxón que se registró en todas las estaciones durante las dos temporadas fue Orthocladiinae sp. Otros organismos como Chironominae sp, *Baetodes, Simulium, Leptohyphes, Anacroneuria* y *Thraulodes*, mostraron una amplia distribución espacio-temporal (**Tabla 588**), estos organismos son hábiles colonizadores de nuevos hábitats y sus requerimientos ecológicos son mínimos por lo cual es común detectarlos en la colectas de macroinvertebrados.

Tabla 588. *Distribución temporal de los macroinvertebrados acuáticos registrados en la subzona hidrográfica del río Cambrín.*

Genero	H_Camb_01		H_Camb_02		H_Camb_03	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2
Orthocladiinae	0	49	162	22	5	22
Baetodes	17	19	17	25	0	97
Chironominae	1	21	39	7	0	33
Simulium	0	12	34	40	1	6
Leptohyphes	0	3	7	12	0	9
Anacroneuria	1	11	2	0	2	11
Thraulodes	0	2	3	17	0	0
Moribaetis	0	0	4	14	0	0
Heterelmis	0	3	1	8	0	6
Molophilus	0	1	4	5	0	2
Hellobdella	0	0	0	0	0	11
Leptonema	0	2	2	4	0	2
Smicridea	0	3	1	1	0	4
Rhagovelia	0	9	0	0	0	0
Pharceonus	0	0	0	8	0	0
Atopsyche	0	2	1	4	0	1
Bledius	0	3	2	0	0	2
Cylloepus	0	0	3	3	0	0
Chelifera	0	2	2	1	0	1
Macrelmis	0	2	0	3	0	1
Hexatoma	0	0	1	3	0	1
Culoptila	0	0	0	0	0	5
Anchytarsus	0	0	1	2	0	0
Girardia	0	0	1	2	0	0
Phylloicus	0	0	3	0	0	0
Camelobaetidius	0	0	0	0	0	3
Psephenops	0	0	2	0	0	0
Haplohyphes	0	0	2	0	0	0
Corydalus	0	0	2	0	0	0
Americabaetis	0	1	1	0	0	0
Huleechius	0	0	0	1	1	0

Genero	H_Camb_01		H_Camb_02		H_Camb_03	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2
Tubifex	0	0	1	0	1	0
Tipula	0	1	0	0	1	0
Nectopsyche	0	0	0	0	0	2
Contulma	0	0	0	1	0	1
Aphrosylus	0	0	1	1	0	0
Limonicola	0	0	0	1	0	0
Tricorythodes	0	0	1	0	0	0
Maruina	0	0	0	0	0	1
Atrichopogon	0	0	0	1	0	0
Cyphon	0	0	0	1	0	0
Phanocerus	0	0	0	1	0	0
Dixella	0	0	0	1	0	0
Helicopsyche	0	0	0	1	0	0
Clogmia	0	0	1	0	0	0
Atanatolica	0	1	0	0	0	0
Hexanchorus	0	0	0	0	1	0
Blepharopus	0	0	0	0	0	1
Varipes	0	1	0	0	0	0
Leucotrichia	0	0	0	0	0	1

Fuente: Autores (2022).

Los géneros *Phylloicus, Camelobaetidius, Psephenops, Haplohyphes, Corydalus, Americabaetis, Huleechius, Tubifex, Tipula, Nectopsyche, Contulma, Aphrosylus, Limonicola, Tricorythodes, Maruina, Atrichopogon, Cyphon, Phanocerus, Dixella, Helicopsyche, Clogmia, Atanatolica, Hexanchorus, Blepharopus, Varipes* y *Leucotrichia* se registraron solo una vez durante los dos muestreos, esto se debe a que los macroinvertebrados acuáticos como comunidad, contienen una inmensa variedad de entidades, cada una de ellas con hábitos ecológicos particulares a los cuales se encuentran adaptados además eventos naturales como el pulso de inundación y artificiales como ingreso de contaminantes puede mermar la densidad de estos organismos en puntos determinados de los ríos (Campos et al., 2017).

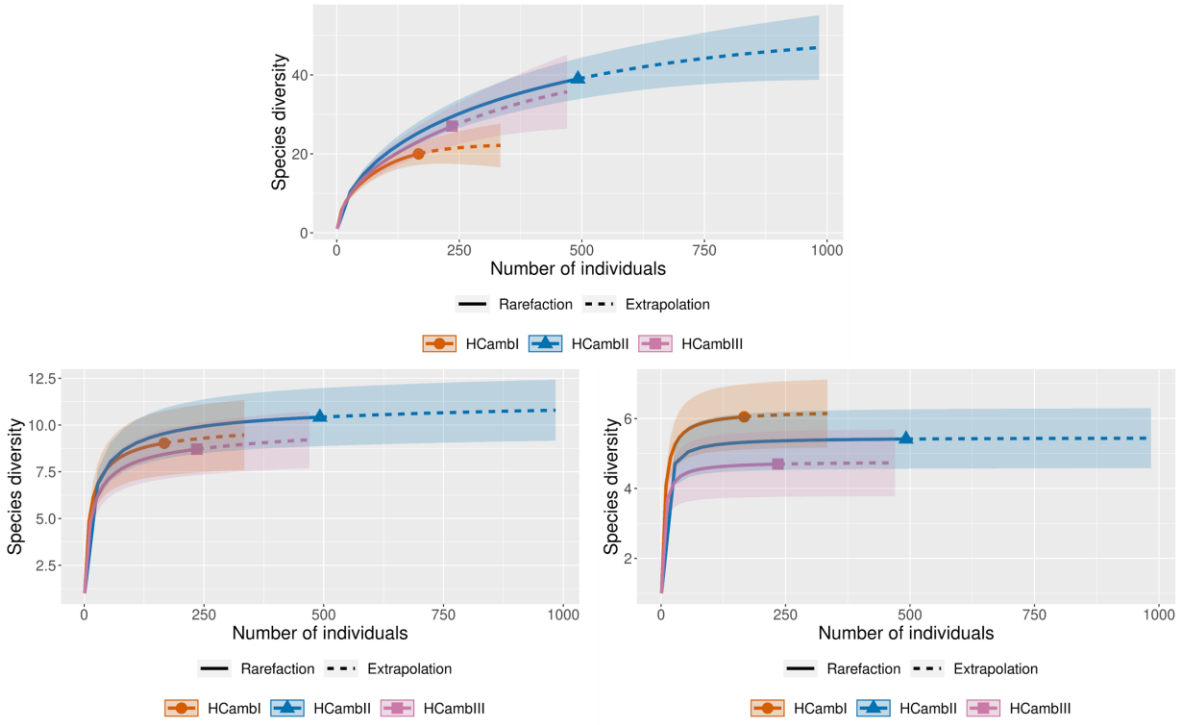
41.2.2.5. Diversidad

Según lo observado en la extrapolación de número de géneros en las estaciones de la subzona hidrográfica del río Cambrín, se puede establecer que los valores de riqueza más altos (0D) se dieron en la quebrada Soledad (H_Camb_02) donde se hallaron 38 géneros, seguido de Río Cambrín (H_Camb_03) con 27 géneros y el río Cambrín (H_Camb_01) con 20 (**Figura 717**). Al observar los intervalos de confianza,

estos se encuentran superpuestos unos con otros lo que parece indicar que no existen cambios significativos en la riqueza observada.

Los valores relacionados a los taxones típicos o comunes (1D), indican un valor más alto en la estación quebrada Soledad (H_Camb_02) con 10,3 géneros y una posible diferencia con las demás estaciones, dado que los intervalos de confianza se sobreponen a los demás lo que parece indicar que la comunidad de macroinvertebrados acuáticos de estas zonas es heterogénea y está compuesta principalmente por géneros de diferentes grados de distribución (Domínguez y Fernández, 2009).

Figura 717. *Diversidad Alfa en las estaciones de la subzona hidrográfica del río Cambrín.*



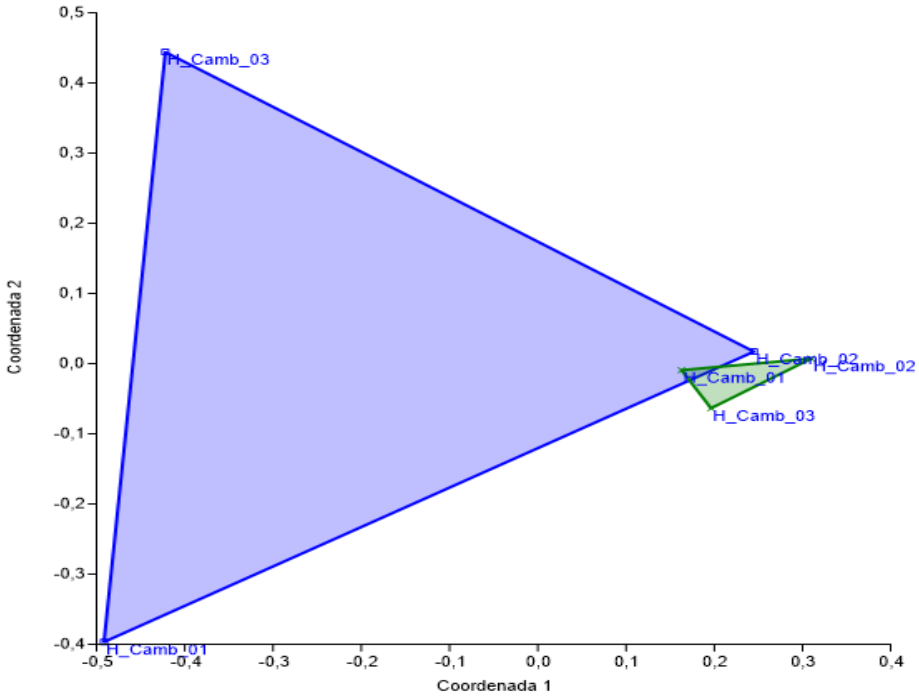
Fuente: Autores (2022).

Por último, de acuerdo con el número de taxones dominantes (2D), se observa que el río Cambrín (H_Camb_01) registra el valor más alto con 6 géneros dominantes, por otro lado, las demás estaciones se encuentran en valores cercanos lo que indica uniformidad en la comunidad, dominada por organismos cosmopolitas de gran abundancia, específicamente Chironominae sp, Orthocladiinae sp, los cuales prosperan fácilmente en cualquier ecosistema incluso si está altamente perturbado.

41.2.2.6. Ensamblaje

Los resultados del análisis NMDS teniendo en cuenta la presencia de los géneros (Jaccard) en cada una de las estaciones, no muestra agrupamientos definidos para los dos periodos de muestreo (M1:Azul y M2: verde) (Stress = 0,04) (**Figura 718**). Al realizar la prueba estadística ANOSIM entre los grupos analizados, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas (p= 0,7).

Figura 718. *Diagrama de ordenación NMDS para las estaciones de la subzona hidrográfica del río Cambrín.*



Fuente: Autores (2022).

El diagrama NMDS indica una similaridad entre las estaciones que oscila entre el 20 y 50%, sin embargo, se observan diferencias intergrupales e intragrupales ya que los polígonos no se encuentran solapados y muchas de las estaciones se encuentran muy lejana, esta idea se sustenta en la cantidad de taxones que comparten entre cada uno de las estaciones, lo que sugiere que las localidades de estudio presentan condiciones ecológicas diferentes y están sometidas a presiones diferentes (Gutiérrez et al., 2006).

Se evidencia que existen cambios drásticos en la composición del primer muestreo, el polígono formado muestra gran independencia entre las estaciones los que sugiere que los organismos allí encontrados difieren entre sí. Por otra parte durante el

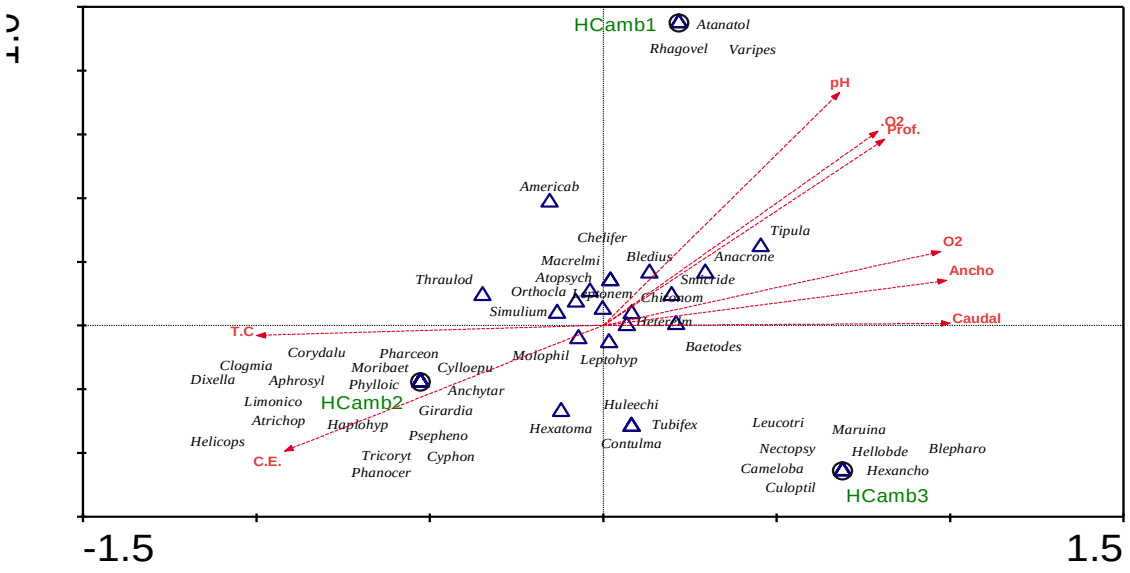
segundo muestreo el polígono se encuentra significativamente reducido lo cual implica que la comunidad de macroinvertebrados acuáticos colectada es fuertemente similar en las tres estaciones de muestreo durante esa época climática, esto se produce por una reducción del caudal que permite la estabilización de los microhabitats que colonizan estos organismo

41.2.2.7. Relación con variables fisicoquímicas

Según el ACC y la prueba de Monte Carlo, las variables temperatura y conductividad eléctrica presentan efectos condicionantes sobre la distribución de los organismos dentro de las estaciones evaluadas (**Figura *719***).

En general las asociaciones con variables fisicoquímicas se encuentran marcadas en la estación quebrada Soledad que se encuentra influenciada positivamente con las variables temperatura y conductividad y con la mayor cantidad de géneros particulares, adicionalmente presenta una relación negativa con las demás variables evaluadas, esto se debe principalmente al tamaño del cuerpo de agua, este al ser pequeño, el caudal es sumamente bajo y presenta una estructura de hábitat heterogéneo lo que permite que la mayoría de los taxones registrados puedan sobrevivir en esta localidad. Esto es común en quebradas de bajo porte que al ser mas pequeñas tienden a ser más estables biológicamente.

Figura 719. *Análisis de Correspondencia Canónica para las variables fisicoquímicas y la abundancia de los taxones de macroinvertebrados acuáticos registrados en la subzona hidrográfica del río Cambrín.*



Fuente: Autores (2022).

Para el caso de las estaciones del cauce principal, no se encuentran relacionadas directamente con las variables evaluadas, sin embargo se observa que el caudal y la profundidad tienen un efecto marcado sobre la distribución de los organismos encontrados en estas estaciones, ya que al ser un cuerpo de agua tan grande la fuerza de la corriente redistribuye y resuspende los sustratos continuamente, lo cual no permite el desarrollo continuo de los organismos en el mismo lugar, esto está relacionado con el bajo número de organismos particulares que se asocian a las estaciones monitoreadas y que en su mayoría se hallaron en zonas riparias donde la corriente es más lenta (Ramirez y Viña, 1998).

41.2.2.8. Índice de calidad Ambiental BMWP/Col

Se determinó la calidad de agua basado en la cantidad de familias y el puntaje BMWP/Col, las estaciones de la subzona hidrográfica del río Cambrín, exhiben un carácter heterogéneo en cuanto al estado ecológico de sus aguas (**Tabla 589**).

En el muestreo 1 se denota que la calidad del agua en las estaciones del cauce principal del río es crítica, esto se debe principalmente a que en el momento de la colecta el caudal era significativamente alto, lo cual limita considerablemente la detección de los organismos, por el contrario durante la segunda época de muestreo el caudal estaba relativamente más bajo lo cual aumenta la cantidad y calidad de micro hábitats, lo cual se refleja en la calidad del agua que en su mayoría fueron aceptable y buena.

Aun cuando las presiones antrópicas son evidentes, se establece que la calidad de agua en estos ríos que componen la subzona en promedio son aceptables, lo que se traduce en que mantienen una salud apropiada para el mantenimiento de esta biota acuática, además se constata la presencia de sensibles y raras, de alta especificidad y bioindicadores de buena calidad de agua (Roldan, 2003).

Tabla 589. *Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica del río Cambrín.*

Cuerpo de agua	BMWP/Col	Calidad	Clase	BMWP/Col	Clase	Calidad
Río Cambrín	19	Critica	IV	94	Aceptable	II
Q. Soledad	133	Buena	I	128	Buena	I
Río Cambrín	30	Critica	IV	111	Buena	I

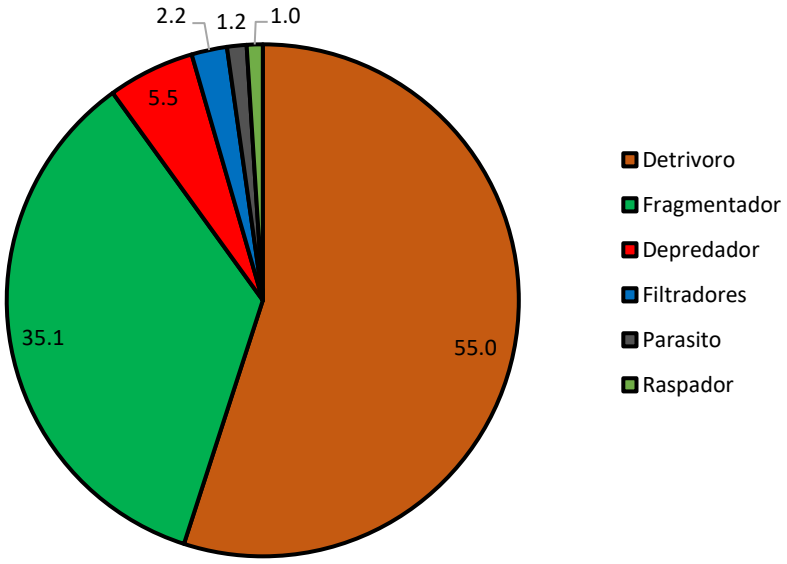
Fuente: Autores (2022).

41.2.2.9. Gremios tróficos

Se identificaron seis gremios tróficos de los cuales el detritivoro fue el más abundante (55%), seguido de fragmentador (35.1%), depredador (5.5%), filtrador (2.2%), Parasito (1.2%) y por último raspador (1%) (**Figura 720**).

La abundancia de estos gremios se relacionan con la oferta de material aloctono en forma de hojarasca y el material suspendido en forma de detritos proveniente de la abundante vegetación riparia, el ingreso de material particulado y la gran capacidad de transporte de sedimentos que tiene este cuerpo de agua, que ofrecen una gran variedad de recursos alimenticios para los animales especializados en la obtención de dichas sustancias, esto a su vez se refleja en la baja abundancia de organismos depredadores, que al ser móviles se ven afectados por la fuerza de la corriente (Perez et al., 2004).

Figura 720. *Distribución de los gremios tróficos de macroinvertebrados acuáticos de la subzona hidrográfica del río Cambrín.*



Fuente: Autores (2022).

41.2.3. Ictiofauna

41.2.3.1. Representatividad

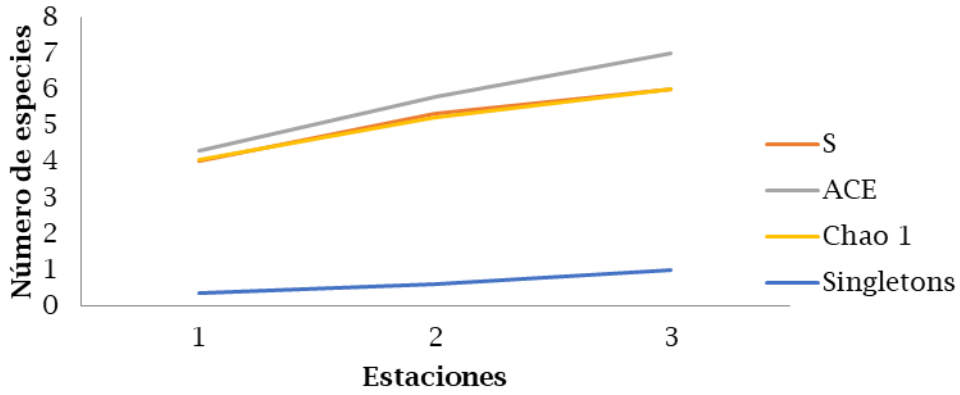
Las curvas de acumulación de especies muestras un incremento sucesivo a los largo del muestreo realizado en la subzona hidrográfica del río Cambrim. Sin embargo, el porcentaje de especies capturadas (S) fue alto. Según los estimadores de riqueza ACE y Chao 1, se evidencia que el número de especies observada (S = 6) corresponde al 85 y

100 % de las especies esperadas, es decir, 7 y 6 especies, respectivamente. Por tal razón, las especies de una muestra con menos de 10 individuos pueden considerarse como raras (Colwell & Elsensohn, 2014). Tal es el caso de una especie, *Trichomycterus* sp.1, que fue colectadas una sola vez (singletons). Por lo tanto, es posible utilizar los datos registrados para hacer comparaciones de diversidad y riqueza entre los cuerpos de agua, debido a que el porcentaje de representatividad de las especies de peces que se encuentran en el área de estudio fue relativamente alto (**Figura 721**).

41.2.3.2. Composición

En la subzona hidrográfica del río Cambrim se colectaron 131 individuos, pertenecientes a seis especies, distribuidas en dos órdenes y cuatro familias. El orden Siluriformes con cuatro especies registró la mayor riqueza, seguido de Characiformes con dos. Con relación a la abundancia por familia, Astroblepidae registró 101 individuos, seguida de Characidae con 27 individuos, Parodontidae con dos y Trichomycteridae con un individuo (**Tabla *590***).

Figura 721. *Curva de acumulación de especies ícticas en las estaciones de la subzona hidrográfica río Cambrin.*



Fuente: Autores (2022)

Con respecto a la abundancia de las especies, Astroblepus sp. Fue la más abundante con 61 individuos (AR= 46 %), seguida de Astroblepus grixalvii con (AR= 21 %), Hemibrycon sp.2 con 28 (AR= 20 %). Las demás especies registran abundancias relativas inferiores al 9 % y, adicionalmente, se registró una especie con un solo individuo, *Trichomycterus* sp.1 (**Tabla *590***).

Tabla 590. *Composición íctica registrada en la subzona hidrográfica del río Cambrim.*

Orden	Familia	Genero	Especie	Abundancia
Characiformes	Characidae	*Hemibrycon*	*Hemibrycon* sp. 2	27
	Parodontidae	*Saccodon*	*S. dariensis*	2
Siluriformes	Astroblepidae	*Astroblepus*	*A. grixalvii*	28
			A. homodon	12
			Astroblepus sp.	61
	Trichomycteridae	*Trichomycterus*	*Trichomycterus* sp.1	1

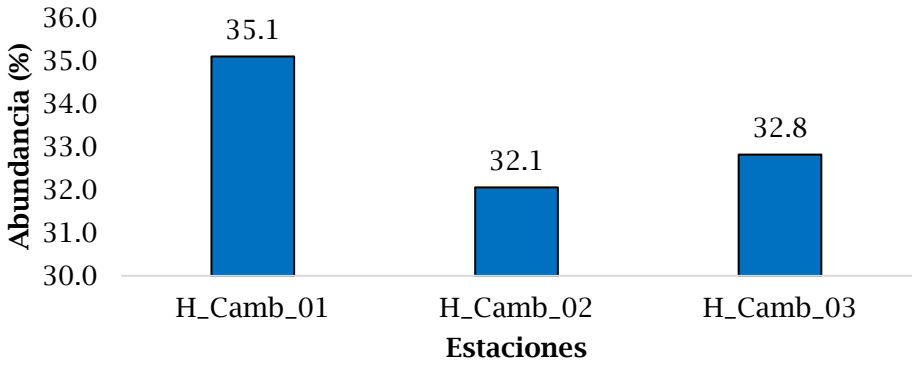
Fuente: Autores (2022).

41.2.3.3. Distribución espacial

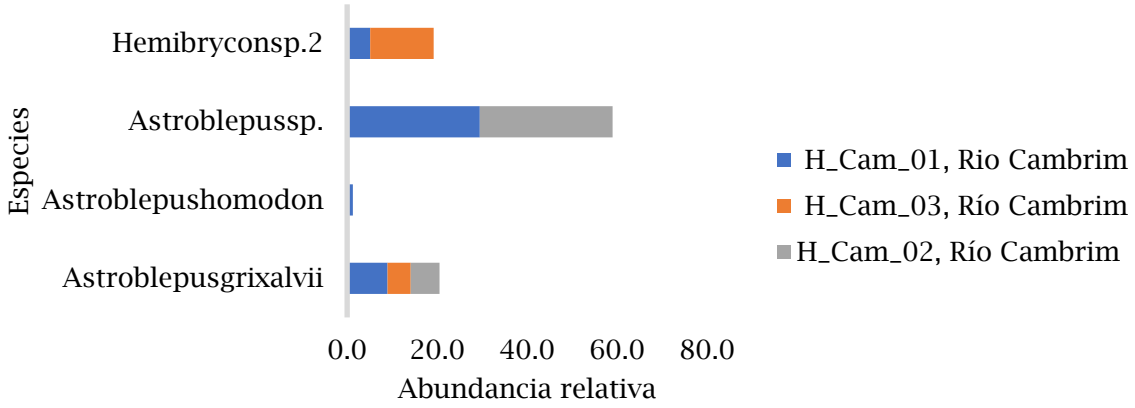
Con respecto a la distribución de las abundancias entre las estaciones evaluados, es posible observar que H-CAM-01 registró la mayor abundancia con AR= 35%, seguido de H-CAM-03 con AR= 32,8 % y H-CAM-01 con AR= 32,1 %. Es decir, la cabecera de la cuenca del rio Cambrin registra mayores valores de abundancia (**Figura 722**).

Por otro lado, en cuanto a la distribución espacial de las especies, es posible observar dos especies dominantes, *Astroblepus* sp., *Astroblepus grixalvii* y *Hemibrycon* sp.2 con el 89 % de la abundancia total. Sin embargo, *Astroblepus grixalvii* únicamente se registra todas estaciones sobre la subzona hidrográfica del río Cambrin. Y, una especie (*Trichomycterus* sp.1), son exclusivas de una estación. Las demás se distribuyen dos estaciones (**Figura 722**).

Figura 722. *Abundancia relativa a) por estaciones b) por especies de la subzona hidrográfica del río Cambrin.*



(a)



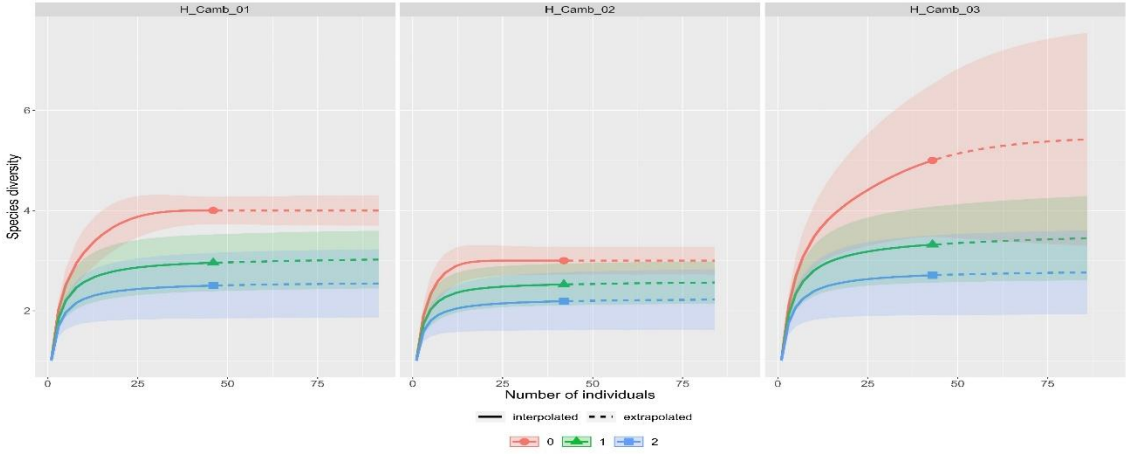
(b)

Fuente: Autores (2022).

41.2.3.4. Diversidad

En cuanto a la diversidad de especies usando los números de Hill, se observó que la riqueza de especies (q=0) fue mayor en las estaciones ubicadas en las quebradas H-CAM-03 con valores de riqueza de cinco especies, seguido de H-CAM-01 con cuatro especies y H-Camb-02 con tres. Con respecto al número de especies comunes (q=1) se observó una tendencia similar a la anteriormente mencionada, es así como las estaciónes más diversa son H-CAM-01 y H-Camb-03, seguido de H-CAM-02. Sin embargo, en cuanto al número de especies dominantes (q=2) se observa un comportamiento similar entre todas las estaciones avaluadas, es decir un registró de especies dominantes es común entre las comunidades (**Figura 723**)

Figura 723. *Diversidad Alfa en las estaciones de la subzona hidrográfica del río Cambrin.*



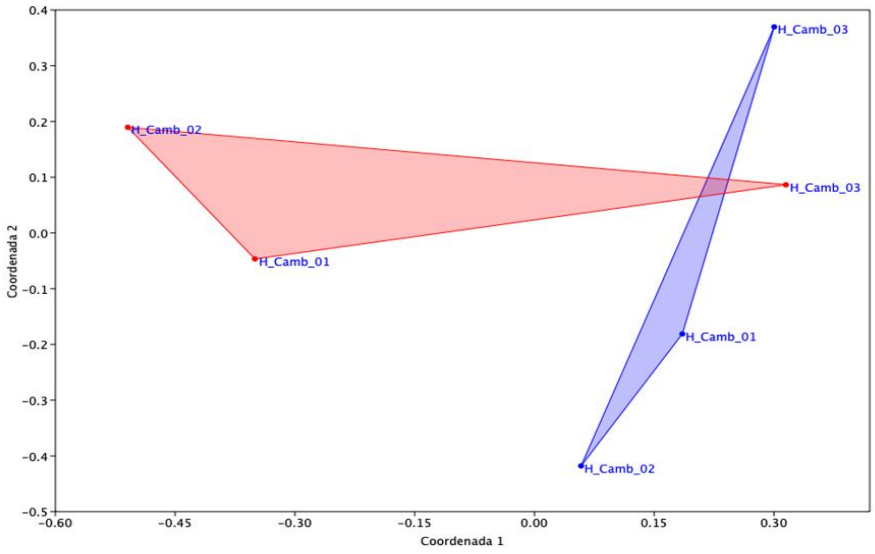
Fuente: Autores (2022).

Por ejemplo, con la medida de diversidad de orden 1 se encontró que la estacione con mayor valore de diversidad se encuentran en H-CAM-01 y H-Camb-03 con una diversidad igual a la que tendría una comunidad teórica de 2,9 y 3,3 especies, respectivamente, donde todas ellas tuvieran la misma abundancia. Por su parte, la estación H-CAM-02 tiene una diversidad igual a la que tendría una comunidad de menos de 2,5 especies. Al expresar estas equivalencias, se concluye que la estacione H-CAM-01 y H-Camb-03 del monitoreo es en promedio 1,2 veces más diversa en especies de peces que H-CAM-02. Lo anterior se soporta por medio de los intervalos de confianza y las curvas de rarefacción e interpolación, dado que no se observaron intervalos solapados entre las estaciones en estas relaciones, y por tanto se establecen diferencias significativas.

41.2.3.5. Ensamblaje

De acuerdo con los resultados obtenidos por el NMDs (Non-metric multidimensional scaling) (stress = 0.03), permitieron observar que existen diferencias en las abundancias de los ensamblajes de especies entre las estaciones evaluadas. Según el diagrama de ordenación, se observa que todas las estaciones evaluadas difieren por al menos una especie exclusiva. Por ejemplo, *Saccodon dariensis* y *Trichomycterus* sp.1, fue registrada únicamente en H-CAM-03 y particularmente durante la época de lluvias. Por tanto, se registran diferencias en composición y estructura (**Figura 724**)

Figura 724. *Diagrama de ordenación NMDS para las estaciones de la subzona hidrográfica del río Cambrin.*

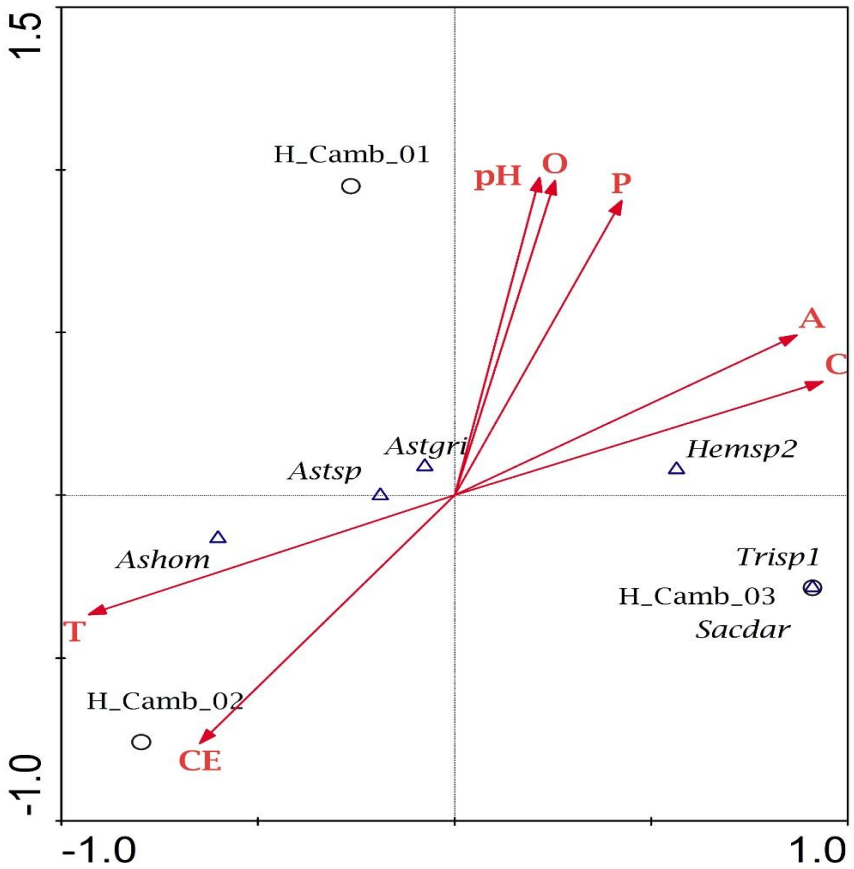


Fuente: Autores (2022).

41.2.3.6. Relación con variables fisicoquímicas

En el análisis de correspondencia canónica (ACC) los dos primeros ejes explicaron el 100 % de la variación total de los datos. En el eje x, la temperatura del agua (T) (p-valor<0.05) influyó de forma significativa en la composición y la estructura de la ictiofauna. Además de asoció negativamente a la estacion H-CAM-03 y la especie, Hemibrycon sp.2. Es decir, son aguas más frias, está relacionada con la cantidad de luz y la cobertura vegetal riparia que influyen directamente en la concentración de energía calórica que puede absorber el cuerpo de agua evaluado (Chang, 2009). Es decir, hubo menor entrada de luz solar debido a la abundante cobertura vegetal riparia. Esta cobertura a su vez provee de una fuente de aliemento (p.e., semillas e insectos terrestres) que son consumidos por especies insectívoras como *Hemibrycon* sp.2 (***Figura 725***).

Figura 725. *Análisis de Correspondencia Canónica para las variables fisicoquímicas y la abundancia de peces registrados en la subzona hidrográfica del rio Bajo Saldaña. Temperatura (T), Ancho (A), Profundidad (P), Caudal (C), pH, Oxígeno disuelto (O), Conductividad eléctrica (CE).*



Fuente: Autores (2022).

Por otro lado, en el eje y, el ph se asoció positivamente con las estaciones H-CAM-01 y las especies Astroblepus homodon. Para este caso, se registraron valores de pH cerca de 9, es decir, se encuentran dentro de los valores que generalmente reportan los ríos neotropicales, se considera que el cuerpo hídrico presenta una concentración óptima para la proliferación y desarrollo de la vida acuática (Reinoso et al., 2008). La presencia de Astroblepus homodon puede asociarse a la tolerancia y adaptaciones fisiológicas y morfológicas que estas especies presentan que les permite explotar recursos de este sistema como se destacan más adelante.

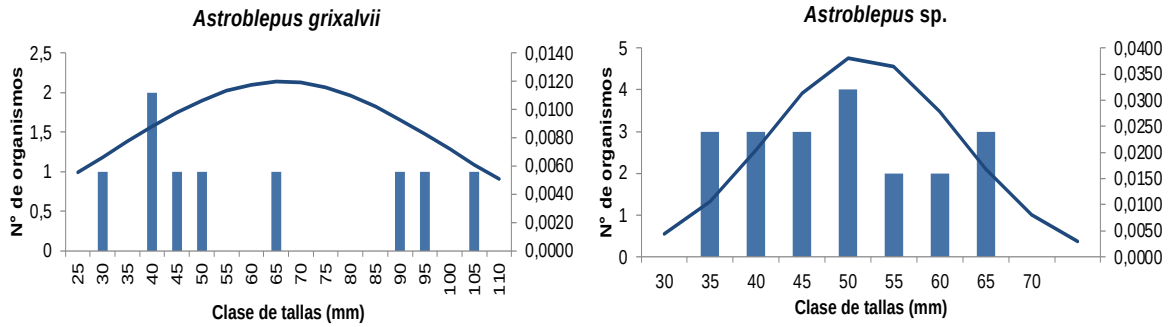
41.2.3.7. Distribución de frecuencias de tallas

Se analizó un total de 30 individuos durante los monitoreos realizados en la subzona hidrográfica del río Cambrin, con una distribución de tallas cada 5 mm de longitud estándar (LE). Para Astroblepus grixalvii, se obtuvo valores de longitud y peso promedio de 66,2 mm LE y 10,1 g, respectivamente. Y, Astroblepus sp. Registró valores promedios de longitud (46,6 mm) LE y peso (2,0 g).

En general, existen variaciones de clases de talla entre las especies estudiadas. Y se registraron juveniles y adultos. Para el caso de Astroblepus grixalvii la distribución de las tallas no se ajustó a una distribución normal y se agruparon en ocho clases. Los individuos se distribuyen con mayor frecuencia en la talla 40 mm es decir, juveniles. En cuanto Astroblepus sp., se registraron siete clases de talla, siendo los tamaños de 50 mm los que se ajustaron a una distribución normal.

En general, no hubo un patrón claro sobre las poblaciones. Las frecuencias fueron muy similares a nivel intraespecífico. A pesar de esto aporta información valiosa para entender las dinámicas poblacionales que está relacionado con el mantenimiento de las especies. Es posible que algunos atributos del hábitat tales como refugios, alimentos, competencia, depredación, entre otros permitan estos procesos. El buen estado de una población conta de juveniles y adultos. Esta dinámica se relaciona con el reclutamiento, que varía a lo largo del tiempo. Según, Doherty (2002) estas oscilaciones en los patrones de asentamiento y reclutamiento, pueden tener un fuerte componente estocástico o cambios en ciertas conductas reproductivas relacionadas con ciclos anuales o estacionales (Ault y Johnson, 1998).

Figura 726. *Distribución de frecuencias de talla de las especies dominantes de la subzona hidrográfica del río Cambrín.*



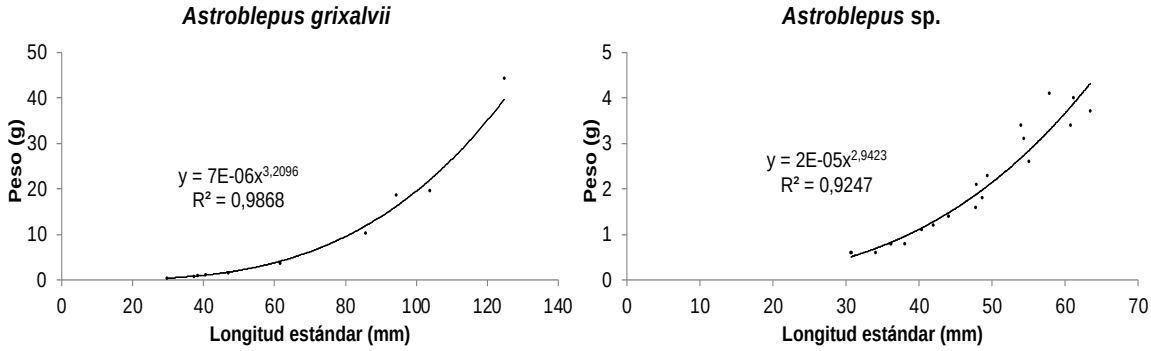
Fuente: Autores (2022).

41.2.3.8. Relación longitud-peso

La relación longitud-peso y el factor de condición (K) son indicadores poblacionales o del bienestar de las especies, debido que proporcionan información sobre el estado nutricional, actividad reproductiva y crecimiento de las especies (Cifuentes et al., 2012). Su uso, permite realizar comparaciones entre poblaciones y así crear modelos para predecir el comportamiento de poblaciones de interés (McCallum, 2000). Existen tres relaciones de crecimiento entre longitud y aumento de la masa de los peces. Primera, la relación que mantendría un balance entre la longitud y el peso del individuo, población y/o especie sería igual a 3. Segunda, alométrico negativo ($b < 3$) peces delgados, posiblemente por condiciones adversas en el medio, gasto energético en reproducción o individuos jóvenes cuya inversión energética se prioriza en longitud y posteriormente en masa corporal. Y tercera, alométrico positivo ($b > 3$) indicarían un estado robusto del pez, lo cual podría obedecer a oferta alimenticia abundante o almacenamiento de energía previo a la época de reproducción (Le Cren, 1951). A continuación, se detallan los resultados de la relación longitud – peso de tres especies. En cuanto a la relación longitud y peso dado específicamente por los valores de coeficiente de crecimiento b permitiendo evaluar cualitativamente el grado de bienestar de las especies, reflejando las condiciones alimenticias recientes.

Para *Astroblepus grixalvii* el valor del coeficiente de crecimiento $b > 3$, en ambos casos se muestra que la especie presenta un crecimiento alométrico positivo, es decir presenta un estado robusto, lo cual podría obedecer a oferta alimenticia abundante o almacenamiento de energía previo a la época de reproducción (Le Cren, 1951) (**Figura 727**).

Figura 727. *Relación longitud – peso de las especies dominantes de la subzona hidrográfica del río Cambrin.*



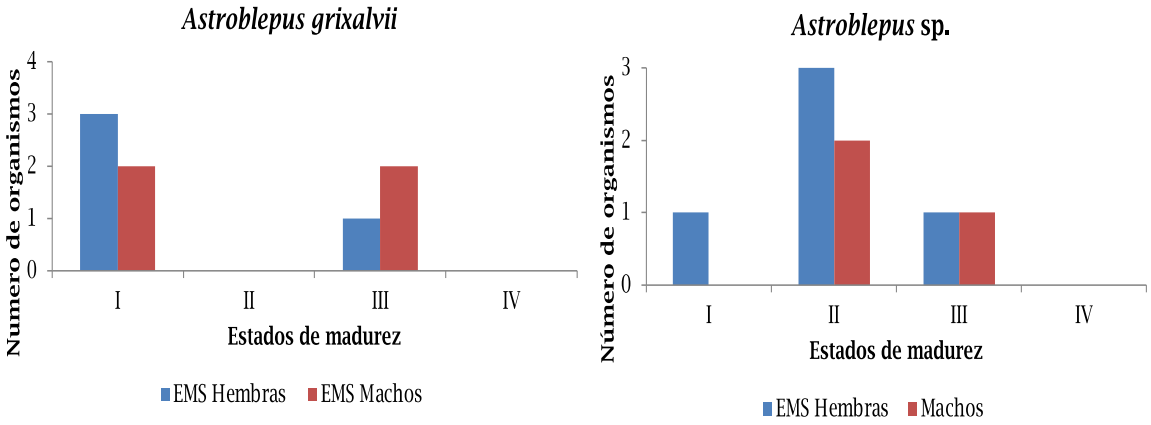
Fuente: Autores (2022).

Al contrario, *Astroblepus* sp.2 registró un b < 3 es decir un crecimiento alométrico negativo, debido que la especie aumenta más significativamente la longitud, pudiendo ser un indicador de la menor inversión en energía acumulada y muestra que la especie posiblemente prioriza su crecimiento por encima de su peso (Le Cren, 1951) (**Figura 727**).

41.2.3.9. Estados de madurez gonadal

Con relación al análisis reproductivo, fueron analizados 16 individuos. En términos generales, las especies analizadas fueron mayoritariamente machos y hembras maduro o en época reproductiva. Es decir, la mayoría de los individuos estuvieron en estado de madurez sexual EMS III y IV. Para el caso de *A. grixalvii* la mitad de los individuos analizados estaban iniciando época reproductiva. Por otro lado, *Astroblepus* sp. La mayoría de los individuos analizados estaban en desarrollo gonadal (**Figura 728**).

Figura 728. *Frecuencia relativa de los EMS para hembras y machos de las especies analizadas. I=inmaduro, II=madurando, III= maduro, IV en reposo de la subzona hidrográfica del río Cambrin.*



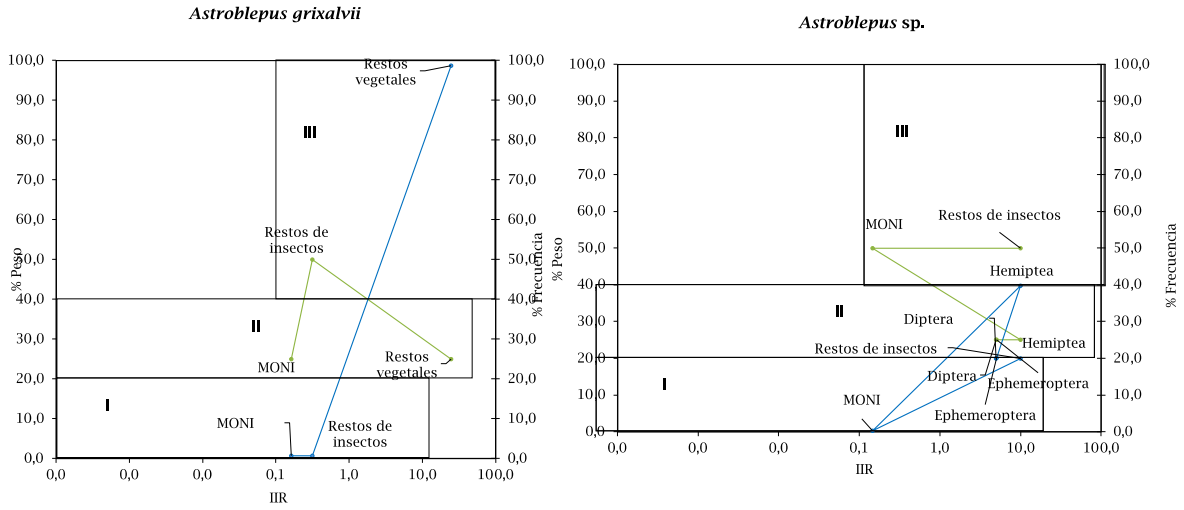
Fuente: Autores (2022).

41.2.3.10. Ecología trófica

Se analizaron 16 estómagos, de los cuales todos estuvieron llenos. El coeficiente de repleción fue de 1. En total, cuatro ítems (Restos vegetales, Restos de insectos, MONI y Hemiptera) fueron considerados preferenciales y los restantes en correspondientes a grupos ocasionales o circunstanciales según (Yañez- Aranciba 1985, Lopez-Delgado, 2013) (**Figura 729**).

Es así, que basados en esta información y los resultados de la clasificación de López-Delgado, 2013 podemos clasificar a las especies evaluadas como invertívora, es decir, organismos que se alimentan preferencialmente de larvas de insectos acuáticos (Lopez-Delgado, 2013)

Figura 729. *Espectro trófico de Astroblepus grixalvii y Astroblepus sp. de la subzona hidrográfica del río Cambrin.*



Fuente: Autores (2022).

41.2.3.11. Especies de interés y categorías de amenaza

En términos generales, se observa que el 50% de la ictiofauna de la subzona hidrográfica del río Cambrim son endémicas de Colombia. Ninguna especie es de importancia en pesca u ornamental. Por otro lado, ninguna especie se encuentra en categoría de amenaza, Preocupación menor (Libro Rojo de Peces Dulceacuícolas de Colombia) (Mojica et al. 2012), adicionalmente, dos especies son categorizadas en preocupación menor según UICN (**Tabla 591**).

Tabla 591. *Especies de interés y categoría de amenaza de la subzona hidrográfica del río Cambrim.*

Especies	Endémica	Introducida	Migración	Usos	Categoría de amenaza	
					Libro Rojo de Peces de Colombia	UICN
Astroblepus grixalvii	*					LC
Astroblepus homodon	*					LC
Astroblepus sp.						
Hemibrycon sp.2						

Fuente: Autores (2022).

Es así, que el presente monitoreo de caracterización íctica esencialmente dirigido al cauce principal a lo largo de un gradiente altitudinal y ambiental revela que

particularmente la estación H-CAM-01 son un importe hábitat debido que se asocia una alta diversidad de peces.

De esta manera, los resultados son los datos de diversidad íctica más actualizados en la subzona hidrográfica del río Cambrim. Material depositado en la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima, sección – Ictiología (CZUT-IC) sobre la cuenca del río Cambrim, registran valores de riqueza de aproximadamente tres especies. Valores inferiores al reportado en el presente estudio (4 spp). De las estaciones evaluadas, se registraron cuatro especies, la cuales representan un incremento de las especies del río Cambrim (CZUT-IC) y 3.5 % del Alto Magdalena (García- Alzate, et al., 2020).

En cuanto a la composición taxonómica registrada para el área de estudio, los órdenes con mayor abundancia y riqueza Siluriformes (AR= 80 %), con tres especies registró la mayor riqueza, seguido de Characiformes (AR= 19 %) con una siendo un patrón, también encontrado en ensamblajes de peces en la cuenca del río Magdalena (Villa et al., 2003, Poveda-Cuellar, 2021).

Finalmente, encontramos que los peces del río Cambrim se encuentran mayoritariamente en rápidos y sustratos rocosos como es el caso de *Astroblepus* spp. Estas especies, Por tanto, fueron frecuentemente capturadas y según Poveda-Cuellar et al. (2021) son especies con rasgos funcionales únicos, debido a que algunos rasgos funcionales asociados al uso del hábitat tales como preferencia a rápidos, sustratos de roca y grava, hábitos nectobentónicos, disco oral en forma de ventosa para adherirse a sustratos sólidos, y pequeñas y pocas branquiespinas describen como estos peces usan el nicho espacial y ofrecen ventajas para sobrevivir en condiciones hostiles (p.e. baja temperatura del agua), no observadas en otras especies de peces y así ser representantes de la fauna íctica de zonas de alta montaña en los Andes suramericanos (Buitrago-Suarez et al., 2015). Así, el principal problema reconocido en estos sistemas loticos es la degradación física del hábitat asociada a la homogenización de hábitats, sustratos, contaminación por plásticos y aguas domésticas y reducción en columna de agua que podría afectar la diversidad biológica.

Adicionalmente, se refleja la necesidad de ampliar los inventarios ictiológicos hacia otros tipos de hábitats, preferentemente zonas sin muestreos previos, tales como quebradas, pues como fue mencionado, son lugares clave para la conservación, debido que resguardan una diversidad única de peces. Así mismo, estudios bioecológicos en especies ornamentales, exclusivas o comunes son fundamentales para entender la dinámica de las poblaciones en el río.

41.3. Subzona hidrográfica del río Anamichú.

41.3.1. Perifiton

41.3.1.1. Representatividad

Con respecto a los estimadores de riqueza se registró un número total de 34 géneros observados (Sobs) en cuatro estaciones evaluadas, estas especies representan el 95.2% de las esperadas teniendo en cuenta el estimador de riqueza ACE y el 98.9% para Chao 1. Se estima un potencial máximo de 36 géneros (**Figura *730***). Estos resultados son indicativos de una muy buena eficiencia de muestreo y por ende los taxones reportados en esta subzona representan las especies que allí se encuentran.

41.3.1.2. Composición

Se colectaron 2268 individuos/mm^2 distribuidos en cinco filos, siete clases, 19 órdenes, 25 familias y 34 géneros (**Tabla *592***).

A nivel de clase, presentaron mayor abundancia Bacillariophyceae con 1633 individuos/mm^2, seguida de la clase Cyanophyceae con 546 individuos/mm^2. Esta configuración de abundancia sigue el patrón de composición que se presenta en las cuencas andinas, en los cuales las especies algales dominantes pertenecen a la clase Bacillariophycea (Pinilla, 1998; Ramírez & Viña, 1998; Ramírez, 2000; Martínez & Donato, 2003). Con relación a los órdenes Naviculales, Oscillatoriales, Cymbellales y Nostocales representaron aproximadamente el 78% de los organismos registrados. Los órdenes restantes registraron densidades menores al 10% (**Tabla *592***).

Figura 730. *Curva de acumulación de la comunidad perifítica en la subzona hidrográfica del Río Anamichú.*

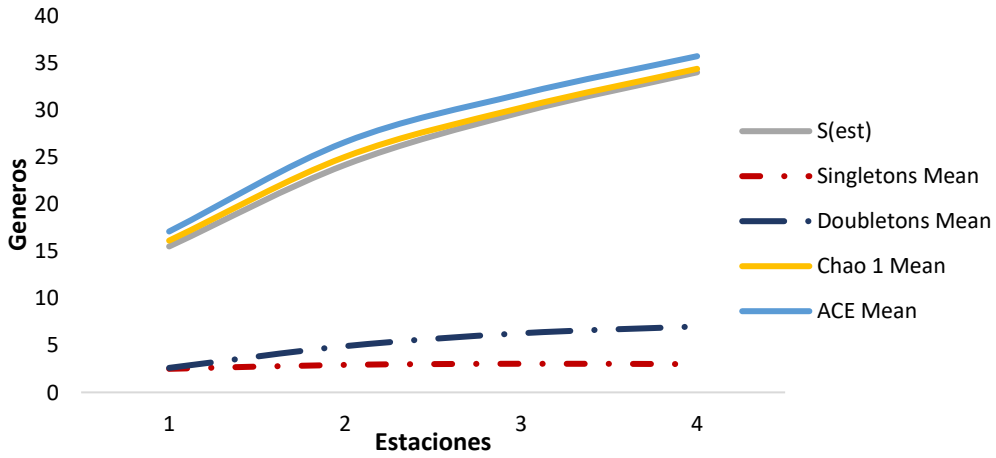


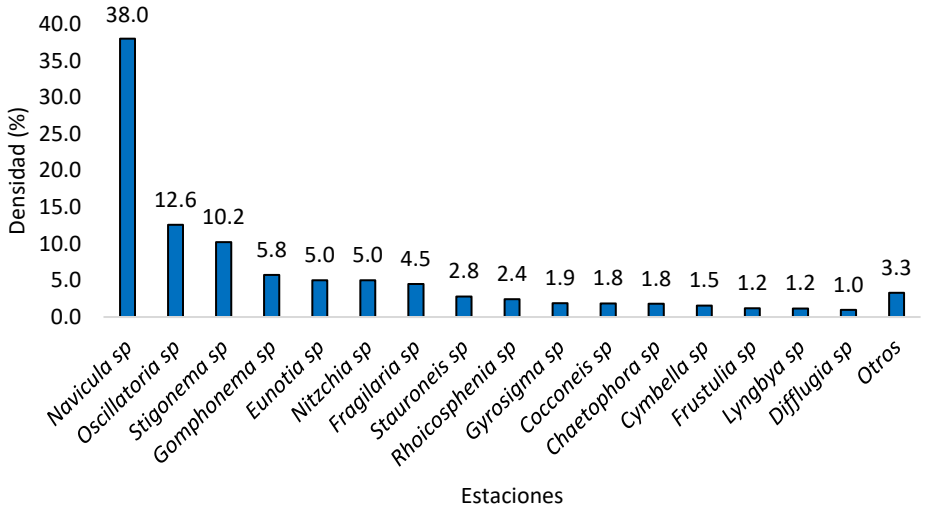
Tabla 592. *Composición de la comunidad perifítica registrada en la subzona hidrográfica del Río Anamichú.*

Filo	Clase	Orden	Familia	Especie	Densidad Ind/mm2
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	*Nitzchia sp*	113.5
		Cocconeidales	Cocconeidaceae	*Cocconeis sp*	41.6
		Cymbellales	Cymbellaceae	*Cymbella sp*	34.9
				Pinnularia sp	19.4
			Gomphonemataceae	*Encyonema sp*	1.0
				Gomphonema sp	130.4
			Rhoicospheniaceae	*Rhoicosphenia sp*	55.0
		Eunotiales	Eunotiaceae	*Eunotia sp*	114.1
		Fragilariales	Fragilariaceae	*Fragilaria sp*	102.5
				Synedra sp	4.1
		Licmophorales	Ulnariaceae	*Hannaea sp*	2.3
		Mastogloiales	Achnanthaceae	*Achnanthidium sp*	2.3
		Naviculales	Amphipleuraceae	*Amphipleura sp*	4.4
				Frustulia sp	27.2
			Naviculaceae	*Caloneis sp*	5.1
				Gyrosigma sp	42.8
				Hippodonta sp	1.0
				Navicula sp	861.2
			Stauroneidaceae	*Stauroneis sp*	63.1
		Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	*Rhopalodia sp*	2.3
		Surirellales	Surirellaceae	*Surirella sp*	5.1
	Coscinodiscophyceae	Melosirales	Melosiraceae	*Melosira sp*	2.0
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chaetophorales	Chaetophoraceae	*Chaetophora sp*	40.7
		Sphaeropleales	Treubariaceae	*Treubaria sp*	2.3
	Ulvophyceae	Ulotrichales	Ulotrichaceae	*Ulothrix sp*	9.3
Ciliophora	Indeterminado	Indeterminado	Indeterminado	*Ciliophora sp*	2.3
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocales	Stigonemataceae	*Stigonema sp*	231.5
		Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	*Lyngbya sp*	26.5
				Oscillatoria sp	285.1
				Phormidium sp	2.0
		Spirulinales	Spirulinaceae	*Spirulina sp*	1.0
Protozoa	Lobosa	Arcellinida	Arcellidae	*Arcella sp*	3.1
			Centropyxidae	*Centropyxis sp*	6.1
			Difflugiidae	*Difflugia sp*	22.4

De los 34 taxones registrados, los más abundantes fueron *Navicula* sp, *Oscillatoria* sp, y *Stigonema* sp. Estos representaron aproximadamente el 61% de los individuos registrados (Figura 708). El taxon más abundante pertenece a la clase Bacillariophyceae y común en ecosistemas lóticos como: ríos, riachuelos y pequeños arroyos, en los cuales son muy frecuentes y abundantes. Los siguientes taxones dominantes

pertenecen a la clase Cyanophyceae. Estos son considerados como oportunista debido a que aprovechan cambios físicos y químicos (especialmente nutrientes) en el ecosistema, que ocasionan que durante algunos meses se registren altas densidades, además de esto, se asocian a zonas con elevadas cargas de nutrientes (Ramírez 2000) (**Figura 731**).

Figura 731. *Densidad relativa de los géneros más abundantes colectados en la subzona*

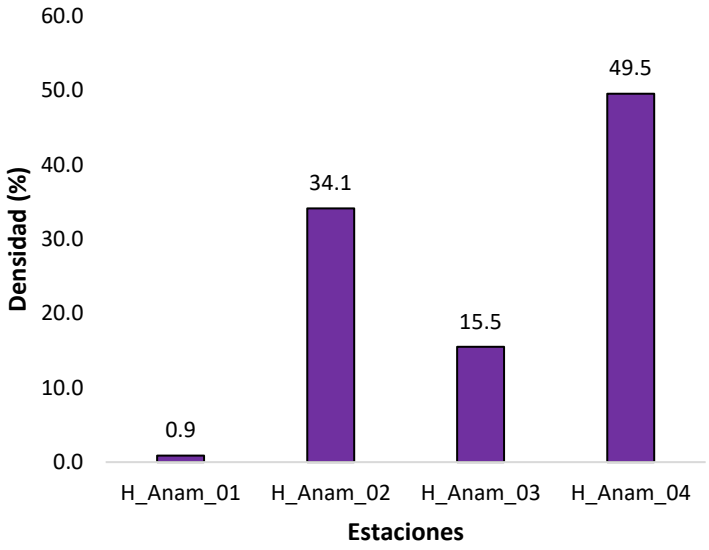


hidrográfica del Río Anamichú.

41.3.1.3. Distribución espacial

Se evaluaron cuatro estaciones de muestreo, de las cuales la mayor densidad fue registrada en H_Anam_04 (Río Blanco) con un 49.5%, seguida por la estación H_Anam_02 (Río Blanco) con 34.1%. La estación H_Anam_01 (Río Anamichu), registro los valores más bajos de densidad (**Figura *732***).

Figura 732. *Densidad relativa por estaciones de la subzona hidrográfica Río Anamichú.*



41.3.1.4. Diversidad

Para el muestreo M1, a partir de la extrapolación del número de especies teniendo en cuenta la riqueza especifica (0D), número de especies típicas (1D) y especies dominantes (2D), se determinó que la estación H_Anam_04 (Río Blanco), registro los valores de diversidad más altos. La estación menos diversa fue H_Anam_03 (Río Anamichú) (**Figura 733**).

Para el segundo muestreo se observó un patrón similar en el cual se pudo establecer que la estación más diversa teniendo en cuenta riqueza especifica (0D), especies raras y poco frecuentes (1D) y especies dominantes (2D) fue H_Anam_04 (Río Blanco). Sin embargo, se observó una disminución en el número efectivo de especies en las estaciones restantes durante la segunda época de muestreo correspondiente a altas precipitaciones

41.3.1.5. Ensamblaje

Los resultados del análisis NMDS teniendo en cuenta la presencia de los géneros (Jaccard) en cada una de las estaciones, no muestra agrupamientos definidos para los dos periodos de muestreo (M1:Rojo y M2: Azul) (Stress = 0,2) (**Figura *734***). Al realizar la prueba estadística ANOSIM entre los grupos analizados, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas (p= 0,5). Los resultados del escalamiento no métrico multidimensional (EMNM) permitieron evidenciar que las estaciones H_Anam_01 y H_Anam_03 fueron las más diferentes en cuanto a su composición y estructura de la comunidad. La primera se caracterizó por la presencia de taxones como *Gomphonema* sp, *Fragilaria* sp y *Nitzchia* sp, y la última por *Lyngbya* sp y *Oscillatoria* sp. Las

estaciones H_Anam_02 y H_Anam_04 registraron un gran número de taxones en común.

Figura 733. *Diversidad Alfa en las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Anamichú. 0=Riqueza especifica, 1= Exponente de Shannon y 2= Inverso de Simpson*

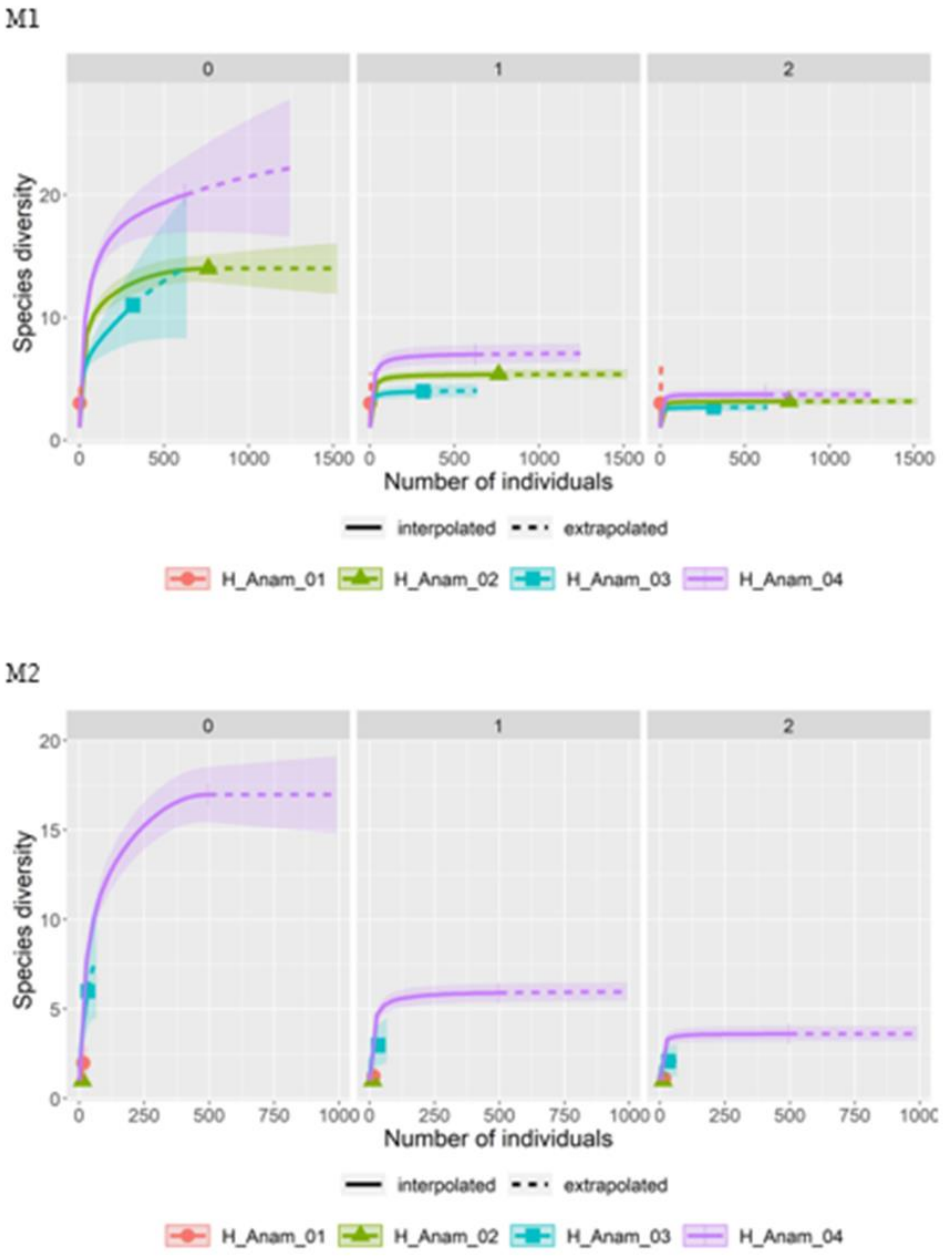
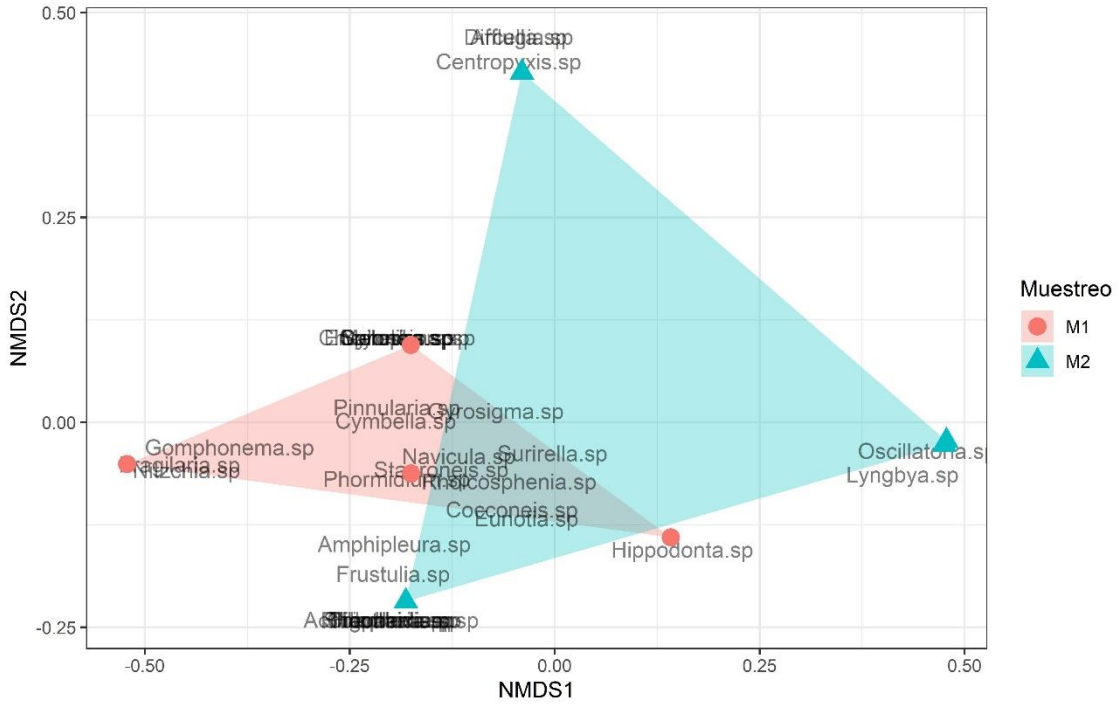


Figura 734. *Diagrama de ordenación NMDS para las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Anamichú*



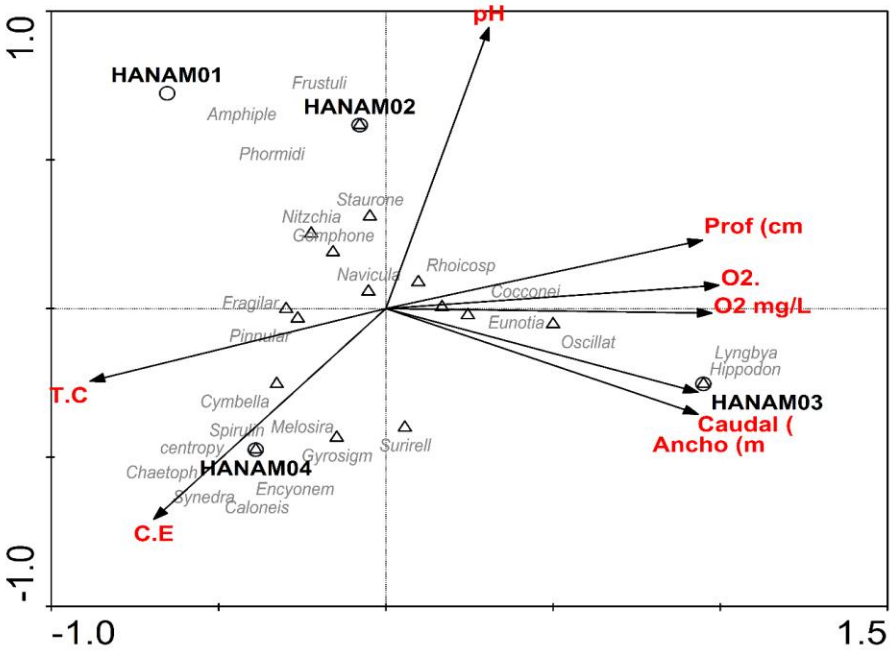
41.3.1.6. Relación con variables fisicoquímicas

Según los resultados del análisis de correspondencia canónica (ACC), ninguna de las variables evaluadas influyó de manera significativa en la distribución de los taxones de la comunidad perifítica (p >0,005). Sin embargo, vale la pena resaltar que, en el diagrama de ordenación, se observó una separación clara en las estaciones evaluadas en la subzona hidrográfica del río Anamichú (**Figura *735***).

La estación H_Anam_03, se separó de las restantes, por valores elevados de caudal, ancho, oxígeno disuelto y porcentaje de saturación de oxígeno. En esta, se registraron taxones como: *Lyngbya* sp, *Oscillatoria* sp y *Eunotia* sp, los cuáles posiblemente podrían estar relacionados con estas variables (**Figura *735***).

La estación H_Anam_04, se caracterizó por valores elevados de temperatura y conductividad eléctrica. En esta, se registraron taxones como *Cymbella* sp, *Melosira* sp, *Synedra* sp y *Encyonema* sp. Por último, las estaciónes H_Anam_01 y H_Anam_02 registraron valores bajos de ancho y cauda, los cuales podrían estar relacionados con la presencia de *Amphipleura* sp, *Phormidium* sp y *Frustulia* sp en estos cuerpos de agua (**Figura *735***).

Figura 735. *Análisis de Correspondencia Canónica para las variables fisicoquímicas y la abundancia de los taxones de la comunidad perifítica registradas en la subzona hidrográfica del Río Anamichú.*



41.3.1.7. Índice diatómico genérico (IDG)

Según los resultados del índice Diatómico Genérico (IDG), a nivel general, las estaciones evaluadas presentaron un nivel de contaminación muy alto a intermedio (**Tabla *593***). Esto, debido a la desaparición de especies sensibles, posiblemente asociado a contaminación en el cuerpo de agua. Durante el muestreo M1 todas las estaciones registraron niveles de contaminación muy altos, los cuales disminuyeron a intermedio en H_Anam_01 y a alto en las estaciones restantes durante la época de altas precipitaciones M2. Esto posiblemente se relaciona con las lluvias que generan un efecto de dilución en los cuerpos de agua mejorando temporalmente las condiciones de estos.

Tabla 593*. Índice diatómico genérico de las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Anamichú.*

Cuerpo de agua	IDGM 1	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica	IDGM 2	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica
H_Anam_01	1.1	Muy alta	Contaminación muy fuerte		3.20	Intermedia	Contaminación media, eutrofización acentuada	
H_Anam_02	1.7	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.51	Alta	Desaparición de especies	

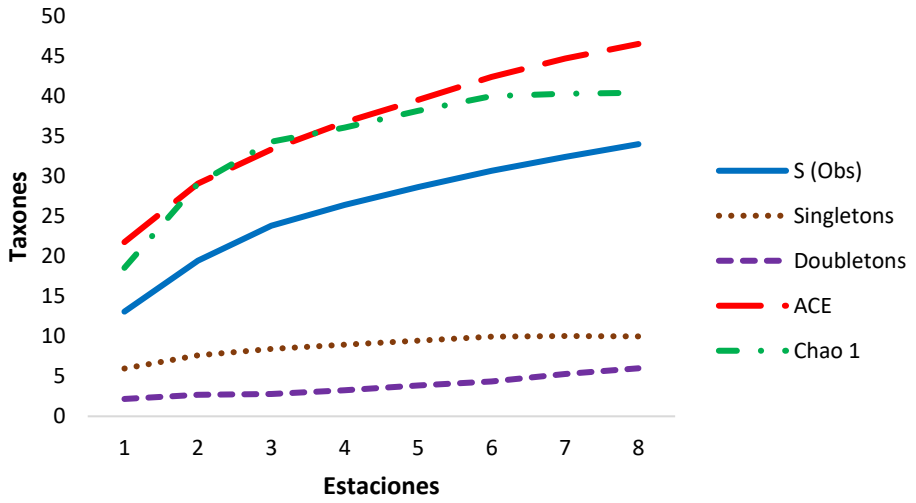
							sensibles, contaminación fuerte	
H_Anam_03	1.8	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.81	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Anam_04	1.8	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.32	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	

41.3.2. Macroinvertebrados acuáticos

41.3.2.1. Representatividad.

Con respecto a los estimadores de riqueza se registró un número total de 34 géneros observados (Sobs) en las ocho estaciones evaluadas (cuatro en la subzona durante dos temporadas) para un total de 32 muestras que corresponden al 73.1% del valor esperado con el estimador de riqueza ACE y el 84.2% para Chao 1. Se estima un potencial máximo de 46 géneros (**Figura 736**).

Figura 736. *Curva de acumulación de Macroinvertebrados acuáticos colectados en la subzona hidrográfica del río Anamichú.*



Fuente: Autores (2022).

Se registró una cantidad de géneros relativamente bajo, teniendo en cuenta que este rio y sus afluente principal presenta fuertes alteraciones causadas por la minería y por la presencia de un centro poblado grande en sus inmediaciones y se observa un alto nivel de contaminación orgánica, principalmente en el Río Blanco, el cual recibe cargas

contaminantes del poblado de Rioblanco, estas condiciones restringen la colonización de organismos, en donde solo los géneros más resistentes sobreviven (Reinoso et al., 2008). Por otra parte, basado en los valores de los singletons (F1), aun se requiere ampliar las colectas para completar la asíntota, lo que implica que aún existe la posibilidad de hallar más taxones, principalmente en el cauce principal del rio Anamichú y la parte alta del río Blanco (Roldan y Ramírez, 2008).

41.3.2.2. Composición

Se colectaron 808 organismos distribuidos en dos filos, dos clases, siete órdenes, 20 familias y 34 géneros (**Tabla 594**).

Tabla 594. *Composición de los macroinvertebrados acuáticos registrados en la subzona hidrográfica del río Anamichú.*

Filo	Clase	Orden	Familia	Genero	Abundancia
Annelida	Clitellata	Tubificida	Naididae	*Tubifex*	1
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	*Cylloepus*	2
				Heterelmis	12
				Huleechius	2
				Macrelmis	1
				Neoelmis	1
				Pharceonus	1
				Promoresia	3
			Ptilodactylidae	*Anchytarsus*	2
			Staphylinidae	*Bledius*	1
		Diptera	Blephariceridae	*Limonicola*	2
			Ceratopogonidae	*Alluaudomyia*	1
			Chironomidae	Chironominae	133
				Orthocladiinae	396
				Tanypodinae	4
			Empididae	*Chelifera*	5
			Simuliidae	*Simulium*	78
			Tipulidae	*Molophilus*	1
				Tipula	1
		Ephemeroptera	Baetidae	*Americabaetis*	8
				Baetodes	43
				Camelobaetidius	11
				Moribaetis	1
			Leptohyphidae	*Leptohyphes*	20
			Leptophlebiidae	*Farrodes*	8
				Thraulodes	10
			Oligoneuriidae	*Lachlania*	2
		Megaloptera	Corydalidae	*Corydalus*	6
		Plecoptera	Perlidae	*Anacroneuria*	17
		Trichoptera	Glossosomatidae	*Culoptila*	2
			Hydrobiosidae	*Atopsyche*	3

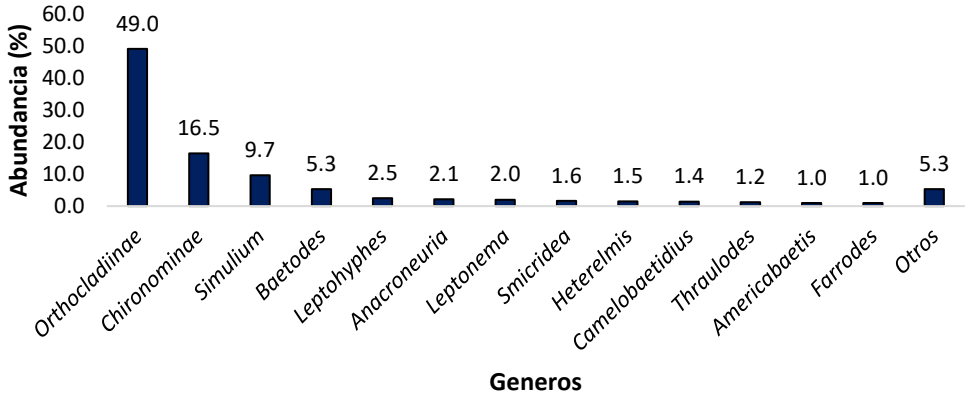
Filo	Clase	Orden	Familia	Genero	Abundancia
			Hydropsychidae	*Leptonema*	16
				Smicridea	13
			Leptoceridae	*Atanatolica*	1

Fuente: Autores (2022).

A nivel de orden, los que tuvieron mayor abundancia fueron Díptera con 621 organismos (77%), Ephemeroptera con 113 organismos (13%) y Trichoptera con 35 organismos (4%). Estas abundancias corresponden a lo reportado para la cuenca (Reinoso, et., 2008) y en general se ajusta a la estructura que se presenta en cuencas de alta montaña de ecosistemas andinos (Vásquez y Reinoso, 2012). Estos ordenes son los más diversos entre los macroinvertebrados acuáticos, lo que incluye que tienen una variación en las adaptaciones que les permiten desarrollarse en una multitud de hábitats sin verse afectados por cambios ambientales (Dominguez y Fernandez, 2009).

En cuanto a familias, las más abundantes fueron Chironomidae (65.9%), Simuliidae (9.6%) y Baetidae (7.7%) mientras que Corydalidae, Empididae, Hydrobiosidae, Blephariceridae, Glossosomatidae, Oligoneuriidae, Ptilodactylidae, Tipulidae, Ceratopogonidae, Leptoceridae, Naididae, Staphylinidae presentaron la menor abundancia (>1%). A nivel de géneros, los más abundantes fueron Orthocladiinae sp (49%) y Chironominae sp. (16.5%). De los 34 géneros registrados 21 de ellos registran un valor inferior al 1%, estos son *Corydalus, Chelifera,* Tanypodinae*, Atopsyche, Promoresia, Anchytarsus, Culoptila, Cylloepus, Huleechius, Lachlania, Limonicola, Alluaudomyia, Atanatolica, Bledius, Macrelmis, Molophilus, Moribaetis, Neoelmis, Pharceonus, Tipula* y *Tubifex* (**Figura 737**). El rio Anamichú y el río Blanco tienen parte de sus cauce en las inmediaciones del municipio de Rioblanco donde en su recorrido reciben una alta carga de contaminación orgánica y sedimentos que se refleja en los cambios de tonalidad del agua, principalmente en el río Blanco, estas condiciones son restrictivas para la supervivencia de la mayoría de los taxones, ya que ellos no poseen los mecanismos de adaptación a estos eventos muy fuertes, en este caso solo los organismos de la familia Chironomidae son capaces de soportar estos eventos (Forero et al., 2007).

Figura 737. *Abundancia relativa de los géneros más abundantes colectados en la subzona hidrográfica del río Anamichú.*



Fuente: Autores (2022).

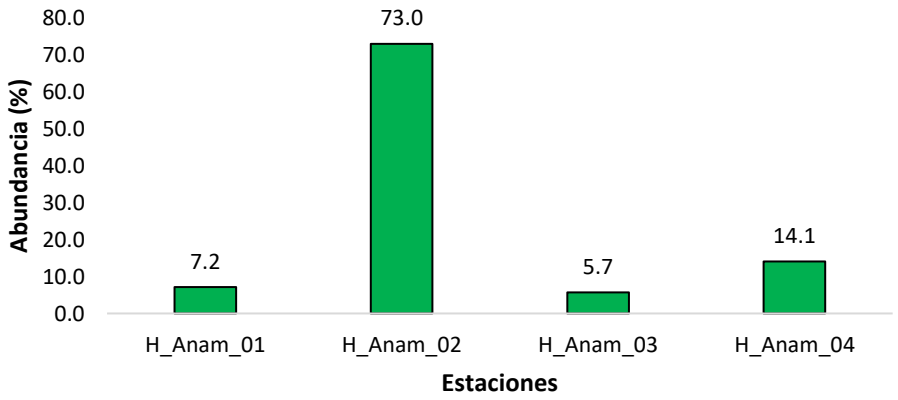
41.3.2.3. Distribución espacial

Se establecieron cuatro estaciones de muestreo donde el Río Blanco (H_Anam_02) y (H_Anam_04) presentan la mayor abundancia relativa con 73% y 14% respectivamente, estas estaciones presentan mayor abundancia debido a que se encuentran en zonas donde el caudal es moderado, donde los impactos antrópicos son menos lesivos para las condiciones fisicoquímicas de los cuerpos de agua (**Figura 738**).

En general el cauce principal del río Anamichú muestra baja abundancia, esto se puede atribuir principalmente a que el cauce del rio es bastante encañonado, y de un porte grande lo cual aumenta la incidencia de la velocidad de la corriente y su impacto sobre los sustratos y por ende en la colonización de los individuos. A pesar de que este río se encuentra en una zona conservada, las condiciones hidrológicas juegan un papel crucial en la distribución de los organismos y suponen la principal limitante en la colonización y supervivencia de estos.

Es importante aclarar que las lluvias fuertes limitaron la colecta, por lo que aún existe la posibilidad de registrar un mayor número de organismos de diferentes taxones y categorías de bioindicación tanto en el río Anamichú como en el río Blanco, donde se encontró un gran número de taxones por lo que constituye un importante reservorio que aporta biomasa y variabilidad taxonómica al cuerpo de agua principal (Forero et al., 2013).

Figura 738. *Abundancia relativa por estaciones de la subzona hidrográfica del río Anamichú.*



Fuente: Autores (2022).

En cuanto a los géneros registrados Chironominae sp y Orthocladiinae sp (Diptera), se registraron en todas las estaciones de la subzona hidrográfica, esto es lo que se espera en cuanto a distribución de esta fauna, dado que estos organismos son capaces de colonizar cualquier espacio dentro de los ecosistemas acuáticos (Pillot, 2014). Otros organismos que se distribuyeron ampliamente en la zona fueron *Americabaetis,* (Ephemeroptera), *Smicridea* (Trichoptera), *Cylloepus, Heterelmis* (Coleoptera) y *Anacroneuria* (Plecoptera) (**Tabla 595**). Múltiples factores pueden estar interfiriendo en la distribución de los invertebrados, principalmente a los de menor distribución, ya que sus adaptaciones etológicas y fisiológicas pueden verse alteradas por los procesos que se están presentando (Merrit y Cummings, 2008). De este modo podemos observar patrones de distribución, donde la composición y distribución esta mediada por organismos tolerantes que son indicativos de procesos de degradación en los ecosistemas acuáticos, sin embargo la presencia de organismos con potencial de bioindicación indican que los cuerpos de agua presentan mecanismos de recuperación natural que permiten adecuar las condiciones ambientales y permitir el crecimiento de una mayor variedad de taxones con condiciones particulares de desarrollo (Forero y Reinoso, 2013).

Tabla 595. *Distribución espacial de los macroinvertebrados acuáticos registrados en la subzona hidrográfica del río Anamichú.*

Genero	H_Anam_01	H_Anam_02	H_Anam_03	H_Anam_04
Alluaudomyia	0	1	0	0
Americabaetis	2	3	3	0
Anacroneuria	10	4	3	0
Anchytarsus	1	1	0	0
Atanatolica	1	0	0	0

Genero	H_Anam_01	H_Anam_02	H_Anam_03	H_Anam_04
Atopsyche	1	1	1	0
Baetodes	1	29	5	8
Bledius	0	0	0	1
Camelobaetidius	0	5	0	6
Chelifera	0	3	0	2
Chironominae	10	86	4	33
Corydalus	2	0	3	1
Culoptila	0	0	1	1
Cylloepus	0	2	0	0
Farrodes	8	0	0	0
Heterelmis	1	8	0	3
Huleechius	0	1	1	0
Lachlania	0	2	0	0
Leptohyphes	1	13	6	0
Leptonema	5	10	1	0
Limonicola	0	1	1	0
Macrelmis	1	0	0	0
Molophilus	0	1	0	0
Moribaetis	0	1	0	0
Neoelmis	0	0	1	0
Orthocladiinae	7	334	3	52
Pharceonus	0	1	0	0
Promoresia	0	3	0	0
Simulium	2	72	3	1
Smicridea	0	4	6	3
Tanypodinae	2	0	0	2
Thraulodes	3	3	4	0
Tipula	0	1	0	0
Tubifex	0	0	0	1

Fuente: Autores (2022).

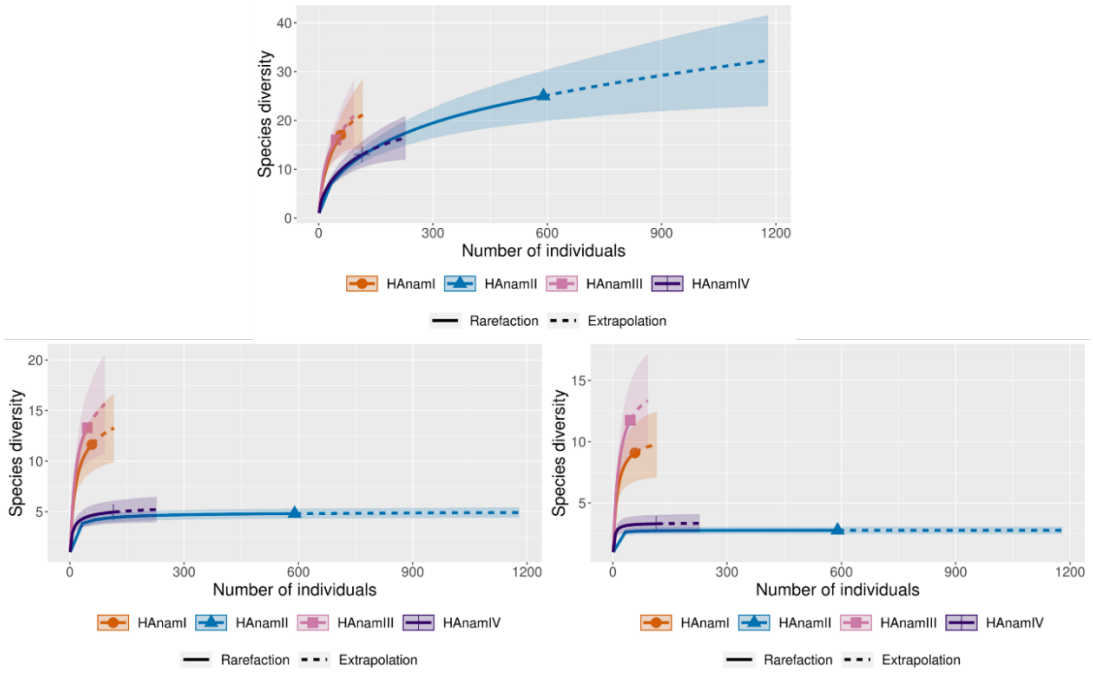
41.3.2.4. Diversidad

Según lo observado en la extrapolación de número de géneros en las estaciones de la subzona hidrográfica del rio Anamichú, se puede establecer que los valores de riqueza más altos (0D) se dieron en el río Blanco (H_Anam_02) con 25 géneros (**Figura 739**). La grafica nos indica que para este nivel de diversidad para las cuatro estaciones es posible hallar un mayor número de taxones, por lo que se requiere mayor número de muestreos. Los intervalos de confianza indican que la estacion H_Anam_02 es diferente de las demás en cuanto a riqueza.

Los valores relacionados a los taxones típicos o comunes (1D), indican un valor más alto en río Anamichú (H_Anam_03) con 13.3 géneros, seguido de río Anamichú (H_Anam_01) con 11.6, para estas estaciones no se observan cambios significativos a

este nivel de diversidad, los intervalos de confianza se encuentran solapados y la extrapolación indica que es posible hallar un número mayor de géneros comunes.

Figura 739. *Diversidad Alfa en las estaciones de la subzona hidrográfica del río Anamichú.*



Fuente: Autores (2022).

Por último, de acuerdo con el número de taxones dominantes (2D), se observa un comportamiento similar al obtenido del q1, los valores de taxones dominantes se encuentran solapados, en contraste rio Blanco (H_Anam_03), muestran diferencia en este nivel de diversidad, esto se da porque en esta estación se registró un numero mucho mayor de taxones, con una alta abundancia, por lo cual para estas estaciones la comunidad no es uniforme (Forero y Reinoso, 2013).

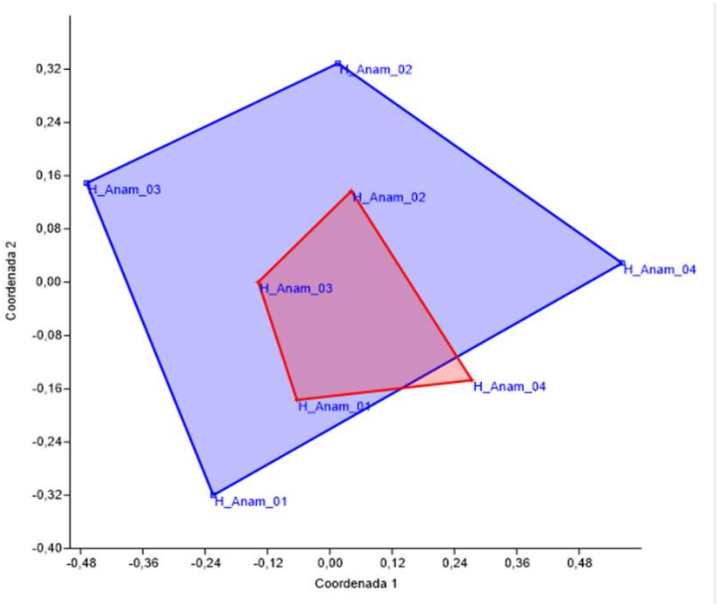
La diversidad en la subzona hidrográfica del rio Anamichú tiende a ser heterogénea a nivel espacial, mostrando claras diferencias entre el río Anamichú como cuerpo principal y el río Blanco como tributario, sin embargo, estructuralmente se componen principalmente de organismos cosmopolitas, tolerantes y ubicuos (Dominguez y Fernandez, 2009).

Este es el patrón común de diversidad mostrado en estas cuencas, no obstante, las condiciones ambientales de la subzona permiten albergar una fauna consistente en las zonas media y baja, donde se permite el desarrollo de organismos sensibles y especialistas.

41.3.2.5. Ensamblaje

Los resultados del análisis NMDS teniendo en cuenta la presencia de los géneros (Jaccard) en cada una de las estaciones, no muestra agrupamientos definidos para los dos periodos de muestreo (M1:Azul y M2: Rojo) (Stress = 0,1) (**Figura 740**). Al realizar la prueba estadística ANOSIM entre los grupos analizados, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas (p= 0,6).

Figura 740. *Diagrama de ordenación NMDS para las estaciones de la subzona hidrográfica del río Anamichú.*



Fuente: Autores (2022).

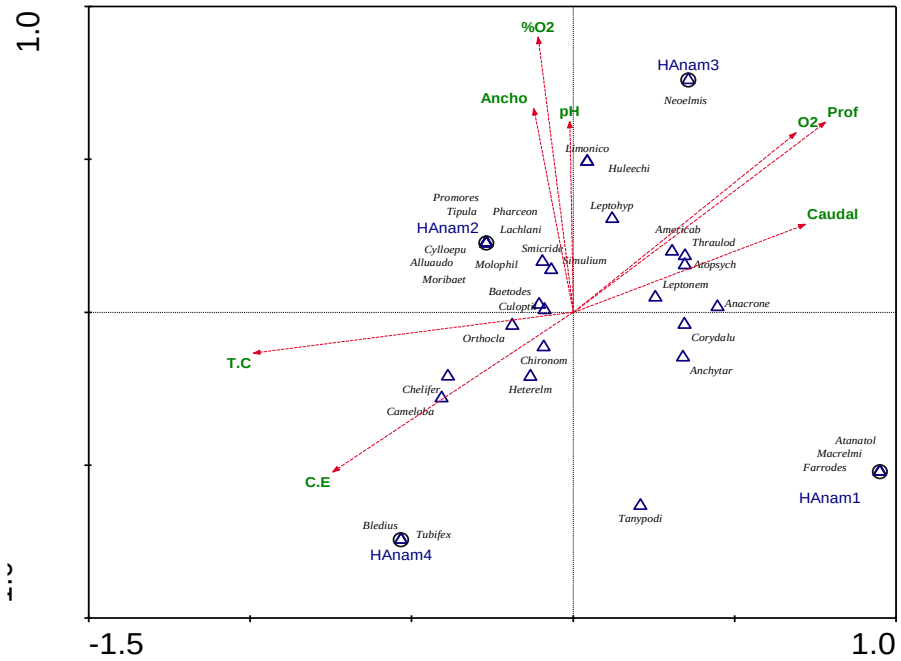
El diagrama NMDS indica una similaridad entre las estaciones de un 43%, en cada uno de los polígonos se observan amplias distancias para algunas estaciones lo que indica que en estas se presenta una composición muy distinta a las demás particularmente para el muestreo uno (azul), las cuatro estaciones se encuentran alejadas Estación, debido a que para este periodo se presentaron lluvias que aumentaron el caudal lo cual modifica de forma particular cada punto de muestreo. Para el muestreo dos (rojo), se observa que las estaciones se encuentran más agrupadas, esto implica un aumento en el número de taxones similares en la subzona en general, estos cambios podrían indicar que cada localidad de estudio tiene particularidades ecológicas y presiones puntuales que permiten el desarrollo de una fauna diferente.

Las distancias y similitudes están dadas por la presencia y ausencia de los taxones colectados, de este se encontraron como organismos exclusivos del muestreo dos, estos cambios en la composición están modulados por las fluctuaciones de caudal durante el periodo de lluvias y la respuesta especifica temporal de cada localidad a las perturbaciones externas.

41.3.2.6. Relación con variables fisicoquímicas

Según el ACC y la prueba de Monte Carlo, las variables que presentan efectos condicionantes son la temperatura, profundidad y conductividad eléctrica las cuales modulan la distribución de los organismos (**Figura *741***).

Figura 741. *Análisis de Correspondencia Canónica para las variables fisicoquímicas y la abundancia de los taxones de macroinvertebrados acuáticos registrados en la subzona hidrográfica del rio Anamichú.*



Fuente: Autores (2022).

El diagrama de ordenación muestra una clara distinción en las relaciones entre estaciones, variables y géneros, siendo la estación que presenta un mayor número de asociaciones el río Blanco que se encuentra relacionada directa y positivamente con el ancho, profundidad y pH, esto se debe a que en este punto el rio es de porte mediano-bajo, siendo más estable a nivel físico, lo cual permite la colonización de una multitud de organismos, esto se evidencia en el diagrama donde la mayoría de los géneros se encuentran asociados a esta estación.

Por otro lado, las estaciones del rio Anamichú se encuentran asociados con variables como el oxígeno disuelto, profundidad y caudal, lo cual cobra sentido, ya que este rio es mucho más amplio, con una velocidad de corriente superior, lo cual limita la presencia de organismos y se evidencia en el diagrama por la baja cantidad de géneros que se encuentran asociados a estas estaciones.

41.3.2.7. Índice de calidad Ambiental BMWP/Col

Se determinó la calidad de agua basado en la cantidad de familias y el puntaje BMWP/Col, las estaciones de la subzona hidrográfica del rio Anamichú, exhiben un comportamiento homogéneo en cuanto al estado ecológico de sus aguas (**Tabla 596**).

En ambos muestreos se observa una calidad de agua aceptable en la mayoría de las estaciones, se observa una calidad de agua dudosa y critica en el primer muestreo que puede estar relacionado con el periodo de lluvia que se presento en la colecta, durante el cual el pulso de inundación juega un papel crucial sobre la distribución de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos.

Tabla 596. *Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica del rio Anamichú.*

Cuerpo de agua	BMWP/Col	Calidad	Clase	BMWP/Col	Clase	Calidad
Río Anamichú	58	Dudosa	III	64	Aceptable	II
Río Blanco	92	Aceptable	II	82	Aceptable	II
Río Anamichú	71	Aceptable	II	65	Aceptable	II
Río Blanco	33	Critica	IV	43	Dudosa	III

Fuente: Autores (2022).

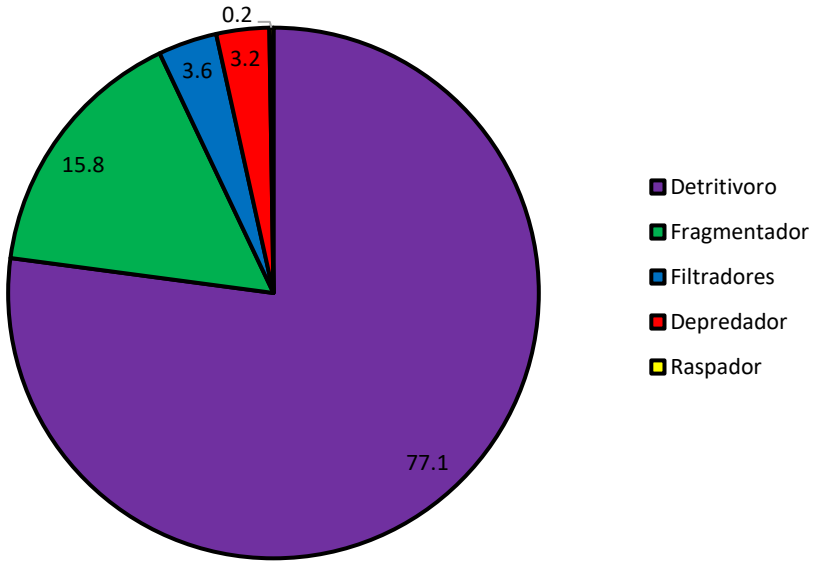
Las estaciones del río Blanco se ubican cerca del casco urbano de Rioblanco donde se evidencia el aporte de aguas con grandes cantidades de contaminantes, adicional a ello, aguas abajo se observa el aporte de gran cantidad de material sedimentario por parte de una quebrada al cauce del rio, el cual modifica completamente la coloración del rio y por ende algunas de la características físicas y químicas del cuerpo de agua esto conlleva a la homogenización y uniformidad de la comunidad de macroinvertebrados en estos puntos de monitoreo (Roldan y Ramírez, 2008).

Los datos obtenidos según el índice de bioindicación muestra que la calidad de agua está relacionada con las presiones naturales y antrópicas que son evidentes, se establece que la calidad de agua en los ecosistemas que componen la subzona es aceptable, que permiten el desarrollo de organismos bioindicadores como Perlidae (Roldan, 2003).

41.3.2.8. Gremios tróficos

Se identificaron cinco gremios tróficos de los cuales el Detritívoro fue el más abundante (77.1%), seguido de fragmentador (15.8%), filtrador (3.6%), depredador (3.2%) y raspador (0.2%) (**Figura 742**). La abundancia de estos gremios se relaciona con la cantidad de materiales que están ingresando a la corriente, estos detritos orgánicos provienen de actividades domésticas y agrícolas que proveen un abundante recurso que les permite prosperar (Sevilla y Villar, 2008).

Figura 742. *Distribución de los gremios tróficos de macroinvertebrados acuáticos de la subzona hidrográfica del río Anamichú.*



Fuente: Autores (2022).

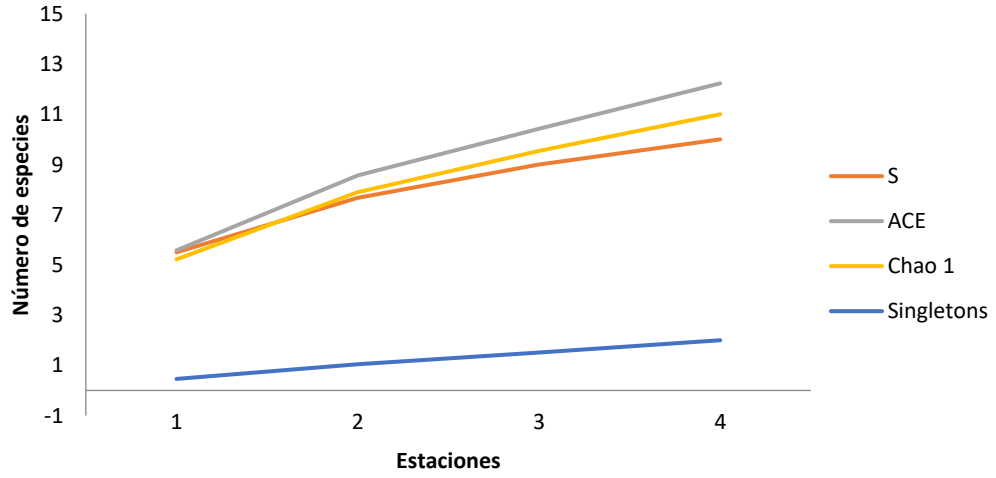
Los organismos fragmentadores tienen un flujo constante de alimento gracias al bosque ripario que aporta hojarasca continua al cuerpo de agua y el aumento en el número de filtradores se relaciona con el aumento de detritos, que, al volverse más finos, componen el principal alimento de este tipo de animales. Por otra parte, la poca abundancia de organismos depredadores puede estar relacionada con el crecimiento del caudal, estos animales deben buscar activamente su presa lo que supone mayor movilidad y por ende mayor probabilidad de ser arrastrados por la corriente, caso contrario que ocurre con los otros grupos que suelen establecerse fijos en un sustrato y limitan su movilidad (Hanson et al., 2010).

41.3.3. Ictiofauna

41.3.3.1. Representatividad

Las curvas de acumulación de especies muestras un incremento sucesivo a lo largo del muestreo realizado en la subzona hidrográfica del río Anamichú. Es así que el porcentaje de especies capturadas (S) fue alto. Según los estimadores de riqueza ACE y Chao 1, se evidencia que el número de especies observada (S = 10) corresponde al 83 % y 90 % de las especies esperadas, es decir, 12 y 11 especies, respectivamente. Las especies de una muestra con menos de 10 individuos pueden considerarse como raras. Tal es el caso de dos especies que fueron colectadas una sola vez (singletons) (Astroblepus homodon y Trichomycterus sp.2) (Colwell & Elsensohn, 2014). Por lo tanto, es posible utilizar los datos registrados para hacer comparaciones de diversidad y riqueza entre los cuerpos de agua, debido a que el porcentaje de representatividad de las especies de peces que se encuentran en el área de estudio fue relativamente alto (***Figura 743***).

Figura 743. *Curva de acumulación de especies ícticas en las estaciones de la subzona hidrográfica río Anamichú.*



Fuente: Autores (2022).

41.3.3.2. Composición

En la subzona hidrográfica del río Anamichú se colectaron 327 individuos, pertenecientes a 10 especies, distribuidas en dos órdenes y cuatro familias (**Tabla**

597). Con relación a los órdenes, Siluriformes con 7 spp. Registro la mayor riqueza, seguido de Characiformes con tres. Con relación a la abundancia de especies por familia, Characidae con 130 individuos registró la mayor abundancia, seguido de Astroblepidae con 111 individuos y Trichomycteridae con 82 individuos.

Tabla 597*. Composición íctica registrada en la subzona hidrográfica del río Anamichú*

Orden	Familia	Genero	Especie	Abundancia
Characiformes	Characidae	*Creagrutus*	*Creagrutus dulima*	17
			Creagrutus magdalenae	27
		Hemibrycon	*Hemibrycon sp. 2*	86
Siluriformes	Astroblepidae	*Astroblepus*	*Astroblepus grixalvii*	52
			Astroblepus homodon	7
			Astroblepus sp.	52
	Loricariidae	*Chaetostoma*	*Chaetostoma thomsoni*	4
	Trichomycteridae	*Trichomycterus*	*Trichomycterus sp.2*	1
			Trichomycterus banneaui	80
			Trichomycterus sp.1	1

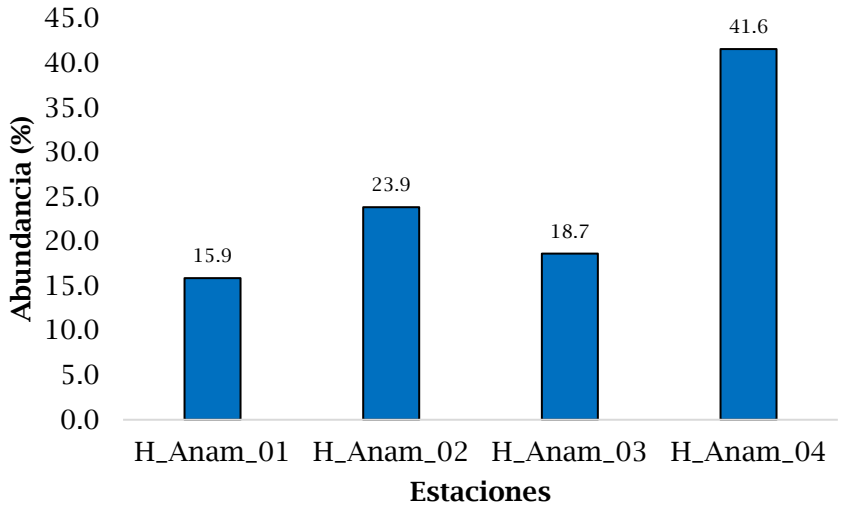
Con respecto a la abundancia de las especies, Hemibrycon sp.2 (AR= 26 %) fue la especie más dominante seguido de Trichomycterus banneaui (AR= 24 %), Astroblepus grixalvii (AR= 15 %) y Astroblepus sp. (AR= 15 %). Las demás especies registran abundancias relativas inferiores al 8 % y, adicionalmente, se registraron dos especies con un solo individuo, entre las que se mencionan Trichomycterus sp. Y Trichomycterus sp.2.

41.3.3.3. Distribución espacial

Con respecto a la distribución de las abundancias entre las estaciones evaluados, es posible observar que H-Anam-04 registró la mayor abundancia con AR= 41 %, seguido de H-Anam-02 con AR= 23 %, H-Anam-03 con AR= 18 % y H-Anam-01 con AR= 15 % (Figura 2). Es decir, las estaciones ubicadas cerca a desembocadura del rio Anamichu altos valores de abundancia fueron registrados (**Figura 744**).

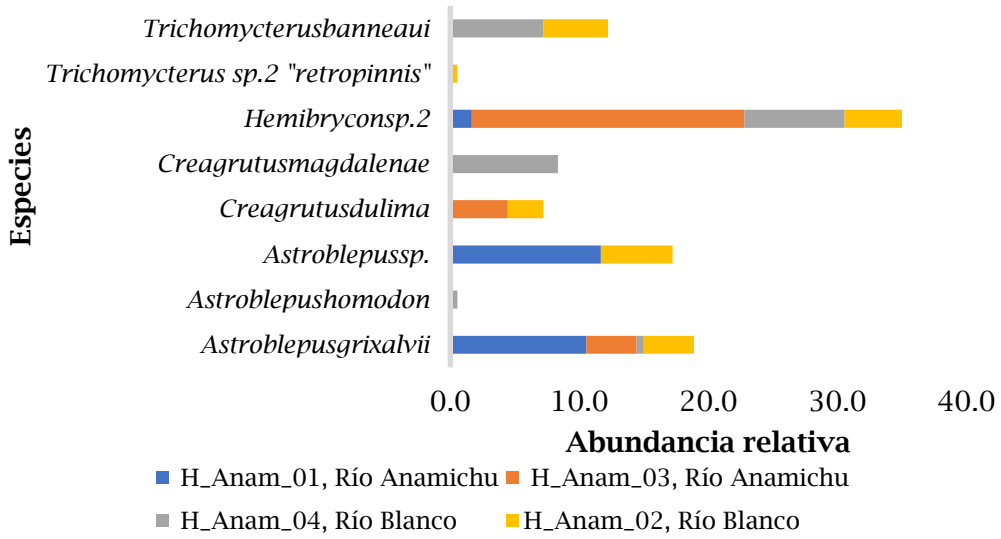
Por otro lado, en cuanto a la distribución espacial de las especies, es posible observar cuatro especies dominantes, *Hemibrycon* sp.2, *Astroblepus* sp., *Astroblepus grixalvii* y *Trichomycterus banneaui*, representando el 83 % de la abundancia total. Sin embargo, *Astroblepus* sp. Y *Trichomycterus banneaui* únicamente se registran en dos de las cuatro estaciones sobre la subzona hidrográfica del río Anamichú. En cambio, *Hemibrycon* sp.2 y *Astroblepus grixalvii* dos especies comunes se distribuyen a lo largo de las estaciones evaluadas. Y, tres especies (*Trichomycterus* sp.2, *Creagrutus magdalenae* y *Astroblepus homodon*), son exclusivas de al menos una estación (**Figura 745**).

Figura 744. *Abundancia relativa por estaciones de la subzona hidrográfica del río Anamichú.*



Fuente: Autores (2022).

Figura 745. *Abundancia relativa por especies de la subzona hidrográfica del río Anamichú.*



Fuente: Autores (2022).

Lo anterior refleja una evidente variación en la tolerancia y establecimiento diferencial de las especies registradas a lo largo del río Anamichú. Para el caso de las especies de presencia exclusivas el mantenimiento de condiciones óptimas con clave

para preservarlas. Por ejemplo, rápidos, remansos, cobertura vegetal riparia y heterogeneidad de sustratos son microhábitat y nichos de algunas de estas especies.

41.3.3.4. Diversidad

En cuanto a la diversidad de especies usando los números de Hill, se observó que la riqueza de especies (q=0) fue mayor en las estaciones ubicadas en H-Anam-02 Y H-Anam-04 con valores de riqueza entre 6 y 8 especies, respectivamente, seguido se encuentran las estaciones H-Anam-03 (5 spp.) y H-Anam-01 (3 spp.) (Figura 1). Con respecto al número de especies comunes (q=1) y número de especies dominantes (q=2), se observó una tendencia similar a la anteriormente mencionada, es así como las estaciones más diversas se observan en H-Anam-02, seguido de H-Anam-04 y finalmente H-Anam-01 y H-Anam-03 tiene valores similares de diversidad y son menos diversas (**Figura 746**).

Por ejemplo, con la medida de diversidad de orden 1 se encontró que la estaciones con mayores valores de diversidad se encuentran en H-Anam-02 y H-Anam-04 con una diversidad igual a la que tendría una comunidad teórica de 4,8 y 4,3 especies, donde todas ellas tuvieran la misma abundancia (Figura 1). Por su parte, las demás estaciones tienen una diversidad igual a la que tendría una comunidad de menos de 2,3 especies.

Al expresar estas equivalencias, se concluye que las estaciones H-Anam-02 del monitoreo es en promedio 1,3 veces más diversa en especies de peces que H-Anam-04 y a su vez 1,8 veces más diversa que las demás estaciones evaluadas. Lo anterior se soporta por medio de los intervalos de confianza y las curvas de rarefacción e interpolación, dado que no se observaron intervalos solapados entre las estaciones en estas relaciones, y por tanto se establecen diferencias significativas.

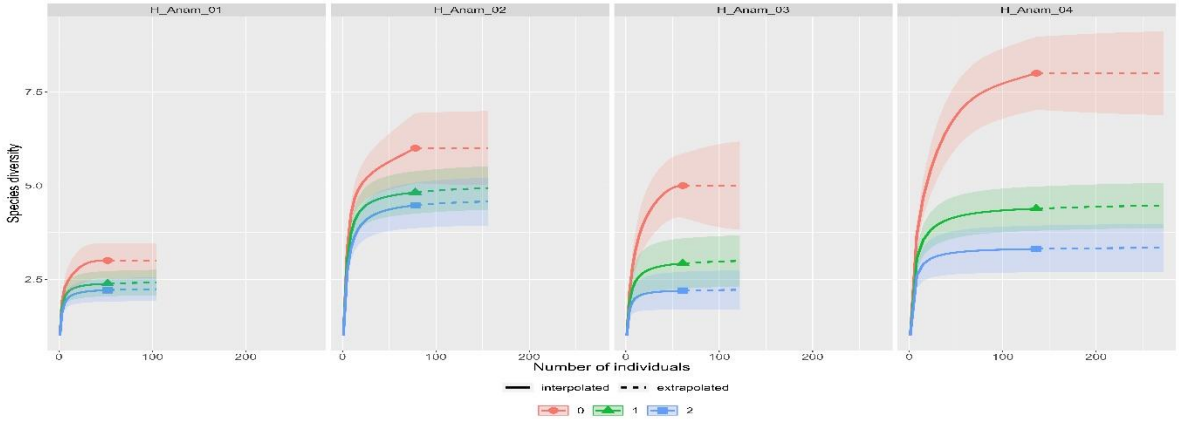


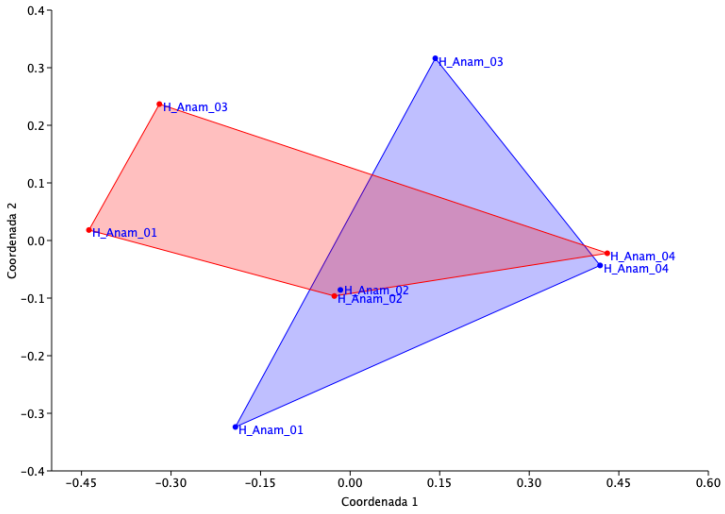
***Figura 746**. Diversidad Alfa en las estaciones de la subzona hidrográfica del río Anamichú*

Fuente: Autores (2022).

41.3.3.5. Ensamblaje

De acuerdo con los resultados obtenidos por el NMDs (Non-metric multidimensional scaling) (stress = 0.13), permitieron observar que existen diferencias en las abundancias de los ensamblajes de especies entre las estaciones evaluadas. Según el diagrama de ordenación, se observa que se H-Anam-03, H-Anam-01 son estaciones que se diferencian en su en composición y estructura. Es decir, la composición de algunas estaciones registra al menos una especie exclusiva o variaciones de la abundancia entre el ensamblaje (**Figura 747**).

Figura 747. *Diagrama de ordenación NMDS para las estaciones de la subzona hidrográfica del río Anamichú.*



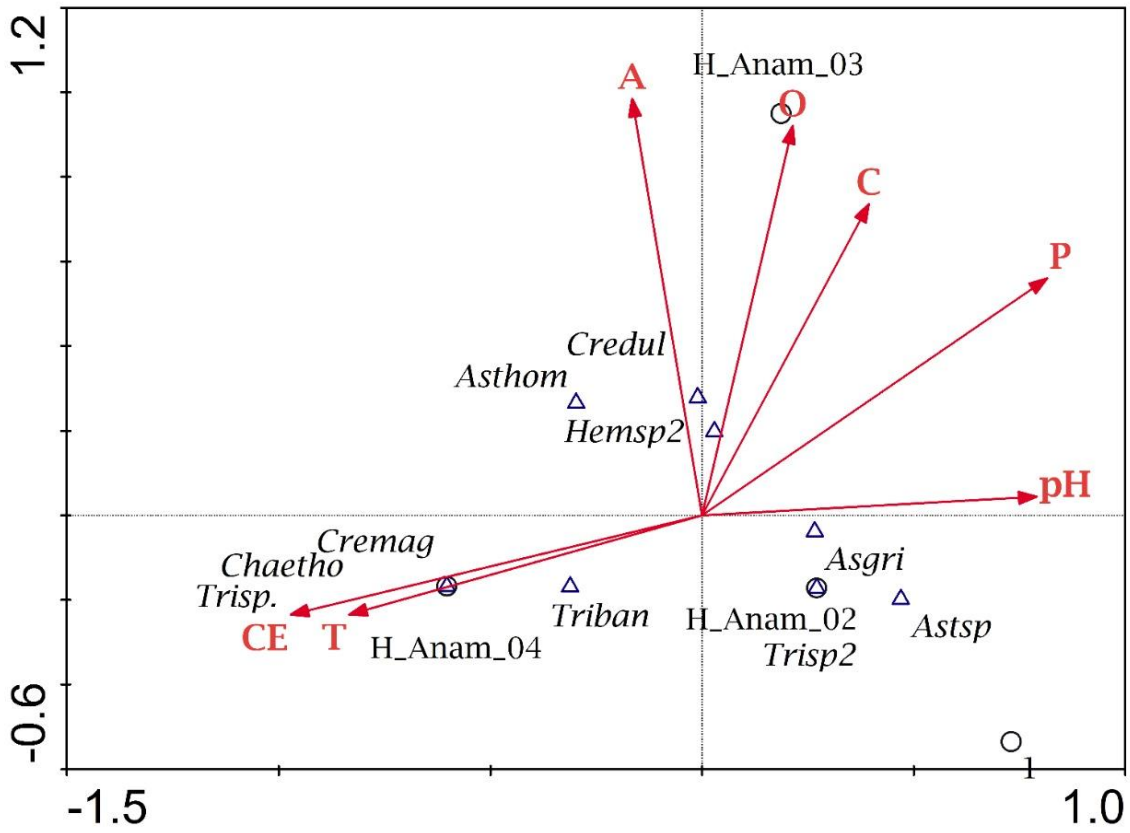
41.3.3.6. Relación con variables fisicoquímicas

En el análisis de correspondencia canónica En el análisis de correspondencia canónica (ACC) los dos primeros ejes explicaron el 86 % de la variación total de los datos. En el eje x, la conductividad eléctrica (CE) (P<0,05) influyó forma significativa en la composición y la estructura de la ictiofauna. Además, se asoció a la estación H-Anam-04 y las especies Astroblepus homodon y Creagrutus magdalenae. Esta variable se relaciona con el estado trófico de los ecosistemas acuáticos y se influencia principalmente con el contenido de iones (sólidos disueltos) y la temperatura y en algunos casos sus altos valores se asocian a presiones por intervención antrópica (**Figura 748**).

Por otro lado, en el eje y, el ancho (A) (p<0,05) se asoció positivamente con las estaciones H-Anam-03 y la especies *Creagrutus dulima*. Es decir, fue la estación con

mayor distancia entre orilla-orilla, con mayor velocidad y profundidad. La presencia de esta especie se explica porque hábitat zonas de rápidos y sustratos de roca. Microhábitat observado en esta estación.

Figura 748. *Análisis de Correspondencia Canónica para las variables fisicoquímicas y la abundancia de peces registrados en la subzona hidrográfica del rio Anamichú. Temperatura (T), Ancho (A), Profundidad (P), Caudal (C), pH, Oxígeno disuelto (O), Conductividad eléctrica (CE).*



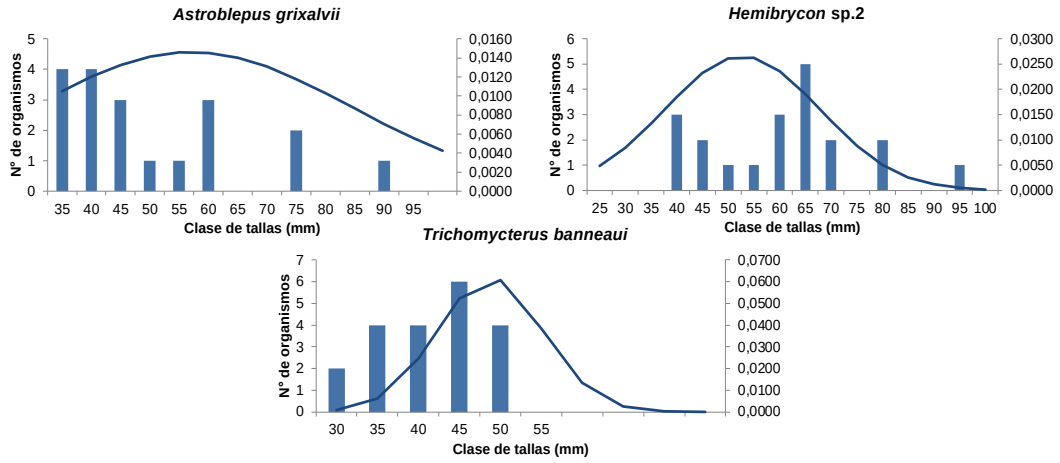
Fuente: Autores (2022).

41.3.3.7. Distribución de frecuencias de tallas

Se analizó un total de 60 individuos durante los monitoreos realizados en la subzona hidrográfica del río Anamichú, con una distribución de tallas cada 5 mm de longitud estándar (LE). Para *Astroblepus grixalvii*, se obtuvo valores de longitud y peso promedio de 52,1 mm LE y 6,4 g, respectivamente. *Hemibrycon* sp.2 registró valores promedios de longitud (57,7 mm) LE y peso (3,9 g). Y, *Trichomcyterus banneaui* con valores promedios de longitud (38,7 mm) y peso (0,51 g) (**Figura 749**).

En general, existen variaciones de clases de talla entre las especies estudiadas. Y se registraron juveniles y adultos. Para el caso de *Astroblepus grixalvii* la distribución de las tallas se ajustó a una distribución normal y se agruparon en ocho clases. Los individuos se distribuyen con mayor frecuencia en las tallas 35 y 40 mm es decir, juveniles. En cuanto a *Hemibrycon* sp.2, se registraron nueve clases de talla, siendo los tamaños de 50 y 60 mm más frecuentes. Finalmente, *Hemibrycon* sp.2 se agrupó en cinco clases, siendo la talla 45 (juveniles) la más frecuente. Esta información se corroboró examinando las gónadas de algunos individuos.

Figura 749. *Distribución de frecuencias de talla de las especies dominantes de la subzona hidrográfica del río Anamichú.*



Fuente: Autores (2022).

Lo anterior, aporta información valiosa para entender las dinámicas poblacionales que está relacionado con el mantenimiento de las especies. Es posible que algunos atributos del hábitat tales como refugios, alimentos, competencia, depredación, entre otros permitan estos procesos. El buen estado de una población consta de juveniles y adultos. Esta dinámica se relaciona con el reclutamiento, que varía a lo largo del tiempo. Estas oscilaciones en los patrones de asentamiento y reclutamiento pueden tener un fuerte componente estocástico (Doherty, 2002) o cambios en ciertas conductas reproductivas relacionadas con ciclos anuales o estacionales (Ault y Johnson, 1998).

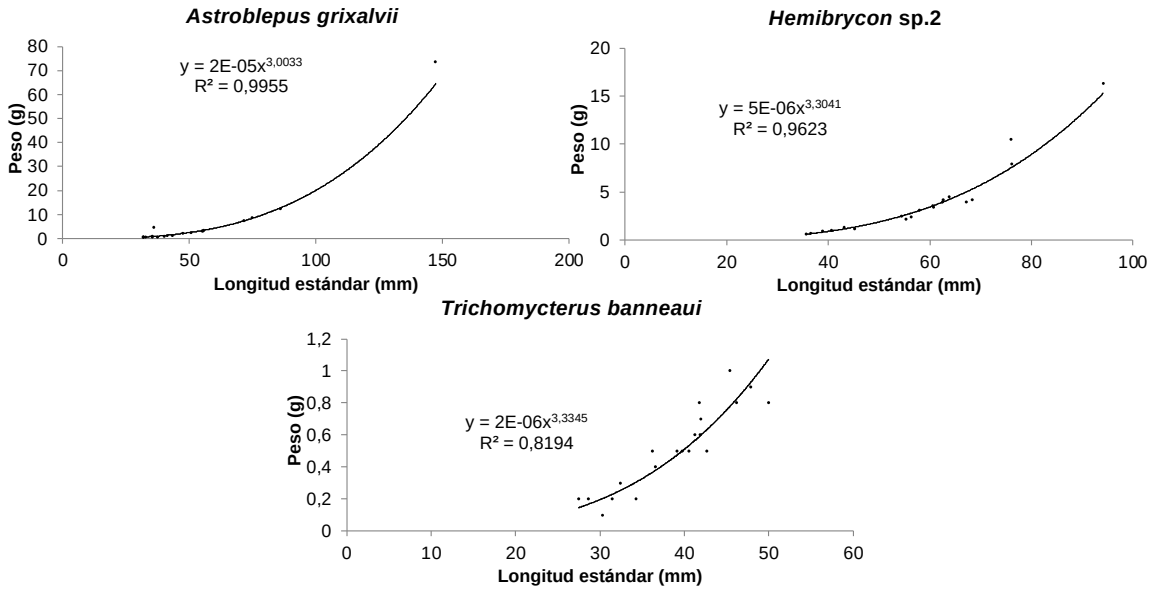
41.3.3.8. Relación longitud-peso

La relación longitud-peso y el factor de condición (K) son indicadores poblacionales o del bienestar de las especies, debido que proporcionan información sobre el estado nutricional, actividad reproductiva y crecimiento de las especies (Cifuentes et al.,

2012). Su uso, permite realizar comparaciones entre poblaciones y así crear modelos para predecir el comportamiento de poblaciones de interés (McCallum, 2000). Existen tres relaciones de crecimiento entre longitud y aumento de la masa de los peces (**Figura 750**).

Primera, la relación que mantendría un balance entre la longitud y el peso del individuo, población y/o especie sería igual a 3. Segunda, alométrico negativo (b < 3) peces delgados, posiblemente por condiciones adversas en el medio, gasto energético en reproducción o individuos jóvenes cuya inversión energética se prioriza en longitud y posteriormente en masa corporal. Y tercera, alométrico positivo (b > 3) indicarían un estado robusto del pez, lo cual podría obedecer a oferta alimenticia abundante o almacenamiento de energía previo a la época de reproducción (Le Cren, 1951). A continuación, se detallan los resultados de la relación longitud – peso de tres especies. En cuanto a la relación longitud y peso dado específicamente por los valores de coeficiente de crecimiento b permitiendo evaluar cualitativamente el grado de bienestar de las especies, reflejando las condiciones alimenticias recientes.

Figura 750. *Relación longitud – peso de las especies dominantes de la subzona hidrográfica del río Anamichú.*



Fuente: Autores (2022).

Para tres especies (*Astroblepus grixalvii* y *Trichomcyterus banneaui y Hemibrycon* sp.2) los valores del coeficiente de crecimiento b > 3, en ambos casos se muestra que la especie presenta un crecimiento alométrico positivo, es decir presenta un estado

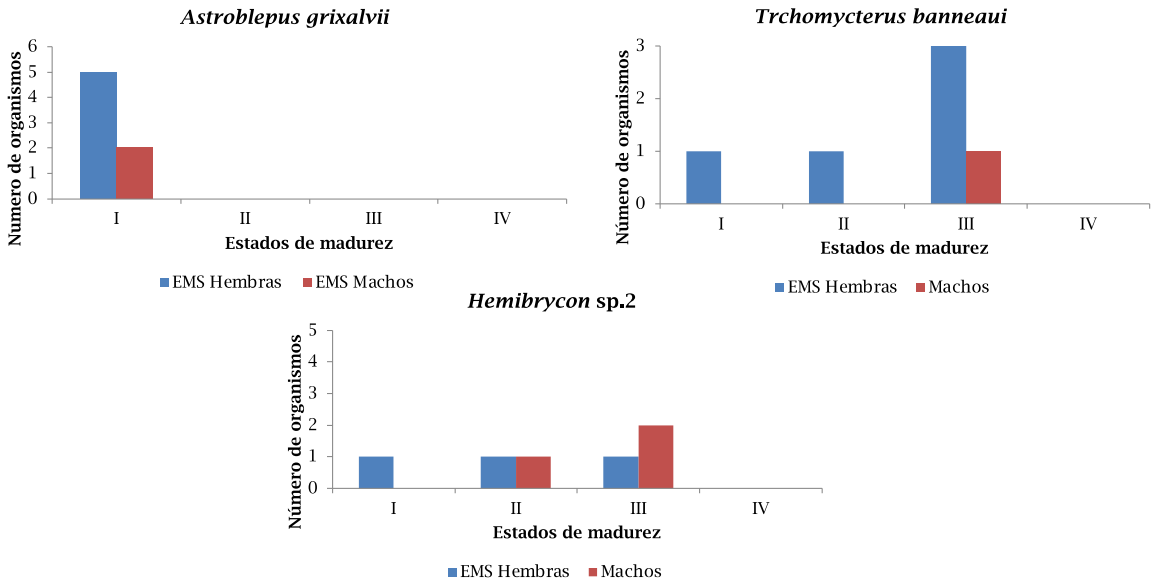
robusto, lo cual podría obedecer a oferta alimenticia abundante o almacenamiento de energía previo a la época de reproducción (Le Cren, 1951)

41.3.3.9. Estados de madurez gonadal

Con relación al análisis reproductivo, fueron analizados 19 individuos. En términos generales, las especies analizadas fueron mayoritariamente hembras inmaduras y en proceso de reproducción. Es decir, la mayoría de los individuos estuvieron en estado de madurez sexual EMS I y II es decir, en proceso de desarrollo gonadal.

Para el caso de *Astroblepus grixalvii* las especies analizadas estaban en proceso de desarrollo gonadal mientras las otras dos especies, algunos de sus individuos están en época reproductiva (**Figura 751**).

Figura 751. *Frecuencia relativa de los EMS para hembras y machos de las especies analizadas. I=inmaduro, II=madurando, III= maduro, IV en reposo de la subzona hidrográfica del río Anamichú.*



Fuente: Autores (2022).

41.3.3.10. Ecología trófica

Se analizaron 18 estómagos, de los cuales todos estuvieron llenos. El coeficiente de repleción fue de 1. En total, tres ítems (Ephemeroptera, Chironomidae y Ceratopogonidae) fueron considerados preferenciales y los restantes en correspondientes a grupos ocasionales o circunstanciales según (Yañez- Aranciba 1985, Lopez-Delgado, 2013). Es así, que basados en esta información y los resultados

de la clasificación de López-Delgado, 2013 podemos clasificar a las especies evaluadas como insectívoras (*Hemibrycon* sp.2), invertívora (*Astroblepus grixalvii)*).

El primer gremio trófico hace referencia a organismos que se alimentan de miembros de la clase Insecta en estado adulto dado los aportes alóctonos de la vegetación riparia. El segundo, son organismos que se alimentan preferencialmente de larvas de insectos acuáticos. En el caso de *T. banneui* fue posible observar que pocos ítems fueron encontrados para establecer un gremio trófico (**Figura 752**).

41.3.3.11. Especies de interés y categorías de amenaza

En términos generales, se observa que el 62 % de la ictiofauna de la subzona hidrográfica del río Anamichú son endémicas de Colombia. Asimismo, ninguna especie es usada para pesca u ornamental (**Tabla 598**). Por otro lado, cuatro especies son categorizadas en preocupación menor según UICN.

Figura 752. *Espectro trófico de Hemibrycon sp.2, Astroblepus grixalvii, Trichomycterus banneaui de la subzona hidrográfica del río Anamichú.*

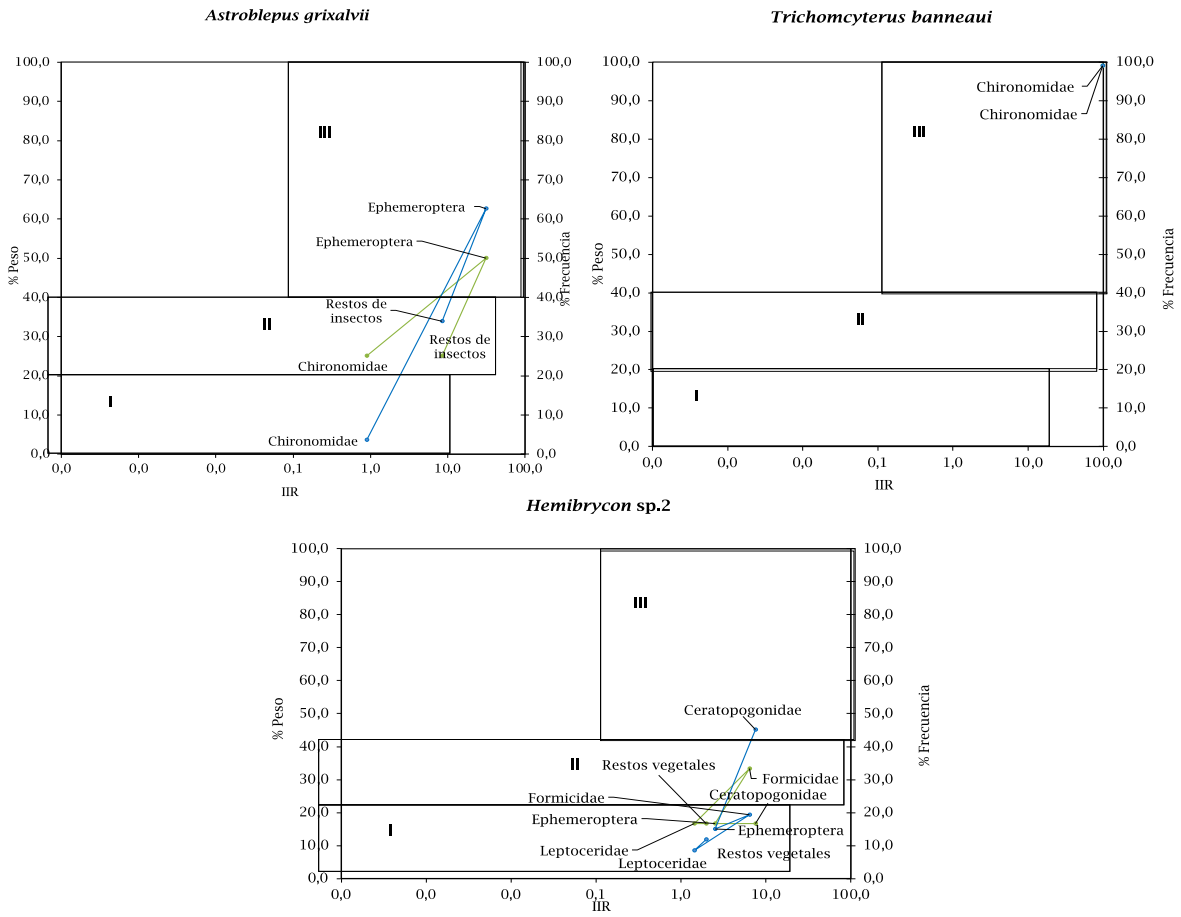


Tabla 598. *Especies de interés y categoría de amenaza de la subzona hidrográfica del río Anamichú.*

Especies	Endémica	Introducida	Migración	Usos	Categoría de amenaza	
					Libro Rojo de Peces de Colombia	UICN
Astroblepus grixalvii	*					LC
Astroblepus homodon	*					LC
Astroblepus sp.						
Creagrutus dulima	*					
Creagrutus magdalenae	*					LC
Hemibrycon sp.2						
Trichomycterus sp.2 "retropinnis"						
Trichomycterus banneaui	*					LC

Fuente: Autores (2022).

Es así, que el presente monitoreo de caracterización íctica esencialmente dirigido al cauce principal y tributarios a lo largo de un gradiente altitudinal y ambiental revela que el río Blanco son un importe hábitat para preservar y resguardar la diversidad de peces de la región.

De esta manera, los resultados son los datos de diversidad íctica más actualizados en la subzona hidrográfica del río Anamichú. Estudios anteriores (Garcia-Melo et al., 2008) sobre la cuenca, registran valores de riqueza de aproximadamente ocho especies. Valores idénticos al reportado en el presente estudio (8 spp). De las estaciones evaluadas, se registraron ocho especies, la cuales representan el 100 % de las especies del río Anamichú (Garcia-Melo et al., 2008) y 8 % del Alto Magdalena (García- Alzate, et al., 2020) y por tanto claves, en mantenimiento de la diversidad íctica.

Es así, que el presente monitoreo de caracterización íctica esencialmente dirigido al cauce principal y tributario a lo largo de un gradiente altitudinal y ambiental revela que es una importante subzona hidrográfica para preservar y resguardar la diversidad de peces de la región.

En cuanto a la composición taxonómica registrada para el área de estudio, los órdenes con mayor abundancia y riqueza Siluriformes (AR= 49 %), con cinco especies

registró la mayor riqueza, seguido de Characiformes (AR= 50 %) con tres siendo un patrón, también encontrado en ensamblajes de peces en la cuenca del río Magdalena (Villa et al., 2003, Poveda-Cuellar, 2021).

Por otra parte, el muestreo abarcó dos biomas diferentes, Bosque seco Tropical y Bosque Húmedo Premontano y, no hubo una diferencia clara en composición y estructura de las estaciones ubicadas aproximadamente a 1200 m s.n.m (Bosque Húmedo Premontano) y las demás estaciones ubicadas en zonas bajas (<1000 m s.n.m). Es así que podemos señalar que no existe un efecto de la elevación sobre la composición de la ictiofauna, clave para entender los patrones de diversidad

Con relación a la diversidad de peces asociado a las estaciones de muestreo es necesario hacer énfasis sobre la combinación de atributos físicos (i.e., velocidad del agua, profundidad, sustratos y vegetación riparia) en la selección de especies con adaptaciones locales. Por ejemplo, la cobertura vegetal riparia provee material alóctono, semillas e insectos, que son fuente potencial de alimento de especies de Characidos (p.e., *Creagrutus* spp.). Además, sustratos de roca y aguas rápidas son hábitats preferenciales de *Astrobepus* spp. Debido que poseen estructuras especializadas para sujetarse como lo son disco oral en forma de ventosa, músculos pélvicos y pectorales desarrollados (Poveda-Cuellar et al., 2021). Así, el principal problema reconocido en estos sistemas lóticos es la degradación física del hábitat asociada a la homogenización de hábitats, sustratos, contaminación por plásticos y aguas domésticas y reducción en columna de agua.

Finalmente, encontramos que los peces del río Anamichú se encuentran mayoritariamente en rápidos y sustratos arenoso y rocosos como es el caso de *Trichomcyterus* spp. y *Hemibrycon* sp.2. Las primeras se observaron en microhábitat de remansos en fondos de arena y los segundos asociados a coberturas vegetales riparia que favorecen alimento en forma de semillas, insectos y hojas.

Adicionalmente, se refleja la necesidad de ampliar los inventarios ictiológicos hacia otros tipos de hábitats, preferentemente zonas sin muestreos previos, tales como quebradas, pues como que son un lugar clave para la conservación debido que resguardan una diversidad única de peces. Así mismo, estudios bioecológicos en especies ornamentales, exclusivas o comunes son fundamentales para entender la dinámica de las poblaciones en el río.

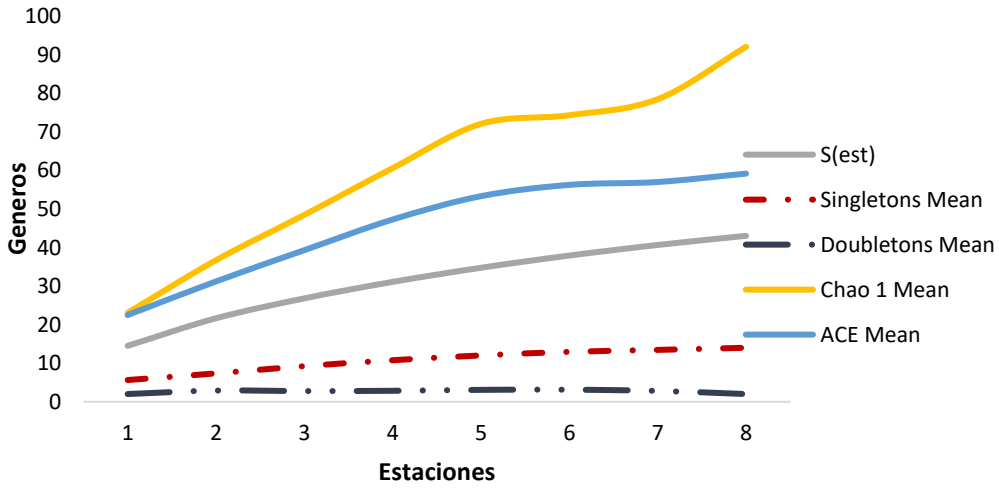
41.4. Subzona hidrográfica del río Amoyá.

41.4.1. Perifiton

41.4.1.1. Representatividad

Con respecto a los estimadores de riqueza se registró un número total de 43 géneros observados (Sobs) en las ocho estaciones evaluadas, estas especies representan el 72.73% de las esperadas teniendo en cuenta el estimador de riqueza ACE y el 62 % para Chao 1. Se estima un potencial máximo de 91 géneros (**Figura *753***).

Figura 753. *Curva de acumulación de la comunidad perifítica en la subzona hidrográfica del Río Alto Amoyá.*



De acuerdo con los resultados de los estimadores de riqueza se registró una cantidad muy inferior a lo esperado durante los periodos de muestreo, lo que permite establecer que, para esta subzona hidrográfica, se debe incrementar el esfuerzo de muestreo, ya sea en un mayor número de estaciones distribuidas en la subzona o replicas en el tiempo. Esto se observa además en la curva de acumulación de especies en la cual se evidencia que hace falta esfuerzo para llegar a la asíntota

41.4.1.2. Composición

Se colectaron 1440 individuos/mm2 distribuidos en seis filos, ocho clases, 21 órdenes, 31 familias y 43 géneros (**Tabla *599***).

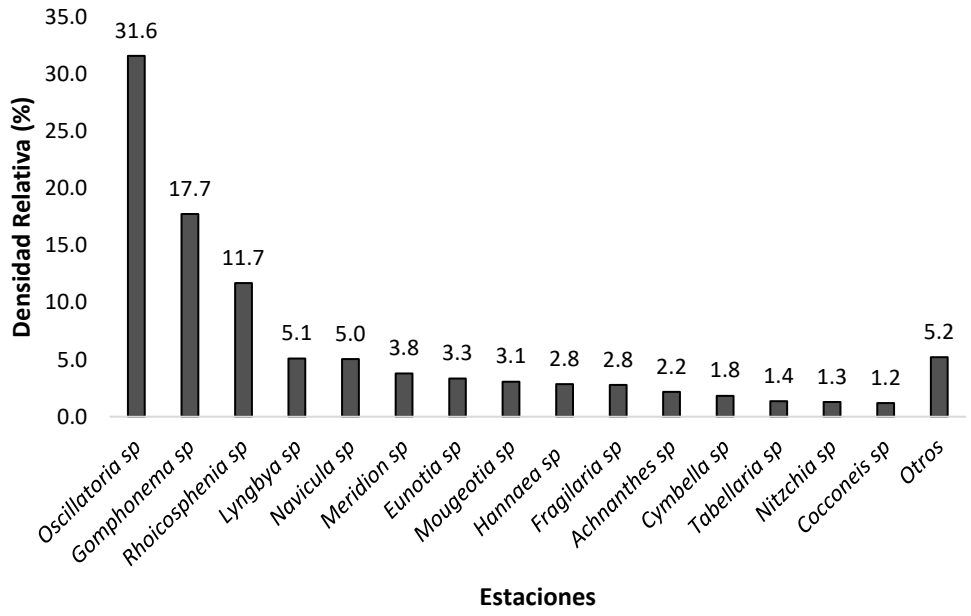
Tabla 599. Composición de la comunidad perifítica registrada en la subzona hidrográfica del Río Alto Amoyá.

Filo	Clase	Orden	Familia	Especie	Densidad Ind/mm2
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Achnanthales	Achnanthaceae	*Achnanthes sp*	31.3

		Bacillariales	Bacillariaceae	*Hantzschia sp*	7.5
				Nitzchia sp	18.3
		Cocconeidales	Cocconeidaceae	*Cocconeis sp*	17.3
		Cymbellales	Cymbellaceae	*Cymbella sp*	26.4
				Pinnularia sp	3.3
			Gomphonemataceae	*Encyonema sp*	6.7
				Gomphonema sp	255.4
			Rhoicospheniaceae	*Rhoicosphenia sp*	168.4
		Eunotiales	Eunotiaceae	*Eunotia sp*	48.0
		Fragilariales	Fragilariaceae	*Fragilaria sp*	40.0
				Synedra sp	5.1
		Licmophorales	Ulnariaceae	*Hannaea sp*	41.0
				Ulnaria sp	1.2
		Mastogloiales	Achnanthaceae	*Achnanthidium sp*	1.2
		Naviculales	Amphipleuraceae	*Frustulia sp*	2.2
			Diploneidaceae	*Diploneis sp*	1.1
			Naviculaceae	*Caloneis sp*	1.1
				Gyrosigma sp	2.1
				Hippodonta sp	1.0
				Navicula sp	72.6
			Stauroneidaceae	*Stauroneis sp*	3.3
		Rhabdonematales	Tabellariaceae	*Asterionella sp*	1.1
				Meridion sp	54.6
				Tabellaria sp	19.6
		Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	*Rhopalodia sp*	1.2
		Surirellales	Surirellaceae	*Surirella sp*	1.2
	Coscinodiscophyceae	Melosirales	Melosiraceae	*Melosira sp*	3.1
	Mediophyceae	Eupodiscales	Eupodiscaceae	*Pleurosira sp*	4.9
Charophyta	Zygnematophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	*Mougeotia sp*	44.1
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	*Coelastrum sp*	3.5
			Selenastraceae	*Monoraphidium sp*	3.2
			Treubariaceae	*Treubaria sp*	1.1
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocales	Nostocaceae	*Anabaena sp*	3.3
		Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	*Lyngbya sp*	73.2
				Oscillatoria sp	454.5
				Phormidium sp	4.6
		Spirulinales	Spirulinaceae	*Spirulina sp*	1.2
Euglenozoa	Euglenophyceae	Euglenida	Euglenidae	*Trachelomonas sp*	1.3
			Eugleninae	*Euglena sp*	1.0
Protozoa	Lobosa	Arcellinida	Arcellidae	*Arcella sp*	1.2
			Centropyxidae	*Centropyxis sp*	1.3
			Difflugiidae	*Difflugia sp*	5.9

A nivel de clase, presentaron mayor abundancia Bacillariophyceae con 832 individuos/mm2, seguida de la clase Cyanophyceae con 537 individuos/mm2. La clase más abundante se les conoce como diatomeas, estas son comunes en ecosistemas lóticos como: ríos, riachuelos y pequeños arroyos, debido a que pueden generar estructuras mucilaginosas que les permiten adherirse a las rocas y troncos (Pinilla, 1998; Ramírez & Viña, 1998; Ramírez, 2000; Martínez & Donato, 2003). La segunda clase más abundante, conocidas como cianobacterias son características de ambientes enriquecidos en nutrientes y con altas descargar de aguas residuales (**Figura 754**).

Figura 754. *Densidad relativa de los géneros más abundantes colectados en la subzona hidrográfica del Río Amoyá.*



Como se mencionó anteriormente, la presencia de estos organismos está asociada a cuerpos de agua con altas cargas de nutrientes. Con relación a los órdenes, Oscillatoriales, fue el más abundante con el 40% de la densidad total, estos organismos pertenecen a la clase Cyanophyceae, y son indicativos de aguas con altas cargas de materias orgánicas y nutrientes que permiten que los organismos de este orden incrementen sus densidades rápidamente (Ramírez 2000).

41.4.1.3. Distribución espacial

Se evaluaron ocho estaciones de muestreo, de las cuales la mayor densidad fue registrada en H_Amoy_01 (Río Amoya) con un 49.8%, seguida por la estación H_Amoy_04 (Río Ambeima) con 18.7%. Las estaciones H_Amoy_02 (Río Davis) y H_Amoy_08 (Q. El Neme) registraron los valores más bajos de densidad (**Figura *755***).

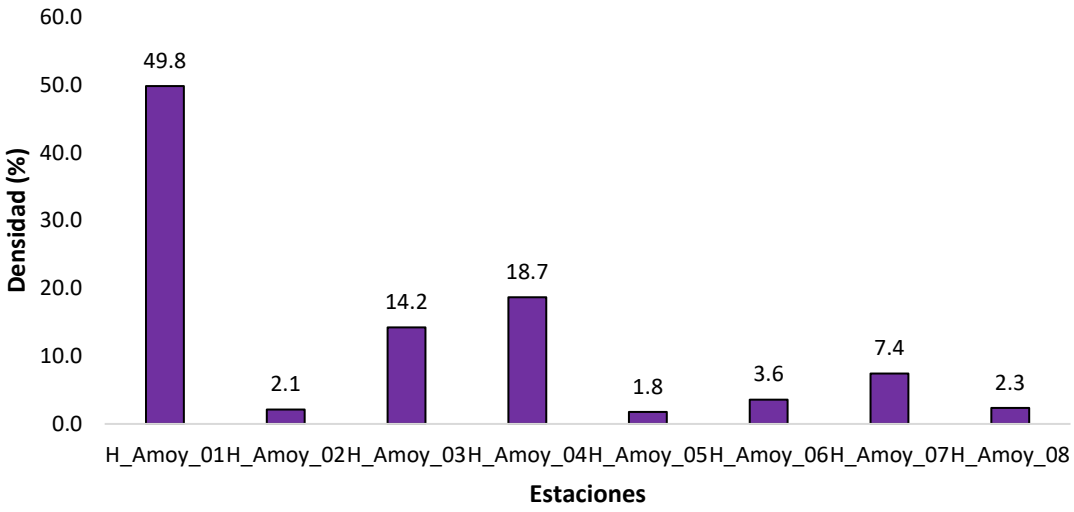


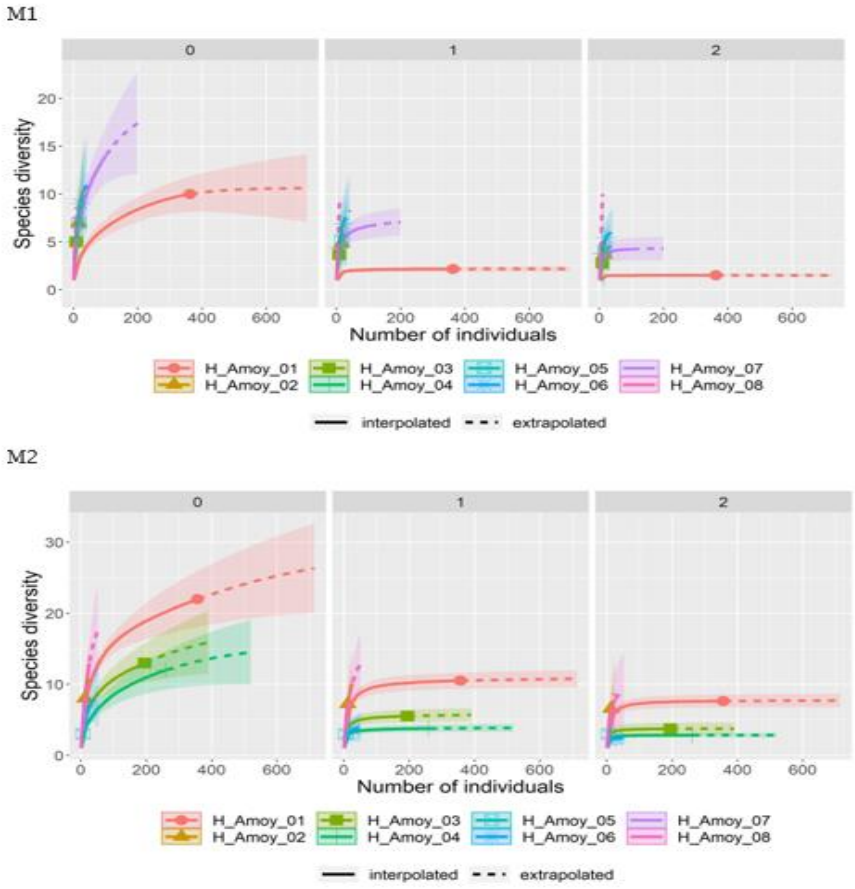
***Figura 755**. Densidad relativa por estaciones de la subzona hidrográfica Río Amoyá.*

41.4.1.4. Diversidad

Para el muestreo M1, a partir de la extrapolación del número de especies teniendo en cuenta la riqueza especifica (0D), número de especies típicas (1D) y especies dominantes (2D), se determinó que la estación H_Amoy_01 (Río Amoya), fue significativamente menos diversa que las demás estaciones evaluadas. Esto se debe a que en esta estación el taxon *Oscillatoria* sp registró una densidad muy alta, lo que lo convierte en una especie dominante, esto posiblemente a altas cargas de materia orgánica en este cuerpo de agua. Las estaciones restantes registraron valores de diversidad más altos y no fueron significativamente diferentes entre sí (**Figura 756**).

Para el segundo muestreo la diversidad cambio drásticamente, las estaciones H_Amoy_01 (Río Amoya) y H_Amoy_08 (Q. El Neme) registraron el mayor numero de especies efectivas teniendo en cuenta la riqueza especifica (0D), número de especies típicas (1D) y especies dominantes (2D). Las estaciones H_Amoy_04 (Río Ambeima) y H_Amoy_03 (Río Amoya) fueron significativamente menos diversas. No es posible establecer una periodicidad o patron en la diversidad, dado que en ambas temporadas se presentaron lluvias que modificaron el caudal y por consiguiente afectan a distribución de los organismos que componen la comunidad (Umaña et al., 2020), Sin embargo se observa un leve incremento en el numero de especies para el segundo muestreo correspondiente a la época de lluvias.

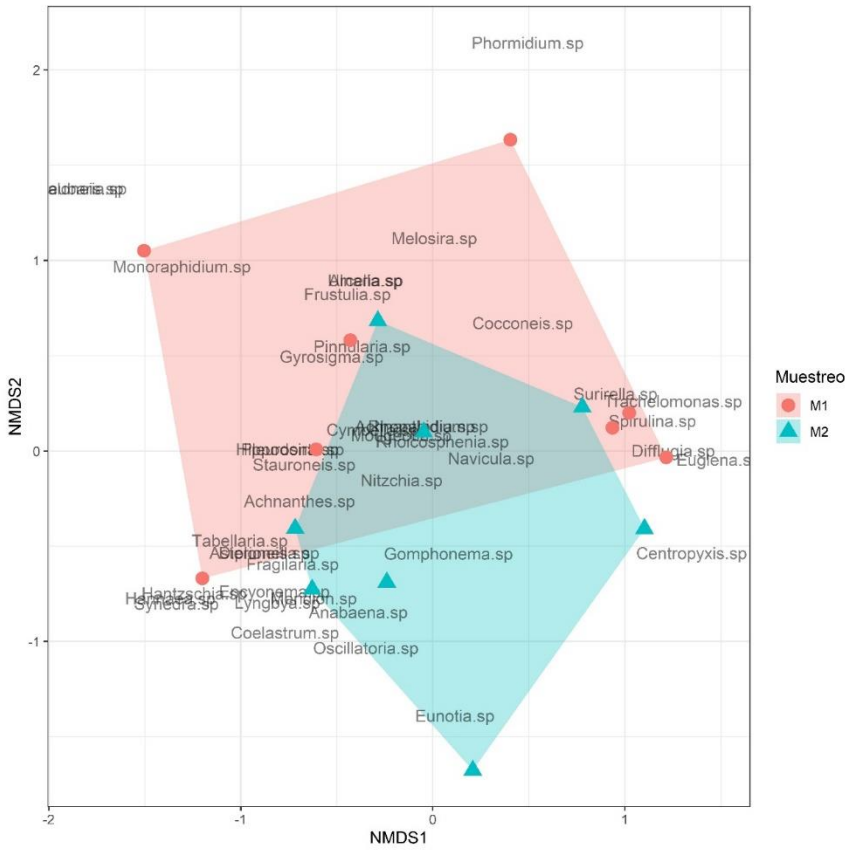
Figura 756. *Diversidad Alfa en las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Amoyá. 0=Riqueza especifica, 1= Exponente de Shannon y 2= Inverso de Simpson*



41.4.1.5. Ensamblaje

Los resultados del escalamiento no métrico multidimensional (EMNM), permitieron evidenciar que las estaciones H_Amoy_04, H_ Amoy_03 Y H_ Amoy_08 presentan una composición y/o taxones característicos, debido a que todas se separaron de las restantes en el diagrama de ordenación. La primera se caracterizó por la presencia de Treubaria sp y Monoraphidium sp, la segunda por taxones como Phormidium sp y Melosira sp y la última, por taxones como Euglena sp y Difflugia sp. Estos últimos asociados aguas con altas cargas de materia orgánica (**Figura *757***). Los resultados del análisis NMDS teniendo en cuenta la presencia de los géneros (Jaccard) en cada una de las estaciones, no muestra agrupamientos definidos para los dos periodos de muestreo (M1:Rojo y M2: Azul) (Stress = 0,2). Al realizar la prueba estadística ANOSIM entre los grupos analizados, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas (p= 0,5).

Figura 757. *Diagrama de ordenación NMDS para las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Amoyá.*

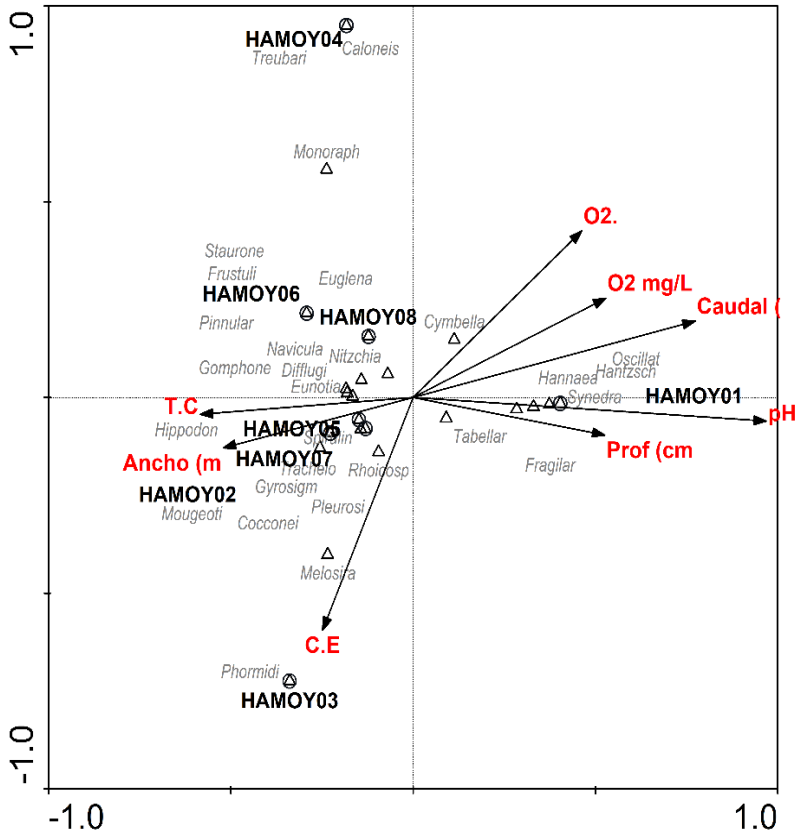


41.4.1.6. Relación con variables fisicoquímicas

Según los resultados del análisis de correspondencia canónica (ACC), ninguna de las variables evaluadas influyó de manera significativa en la distribución de los taxones de la comunidad perifítica (p >0,005). Sin embargo, vale la pena resaltar que, en el diagrama de ordenación, se observó una separación clara en las estaciones H_Amoy_01 y H_ Amoy_03 (**Figura 758**).

La estación H_ Amoy_01, se separó de las restantes, por valores elevados de pH, profundidad, caudal, oxígeno disuelto y porcentaje de saturación de oxígeno. En esta, se registraron taxones como: *Oscillatoria* sp, *Hantzchia* sp, *Fragilaria* sp, *Hannaea* sp y *Tabellaria* sp, los cuáles posiblemente podrían estar relacionados con estas variables. La estación H_ Amoy_03, se caracterizó por valores elevados de conductividad electrica y taxones como *Phormidium* sp. Las estaciones H_ Amoy_02, H_ Amoy_07 Y H_ Amoy_05 registraron valores elevados de conductividad eléctrica, temperatura y ancho, las cuales se asociaron con taxones como *Phormidium* sp, *Melosira* sp, *Mougeotia* sp, *Gyrosigma* sp y *Pleurosira* sp

Figura 758. Análisis de Correspondencia Canónica para las variables fisicoquímicas y la abundancia de los taxones de la comunidad perifítica registradas en la subzona hidrográfica del Río Amoyá.



41.4.1.7. Índice diatómico genérico (IDG)

Según los resultados del índice Diatómico Genérico (IDG) a nivel general, las estaciones evaluadas presentaron un nivel de contaminación muy alto a alto Durante el muestreo M1 todas las estaciones presentaron un nivel de contaminación muy alto, el cual disminuyo a alto durante el segundo muestreo de lluvias altas. Esto posiblemente se relaciona con las lluvias que generan un efecto de dilución en los cuerpos de agua mejorando temporalmente las condiciones de estos (**Tabla *600***).

Tabla 600. Índice diatómico genérico de las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Amoyá.

Cuerpo de agua	IDGM1	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica	IDGM2	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica
H_Amoy_01	1.70	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.29	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	

H_Amoy_02	1.19	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.88	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Amoy_03	1.26	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.67	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Amoy_04	1.02	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.68	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Amoy_05	1.23	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.92	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Amoy_06	1.26	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.87	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Amoy_07	1.73	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.81	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Amoy_08	1.05	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.84	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	

41.4.2. Macroinvertebrados acuáticos

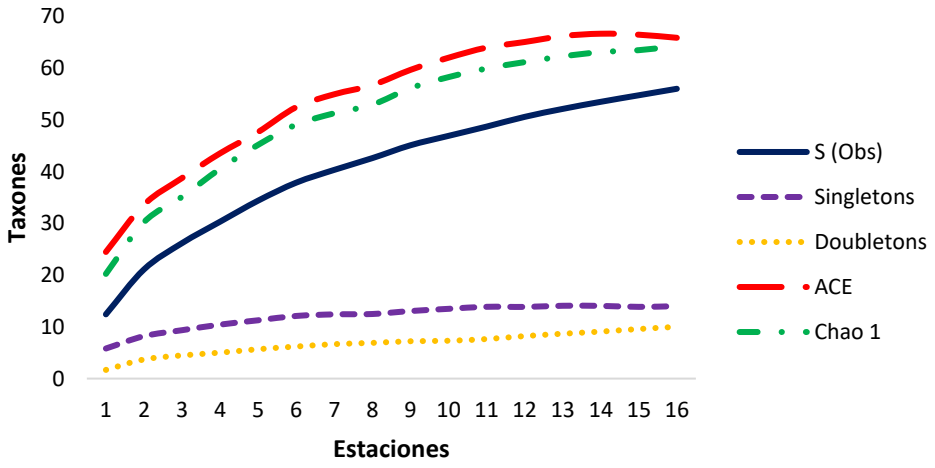
41.4.2.1. Representatividad.

Con respecto a los estimadores de riqueza se registró un número total de 56 géneros observados (Sobs) en las 16 estaciones evaluadas (ocho en la subzona durante dos temporadas) para un total de 64 muestras que corresponden al 85% del valor esperado con el estimador de riqueza ACE y el 87.1% para Chao 1. Se estima un potencial máximo de 65 géneros (**Figura 759**).

Según los estimadores de riqueza se alcanzó una alta cantidad de taxones según lo que podría hallarse en esta subzona hidrográfica, en estos cuerpos de agua se observa una mayor conservación en las zonas altas, ya que se encuentran aislados de centros poblados y varios de sus tributarios son quebradas de porte medio que son ideales para el desarrollo de las poblaciones de macroinvertebrados acuáticos. Sin embargo, cabe resaltar que existe un muro de captación en la zona alta, además de un túnel de descarga que modifica la dinámica natural del ecosistema y que incide en la deriva y distribución de los organismos (Perez et al., 2020). No obstante, las condiciones ecológicas parecen ser las adecuadas para el desarrollo de la comunidad, sin embargo,

se observaron varios eventos naturales y artificiales que fungen como disturbios que pueden tener impactos sobre las poblaciones, además a pesar de la alta representatividad lograda se requieren más muestreos para comprender la dinámica de esta biota en esta subzona hidrográfica (Tamariz et al., 2013).

Figura 759. *Curva de acumulación de Macroinvertebrados acuáticos colectados en la subzona hidrográfica del río Amoyá.*



Fuente: Autores (2022)

41.4.2.2. Composición

Se colectaron 1060 organismos distribuidos en dos filos, dos clases, nueve órdenes, 34 familias y 56 géneros (**Tabla 601**).

Tabla 601. *Composición de los macroinvertebrados acuáticos registrados en la subzona hidrográfica del río Amoyá.*

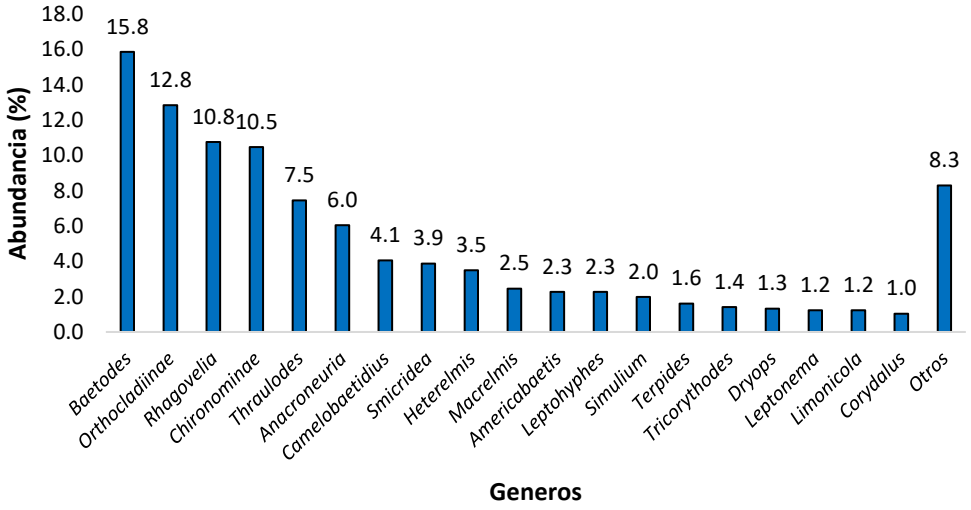
Filo	Clase	Orden	Familia	Genero	Abundancia
Annelida	Clitellata	Tubificida	Naididae	*Tubifex*	3
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Dryopidae	*Dryops*	14
			Elmidae	*Cylloepus*	3
				Heterelmis	37
				Macrelmis	26
				Microcylloepus	4
				Phanocerus	5
				Xenelmis	1
			Hydrophilidae	*Crenitulus*	4
			Lutrochidae	*Lutrochus*	1
			Psephenidae	*Psephenops*	1

Filo	Clase	Orden	Familia	Genero	Abundancia
			Staphylinidae	*Bledius*	1
		Diptera	Blephariceridae	*Limonicola*	13
			Ceratopogonidae	*Alluaudomyia*	2
				Atrichopogon	1
			Chironomidae	Chironominae	111
				Orthocladiinae	136
				Tanypodinae	6
			Empididae	*Chelifera*	1
				Hemerodromia	2
			Psychodidae	*Maruina*	2
			Sciomyzidae	Sciomyzidae sp.	1
			Simuliidae	*Simulium*	21
			Tabanidae	*Chrysops*	1
				Tabanus	4
			Tipulidae	*Hexatoma*	3
				Limonia	4
				Molophilus	6
		Ephemeroptera	Baetidae	*Americabaetis*	24
				Baetodes	168
				Camelobaetidius	43
			Leptohyphidae	*Allenhyphes*	2
				Leptohyphes	24
				Tricorythodes	15
			Leptophlebiidae	*Hydrosmilodon*	1
				Terpides	17
				Thraulodes	79
			Oligoneuriidae	*Lachlania*	2
		Hemiptera	Gerridae	*Limnogonus*	2
				Trepobatoides	2
			Mesoveliidae	*Mesovelia*	2
			Naucoridae	*Limnocoris*	4
			Veliidae	*Rhagovelia*	114
		Megaloptera	Corydalidae	*Corydalus*	11
		Odonata	Calopterygidae	*Heterina*	1
			Libellulidae	*Macrothemis*	1
		Plecoptera	Perlidae	*Anacroneuria*	64
		Trichoptera	Glossosomatidae	*Culoptila*	2
			Hydrobiosidae	*Atopsyche*	1
			Hydropsychidae	*Leptonema*	13
				Smicridea	41
			Hydroptilidae	*Hydroptila*	1
				Leucotrichia	2

Filo	Clase	Orden	Familia	Genero	Abundancia
			Leptoceridae	*Atanatolica*	5
				Grumichella	1
			Philopotamidae	*Chimarra*	4

A nivel de orden, los que tuvieron mayor abundancia fueron Ephemeroptera con 375 organismos (35.4%), Diptera con 314 organismos (29.6%) y Hemíptera con 124 organismos (11.7%). Los patrones de abundancia de los órdenes difieren a lo registrado en esta misma cuenca hidrográfica, en especial por la presencia de hemipteros, esto se debe a que este río es particularmente grande con amplio caudal y poca variabilidad de hábitat en la zona media y baja (Reinoso et al., 2009) sin embargo no se aleja de la estructura exhibida por este grupo faunístico en ecosistemas andinos (Vásquez y Reinoso, 2012).

Figura 760. *Abundancia relativa de los géneros más abundantes colectados en la subzona hidrográfica del río Amoyá.*



Fuente: Autores (2022).

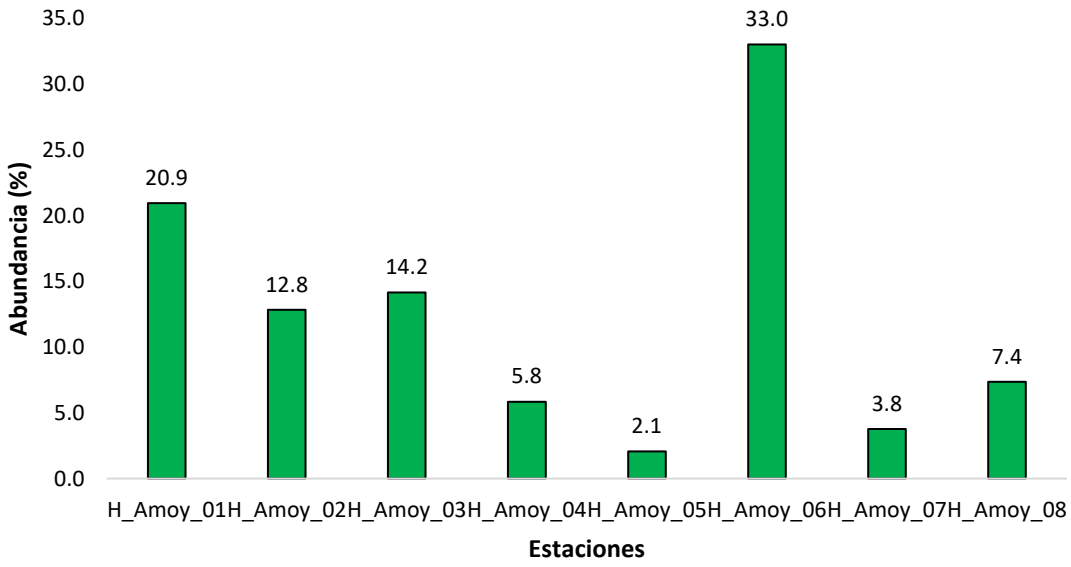
En cuanto a familias, las más abundantes fueron Chironomidae (23.8%), Baetidae (21.1%) y Veliidae (10.7%) mientras que Leptoceridae, Tabanidae, Gerridae, Hydrophilidae, Naucoridae, Philopotamidae, Ceratopogonidae, Empididae, Hydroptilidae, Naididae, Glossosomatidae, Mesoveliidae, Oligoneuriidae, Psychodidae, Calopterygidae, Hydrobiosidae, Libellulidae, Lutrochidae, Psephenidae, Sciomyzidae y Staphylinidae presentaron la menor abundancia (>1%). A nivel de géneros, los más abundantes fueron Baetodes (15.8%) y Orthocladiinae sp (12.8%). De los 56 géneros registrados 36 de ellos registran un valor inferior al 1%, estos son Tanypodinae sp, *Atanatolica, Phanocerus, Chimarra, Crenitulus, Limnocoris, Limonia, Microcylloepus,*

Tabanus, Cylloepus, Hexatoma, Tubifex, Allenhyphes, Alluaudomyia, Culoptila, Hemerodromia, Lachlania, Leucotrichia, Limnogonus, Maruina, Mesovelia, Trepobatoides, Atopsyche, Atrichopogon, Bledius, Chelifera, Chrysops, Grumichella, Heterina, Hydroptila, Hydrosmilodon, Lutrochus, Macrothemis, Psephenops, Sciomyzidae sp y *Xenelmis* (**Figura 760**).

41.4.2.3. Distribución espacial

Se establecieron ocho estaciones de muestreo, cuatro en el cauce principal del rio y cuatro en los tributarios (río Davis, río Ambeima, quebrada Tuluni y quebrada Neme). La quebrada Tuluni (H_Amoy_06) registro la mayor abundancia con el 33%, seguido del río Amoyá (H_Amoy_01) con el 20.9%. Por el contrario, la estación con menor abundancia fue río Amoyá (H_Amoy_05) con el 2.1% (**Figura 761**).

Figura 761. *Abundancia relativa por estaciones de la subzona hidrográfica del río Amoyá.*



Fuente: Autores (2022).

Las estaciones del rio Amoyá y tributarios presentan diferencia a nivel de abundancia principalmente en las estaciones de las zonas altas y las de las zonas bajas, lo cual implica que en cada zona evaluada existen condiciones ambientales diferentes que permiten cambios en la composición de la comunidad, de este modo se observa que existen afectaciones naturales y artificiales que afectan la organización de los organismos. Se observa que los tributarios como el rio Davis (H_Amoy_02) y quebrada Tuluni (H_Amoy_06) presentan abundancias elevadas y un número

considerable de taxones, esto se debe a que los tributarios por sus características son reservorios de biomasa que mantienen estable la comunidad en la cuenca.

Un factor importante es que durante la colecta se presentaron episodios de lluvias que aumentaron el caudal, reduciendo la detección de los organismos, otro factor a tener en cuenta es la presencia de la central hidroeléctrica lo cual modifica e influencia la dinámica de las poblaciones, sin embargo y a pesar de las condiciones atenuantes se logró obtener una muestra significativa de los organismos presentes en la cuenca (Thomazi et al., 2008).

En cuanto a los géneros registrados *Baetodes*, *Anacroneuria*, *Thraulodes*, *Camelobaetidius*, Orthocladiinae, *Leptohyphes*, *Limonicola* y Chironominae, se registraron en la mayoría de las estaciones de la subzona hidrográfica del rio Amoyá, estos taxones son ampliamente distribuidos y bastante comunes en las colectas, son capaces de resistir una gran variedad de condiciones ambientales, siempre y cuando no sean criticas (**Tabla 602**). Del material colectado los géneros Sciomyzidae sp, *Simulium,* Tanypodinae sp, *Terpides, Trepobatoides, Tricorythodes, Tubifex, Xenelmis* indicaron una distribución restringida a una sola estación. Las condiciones ambientales como caudal, temperatura, heterogeneidad de sustratos y cambios altitudinales permiten la colonización y supervivencia de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos (Vidal y Romero, 2010).

Tabla 602. *Distribución espacial de los macroinvertebrados acuáticos registrados en la subzona hidrográfica del río Amoyá.*

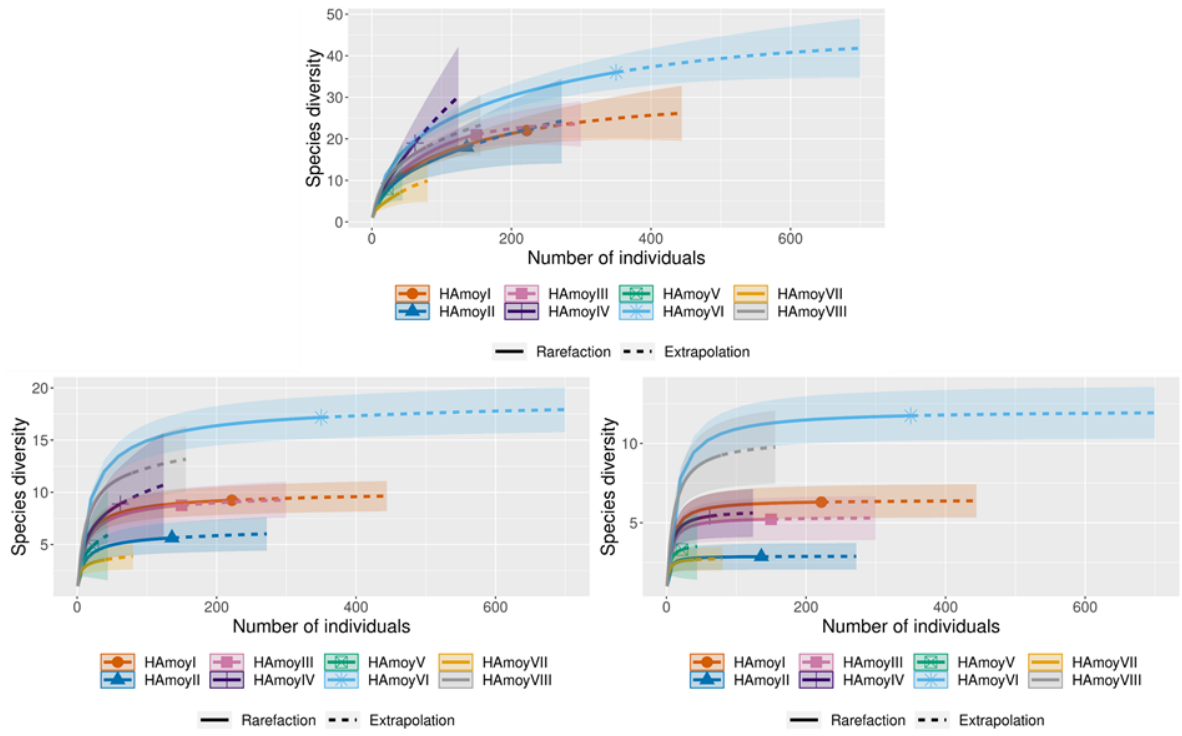
Genero	HAmoy1	HAmoy2	HAmoy3	HAmoy4	HAmoy5	HAmoy6	HAmoy7	HAmoy8
Allenhyphes	0	0	0	0	0	2	0	0
Alluaudomyia	0	0	0	1	0	1	0	0
Americabaetis	2	2	0	4	0	5	0	11
Anacroneuria	48	8	0	1	0	7	0	0
Atanatolica	1	0	2	0	1	1	0	0
Atopsyche	0	1	0	0	0	0	0	0
Atrichopogon	0	0	0	0	0	0	1	0
Baetodes	61	78	24	1	1	2	0	1
Bledius	0	0	0	0	0	0	0	1
Camelobaetidius	20	9	2	2	1	9	0	0
Chelifera	1	0	0	0	0	0	0	0
Chimarra	0	0	0	0	1	3	0	0
Chironominae	6	1	16	5	11	50	12	10
Chrysops	0	0	0	1	0	0	0	0
Corydalus	3	2	1	0	0	5	0	0
Crenitulus	0	0	0	2	0	2	0	0

Genero	HAmoy1	HAmoy2	HAmoy3	HAmoy4	HAmoy5	HAmoy6	HAmoy7	HAmoy8
Culoptila	2	0	0	0	0	0	0	0
Cylloepus	2	1	0	0	0	0	0	0
Dryops	0	0	0	0	0	4	1	9
Grumichella	0	1	0	0	0	0	0	0
Hemerodromia	0	0	0	0	0	2	0	0
Heterelmis	0	0	1	1	0	35	0	0
Heterina	0	0	0	0	0	0	0	1
Hexatoma	0	0	1	0	0	2	0	0
Hydroptila	1	0	0	0	0	0	0	0
Hydrosmilodon	0	0	0	0	0	1	0	0
Lachlania	1	0	0	0	0	1	0	0
Leptohyphes	7	3	4	0	0	9	0	1
Leptonema	4	0	2	1	0	6	0	0
Leucotrichia	0	0	1	0	0	1	0	0
Limnocoris	0	0	0	0	0	1	3	0
Limnogonus	0	0	0	0	0	0	0	2
Limonia	0	1	3	0	0	0	0	0
Limonicola	7	5	1	0	0	0	0	0
Lutrochus	0	0	0	0	0	1	0	0
Macrelmis	1	6	2	1	0	16	0	0
Macrothemis	0	0	0	0	0	1	0	0
Maruina	0	0	0	0	0	2	0	0
Mesovelia	0	0	0	0	0	0	1	1
Microcylloepus	2	1	0	1	0	0	0	0
Molophilus	0	0	2	0	2	1	1	0
Orthocladiinae	19	11	56	18	4	23	0	5
Phanocerus	0	0	1	0	0	4	0	0
Psephenops	1	0	0	0	0	0	0	0
Rhagovelia	0	0	0	18	1	59	21	15
Sciomyzidae sp.	0	0	0	0	0	1	0	0
Simulium	0	1	11	1	0	7	0	1
Smicridea	3	1	12	0	0	22	0	3
Tabanus	1	0	3	0	0	0	0	0
Tanypodinae	0	0	0	0	0	3	0	3
Terpides	0	0	0	1	0	15	0	1
Thraulodes	29	4	3	1	0	34	0	8
Trepobatoides	0	0	0	0	0	0	0	2
Tricorythodes	0	0	0	0	0	12	0	3
Tubifex	0	0	2	1	0	0	0	0
Xenelmis	0	0	0	1	0	0	0	0

41.4.2.4. Diversidad

Según lo observado en la extrapolación de número de géneros en las estaciones de la subzona hidrográfica del río Amoyá, se puede establecer que los valores de riqueza (0D) registrados fueron bastante disimiles para todas las estaciones, los cuales oscilan entre 7 y 36 géneros, siendo las estaciones con mayor número de géneros la quebrada Tuluni (H_Amoy_06) con 36, el río Amoyá (H_Amoy_01) con 22 y el río Amoyá (H_Amoy_03) con 21 (**Figura 762**).

Figura 762. *Diversidad Alfa en las estaciones de la subzona hidrográfica del río Amoyá.*



La grafica de diversidad para este nivel nos muestras que pueden existir diferencias en cuanto a la diversidad, en la mayoría de las estaciones no se alcanzó la asíntota lo cual nos muestra que se pueden encontrar un mayor número de géneros (Moreno et al., 2011).

Los valores relacionados a los taxones típicos o comunes (1D), indican un valor más alto la quebrada Tuluni (H_Amoy_06) con 17.2 géneros, seguido del río Amoyá (H_Amoy_08) con 11.8, para estas estaciones se observan cambios a este nivel de diversidad, los intervalos de confianza no indican diferencias entre las estaciones y la extrapolación muestra que se colectaron la mayor cantidad de géneros para estas estaciones. Por último, de acuerdo con el número de taxones dominantes (2D), se observa un comportamiento similar al obtenido del q1, los valores de taxones

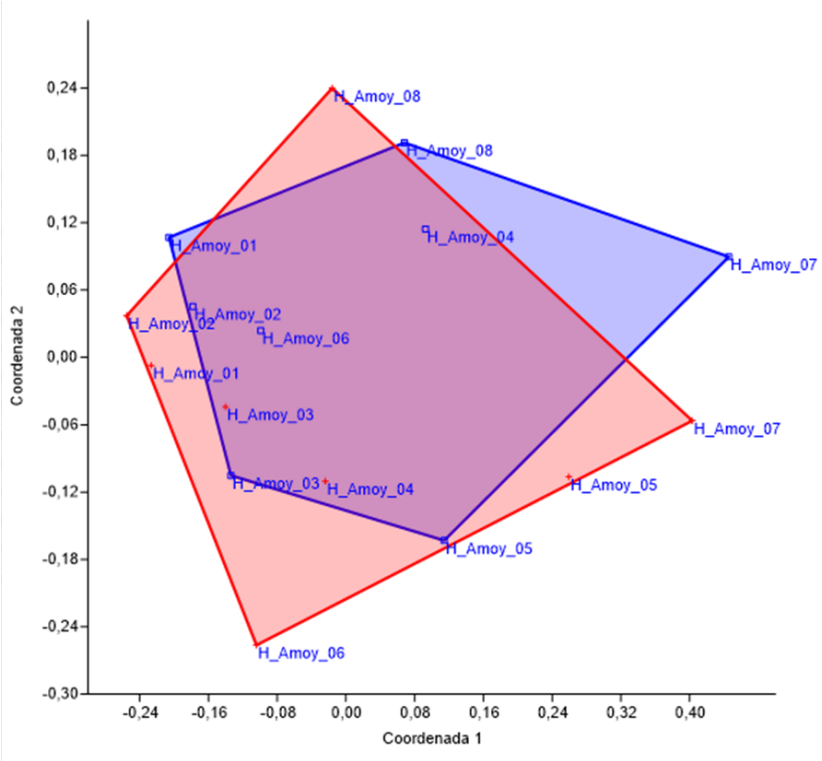
dominantes se encuentran solapados, solo la quebrada Tuluni (H_Amoy_06), muestran diferencia en este nivel de diversidad por lo que se asume una mayor dominancia en la comunidad registrada en este lugar (Vidal y Romero, 2010).

La diversidad en la subzona hidrográfica del rio Amoyá tiende a ser heterogénea a nivel espacial, esto se debe a que los cuerpos de agua que lo componen son bastante disimiles con componentes estructurales particulares, los cuales permiten albergar tanto organismos comunes como algunos específicos. Estos cambios permiten que, aunque se presente una composición base muy similar, exista la presencia de una cantidad de géneros sensibles y poco comunes que corresponde al patrón común de diversidad mostrado en estas cuencas (Pérez et al, 2020).

41.4.2.5. Ensamblaje

Los resultados del análisis NMDS teniendo en cuenta la presencia de los géneros (Jaccard) en cada una de las estaciones, no muestra agrupamientos definidos para los dos periodos de muestreo (M1:Azul y M2: Rojo) (Stress = 0.2) (**Figura *763***). Al realizar la prueba estadística ANOSIM entre los grupos analizados, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas (p= 0,9).

Figura 763. *Diagrama de ordenación NMDS para las estaciones de la subzona hidrográfica del río Amoyá.*

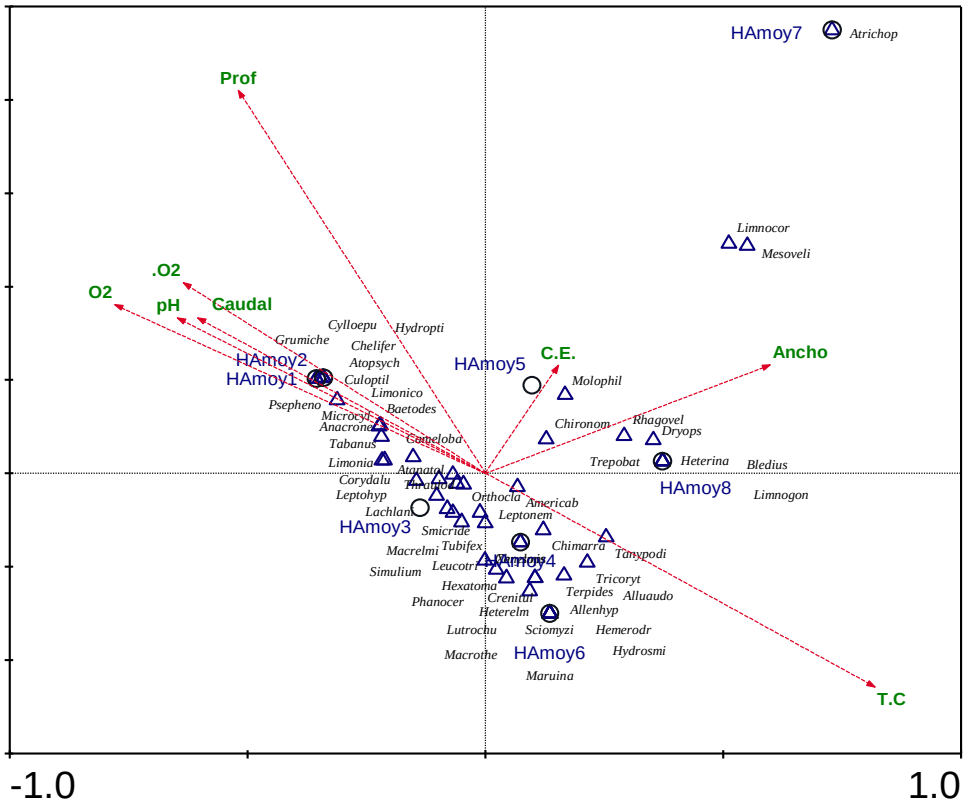


El diagrama NMDS indica una similaridad entre las estaciones de un 70%, en los polígonos formados no se observan diferencias espaciales entre las estaciones lo que indica que durante los periodos muestreados no hay cambios significativos en la composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos. Se observa que la estación H_Amoy_07 es la más disímil en ambas temporadas de muestreo. En general no se observan cambios significativos en la composición de los organismos, ya que en ambos periodos se registra una composición similar, en ambos periodos se presentaron lluvias intermitentes que modifican el caudal y modifican la estructura de la comunidad (Vidal y Romero, 2010).

41.4.2.6. Relación con variables fisicoquímicas

Según el ACC y la prueba de Monte Carlo, las variables temperatura, profundidad, caudal, Ph, Ancho, conductividad eléctrica y el oxígeno disuelto, tienen efectos condicionantes sobre la distribución de los organismos (**Figura 764**).

Figura 764. *Análisis de Correspondencia Canónica para las variables fisicoquímicas y la abundancia de los taxones de macroinvertebrados acuáticos registrados en la subzona hidrográfica del rio Amoyá.*



Fuente: Autores (2022).

Según lo observado en el diagrama de correspondencia canónica las variables fisicoquímicas se asocian directamente con las estaciones H_Amoy_01, H_Amoy_02 y H_Amoy_03 y con la mayoría de los géneros colectados, esto puede ser consecuencia de que estas estaciones se ubican en la zona alta donde las condiciones son bastantes similares, razón por la cual la comunidad tiene las mismas presiones. Para las demás estaciones no se encuentran asociaciones claras entre los taxones registrados y variables evaluadas, se observa que la mayoría de las localidades se encuentran muy cercanas, al igual que los géneros, esto indica que la composición en estas zonas es altamente similar.

41.4.2.7. Índice de calidad Ambiental BMWP/Col.

Se determinó la calidad de agua basado en la cantidad de familias y el puntaje BMWP/Col, las estaciones de la subzona hidrográfica del río Amoyá, exhiben un comportamiento heterogéneo en cuanto al estado ecológico de sus aguas (**Tabla 603**). En ambos muestreos se observa una calidad de agua muy variable en su mayoría es dudosa y aceptable, esto puede atribuirse a tres factores fundamentales, el primero y que presenta mayor efecto, es la fuerza del caudal, ya que este río al ser de un gran porte, la velocidad de corriente es fuerte y arrasa con los organismos en la mayoría de las zonas, por otro lado existen centros poblados aledaños que vierten sus aguas al cauce principal y tercer la presencia de la hidroeléctrica tiene repercusiones en el flujo de nutrientes y en el volumen de agua, además que limita la deriva de organismos en la zona alta (Roldan y Ramirez, 2008). Los datos obtenidos según el índice de bioindicación muestra que la calidad de agua está relacionada con las presiones naturales y antrópicas que son bastante disimiles en cada una de las estaciones, se establece que la calidad de agua en los ecosistemas que componen la subzona son poco aceptables, que no permiten el desarrollo de organismos bioindicadores (Ramirez y Viña, 1998; Esteves, 2011).

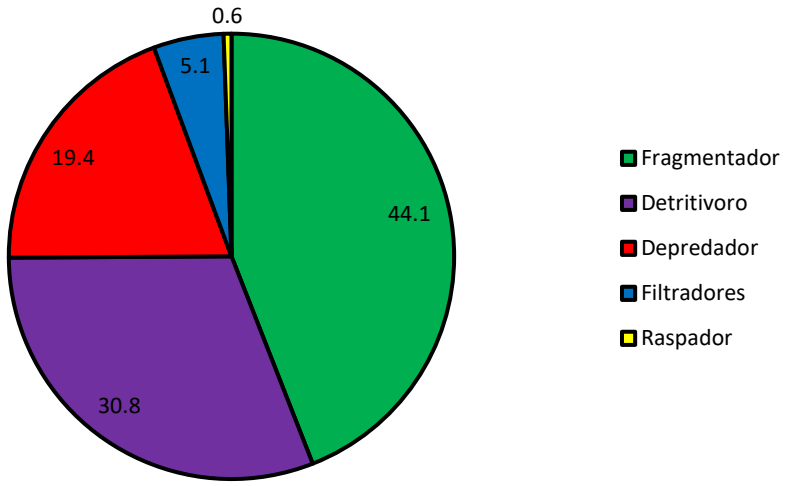
Tabla 603. *Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica del rio Amoyá.*

Cuerpo de agua	BMWP/Col	Calidad	Clase	BMWP/Col	Clase	Calidad
Río Amoyá	68	Aceptable	II	111	Buena	I
Río Davis	57	Dudosa	III	85	Aceptable	II
Río Amoyá	47	Dudosa	III	80	Aceptable	II
Río Ambeima	41	Dudosa	III	51	Dudosa	III
Río Amoyá	21	Critica	IV	21	Critica	IV
Q. Tuluni	100	Buena	I	102	Buena	I
Río Amoyá	17	Critica	IV	28	Critica	IV
Q. Neme	68	Aceptable	II	61	Aceptable	II

41.4.2.8. Gremios tróficos

Se identificaron cinco gremios tróficos de los cuales el fragmentador fue el más abundante (44.1%), seguido de detritivoro (30.8%), depredador (19.4%), filtrador (5.1%) y por último raspador (0.6%) (**Figura 765**). La abundancia de estos gremios se relaciona con la cantidad de materiales que transportan los ríos y los tributarios, el aumento en el gremio de los detritívoros se relaciona con la presencia de detritos orgánicos provenientes de actividades naturales como la descomposición de hojarasca y relacionado con aguas domésticas y agrícolas que proveen un abundante recurso que les permite prosperar.

Figura 765. *Distribución de los gremios tróficos de macroinvertebrados acuáticos de la subzona hidrográfica del río Amoyá.*



Fuente: Autores (2022).

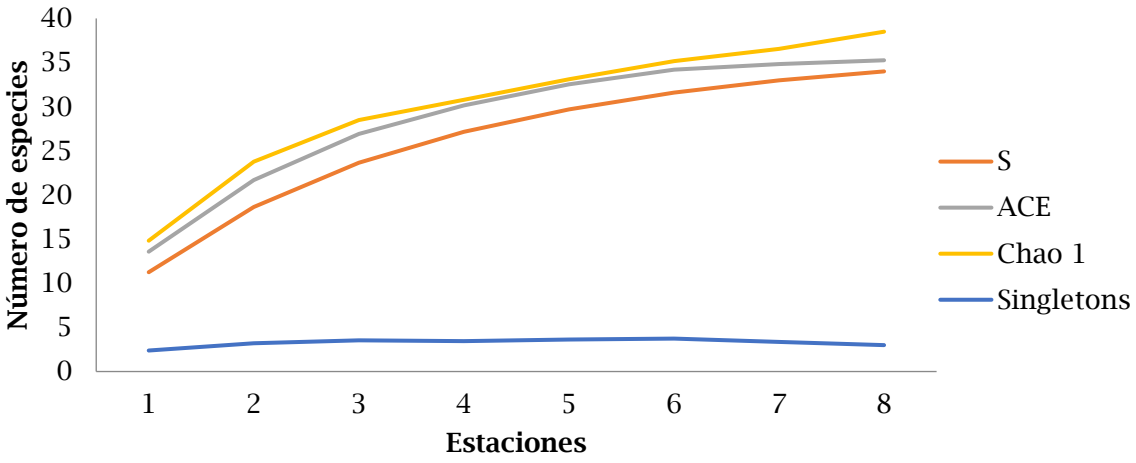
Los organismos fragmentadores tienen un flujo constante de alimento gracias al aporta continuo de hojarasca que ingresa al cuerpo de cuerpo de agua y el aumento en el número de filtradores se relaciona con la cantidad de solidos orgánicos en suspensión, que componen el principal alimento de este tipo de animales. Por otra parte, la poca abundancia de organismos depredadores puede estar relacionada con las modificaciones del caudal, dado que estos animales se movilizan en búsqueda de presas es más probable que sean removidos por la fuerza de la corriente (Sevilla y Villar, 2008).

41.4.3. Ictiofauna

41.4.3.1. Representatividad

Las curvas de acumulación de especies muestran un incremento sucesivo a lo largo del muestreo realizado en la subzona hidrográfica del rio Amoyá. Sin embargo, el porcentaje de especies capturadas (S) fue alto. Según los estimadores de riqueza ACE y Chao 1, se evidencia que el número de especies observada (S = 34) corresponde al 96 % y 89 % de las especies esperadas, es decir, 35 y 38 especies, respectivamente. Según Colwell & Elsensohn (2014) las especies de una muestra con menos de 10 individuos pueden considerarse como raras. Tal es el caso de tres especies que fueron colectadas una sola vez (singletons) (*Apteronotus eschmeyeri, Sternopygus aequilabiatus y Trichomycterus tetuanensis*). Por lo tanto, es posible utilizar los datos registrados para hacer comparaciones de diversidad y riqueza entre los cuerpos de agua, debido a que el porcentaje de representatividad de las especies de peces que se encuentran en el área de estudio fue relativamente alto (**Figura 766**).

Figura 766. *Curva de acumulación de especies ícticas en las estaciones de la subzona hidrográfica rio Amoyá.*



41.4.3.2. Composición

En la subzona hidrográfica del río Amoyá se colectaron 1256 individuos, pertenecientes a 34 especies, distribuidas en cuatro órdenes y 13 familias. El orden Siluriformes, con 17 especies registró la mayor riqueza, seguido de Characiformes con 13, Blenniiformes con tres y Gymnotiformes con dos. Con relación a la abundancia por familia, Astroblepidae registró 412 individuos, seguida de Characidae con 360 individuos, Trichomycteridae con 269 y las demás familias con menos de 2% de abundancia relativa (**Tabla *604***).

Tabla 604. *Composición íctica registrada en la subzona hidrográfica del río Amoyá*

Orden	Familia	Genero	Especie	Abundancia
Blenniiformes	Cichlidae	*Andinoacara*	*Andinoacara latifrons*	1
		Geophagus	*Geophagus steindachneri*	10
	Poeciliidae	*Poecilia*	*Poecilia caucana*	3
Characiformes	Characidae	*Argopleura*	*Argopleura magdalenensis*	33
		Astyanax	*Astyanax* sp.	21
		Creagrutus	*Creagrutus affinis*	84
			Creagrutus dulima	50
			Creagrutus magdalenae	31
		Gephyrocharax	*Gephyrocharax melanocheir*	63
		Hemibrycon	*Hemibrycon* sp. 1	23
			Hemibrycon sp. 2	71
		Hyphessobrycon	*Hyphessobrycon natagaima*	3
		Microgenys	*Microgenys minuta*	2
		Saccoderma	*Saccoderma hastata*	12
	Crenuchidae	*Characidium*	*Characidium* cf. *zebra*	7
	Parodontidae	*Saccodon*	*Saccodon dariensis*	6
Gymnotiformes	Apteronotidae	*Apteronotus*	*Apteronotus eschmeyeri*	3
	Sternopygidae	*Sternopygus*	*Sternopygus aequilabiatus*	4
Siluriformes	Aspredinidae	*Dupouyichthys*	*Dupouyichthys sapito*	1
	Astroblepidae	*Astroblepus*	*Astroblepus grixalvii*	43
			Astroblepus homodon	57
			Astroblepus sp.	312
		Creagrutus	*Creagrutus dulima*	48
	Cetopsidae	*Cetopsis*	*Cetopsis othonops*	4
	Heptapteridae	*Cetopsorhamdia*	*Cetopsorhamdia molinae*	9
		Heptapteridae	Heptapteridae gen. nov.	16
		Pimelodella	*Pimelodella floridablancaensis*	20
		Rhamdia	*Rhamdia guatemalensis*	3
	Loricariidae	*Chaetostoma*	*Chaetostoma thomsoni*	29
		Hypostomus	*Hypostomus* sp.	6
		Lasiancistrus	*Lasiancistrus caucanus*	12
	Trichomycteridae	*Trichomycterus*	*Trichomycterus* sp.2	6
			Trichomycterus banneaui	254
			Trichomycterus sp.1	8
			Trichomycterus tetuanensis	1

Fuente: Autores (2022)

41.4.3.3. Distribución espacial

Con respecto a la distribución de las abundancias entre las estaciones evaluados, es posible observar que H-Amoy-03 registró la mayor abundancia con AR= 20 %, seguido de H-Amoy-06 con AR= 19 %, H-Amoy-01 con AR= 16 %, H-Amoy-08 con AR= 14 %. Las demás estaciones registran abundancias relativas inferiores al 12 % entre quebradas y puntos sobre el rio Amoyá. Es relevante mencionar las quebradas son un resguardo de una alta diversidad de peces y valores altos de abundancia debido que representan aproximadamente el 33 % de la abundancia total **Figura 767**).

Por otro lado, en cuanto a la distribución espacial de las especies, es posible observar dos especies dominantes, *Astroblepus* sp. y *Trichomycterus banneaui*, representando el 45% de la abundancia total. Sin embargo, *Astroblepus* sp. Únicamente se registra en cuatro de las ocho estaciones sobre la subzona hidrográfica del río Amoyá. Asimismo, se observan dos especies comunes (*Trichomycterus banneaui y Astroblepus grixalvii)* es decir con una amplia distribución a lo largo de las estaciones evaluadas. Ambas especies se observan en cinco de las ocho estaciones. Y, 13 especies (*A. eschmeyeri*, *C. othonops*, *C. molinae*, *C. zebra*, Heptapteridae gen.nov, *Hypostomus* sp., *P. floridablancaensis*, *P. caucana*, *S. hastata*, *S. dariensis*, *S. aequilabiatus*, *T.* sp.2 y *T. tetuanensis*), son exclusivas de al menos una estación. Las demás se distribuyen dos, tres o cuatro estaciones.

Figura 767. *Abundancia relativa por estaciones de la subzona hidrográfica del río Amoyá.*

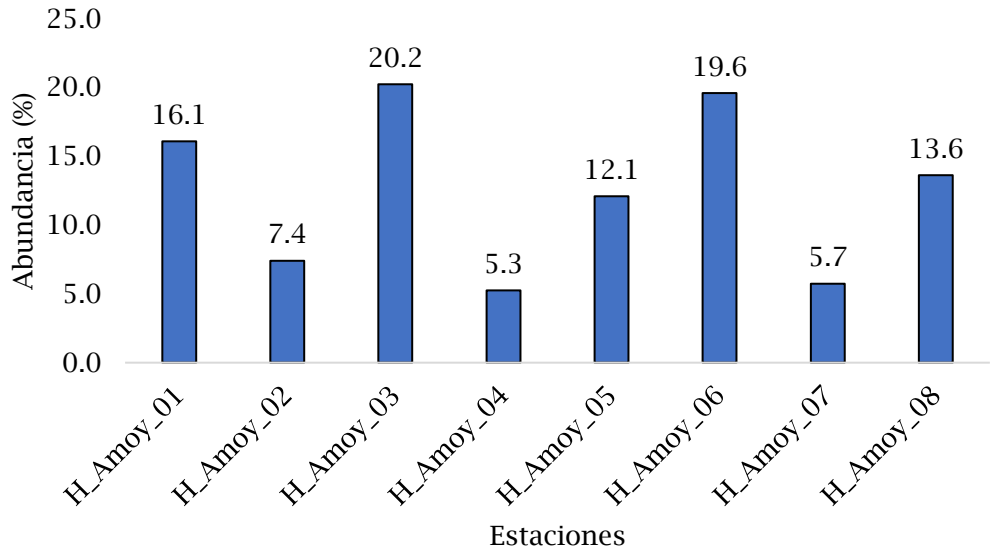
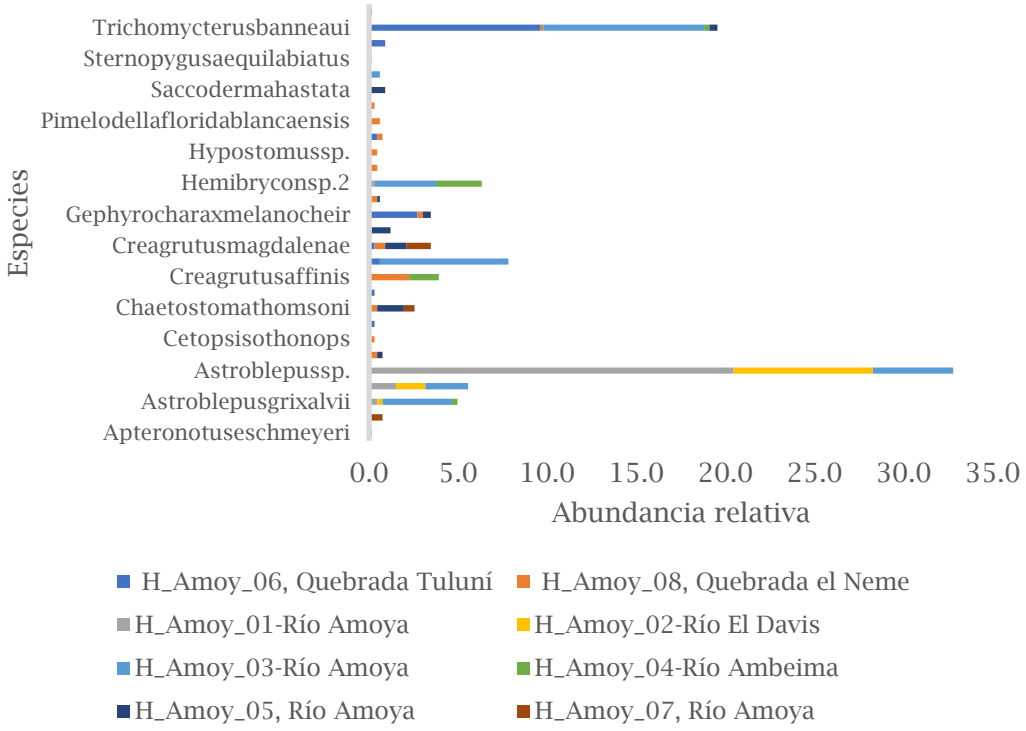


Figura 768. Abundancia relativa por especies de la subzona hidrográfica del río Amoyá.



Lo anterior refleja una evidente variación en la tolerancia y establecimiento diferencial de las especies registradas a lo largo del río Amoyá. Para el caso de las especies con presencia exclusivas el mantenimiento de condiciones óptimas con clave para preservarlas. Por ejemplo, rápidos, remansos, cobertura riparia y heterogeneidad de sustratos son microhábitat y nichos de algunas de estas especies. Eso se relaciona con su área de distribución intrínsecamente relacionada con la capacidad de colonizar nuevos ambientes. Por tanto, se infiere que en las estaciones donde no se registró su presencia se explica por limitaciones en distribución y establecimiento, bien sea por variables ambientales como la temperatura o proceso bióticos como competencia.

41.4.3.4. Diversidad

En cuanto a la diversidad de especies usando los números de Hill, se observó que la riqueza de especies (q=0) fue mayor en las estaciones ubicadas en las quebradas H-Amoy-06 Y H-Amoy-08 con valores de riqueza entre 20 y 22 especies, respectivamente, seguido se encuentran las estaciones H-Amoy-05 (9 spp.), H-Amoy-07 (12 spp.) y finalmente la estaciones con menor número de especies registradas en H-Amoy-01, H-Amoy-02, H-Amoy-03 y H-Amoy-04 con menos de siete especies (Figura 4). Con respecto al número de especies comunes (q=1) y número de especies dominantes (q=2), se observó una tendencia similar a la anteriormente mencionada, es así como las estaciones más diversas se observan en H-Amoy-08, seguido de H-Amoy-06, H-Amoy-

05, H-Amoy-03 y finalmente H-Amoy-01, H-Amoy-02, H-Amoy-04 y H-Amoy-07 tiene valores iguales de diversidad (Figura 769).

Por ejemplo, con la medida de diversidad de orden 1 se encontró que la estaciones con mayores valores de diversidad se encuentran en H-Amoy-08 y H-Amoy-06, tienen una diversidad igual a la que tendría una comunidad teórica de 10,85 y 8,4 especies, donde todas ellas tuvieran la misma abundancia. Por su parte, las demás estaciones tienen una diversidad igual a la que tendría una comunidad de menos de 6 especies. Al expresar estas equivalencias, se concluye que las estaciones H-Amoy-08 y H-Amoy-06 del monitoreo son en promedio 2,26 veces más diversa en especies de peces que las demás estaciones evaluadas. Lo anterior se soporta por medio de los intervalos de confianza y las curvas de rarefacción e interpolación, dado que no se observaron intervalos solapados entre las estaciones en estas relaciones, y por tanto se establecen diferencias significativas.

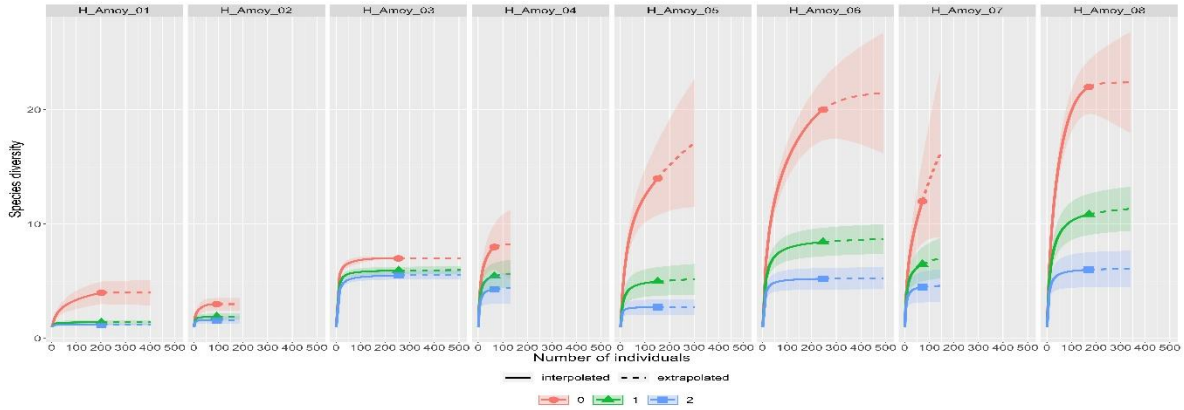
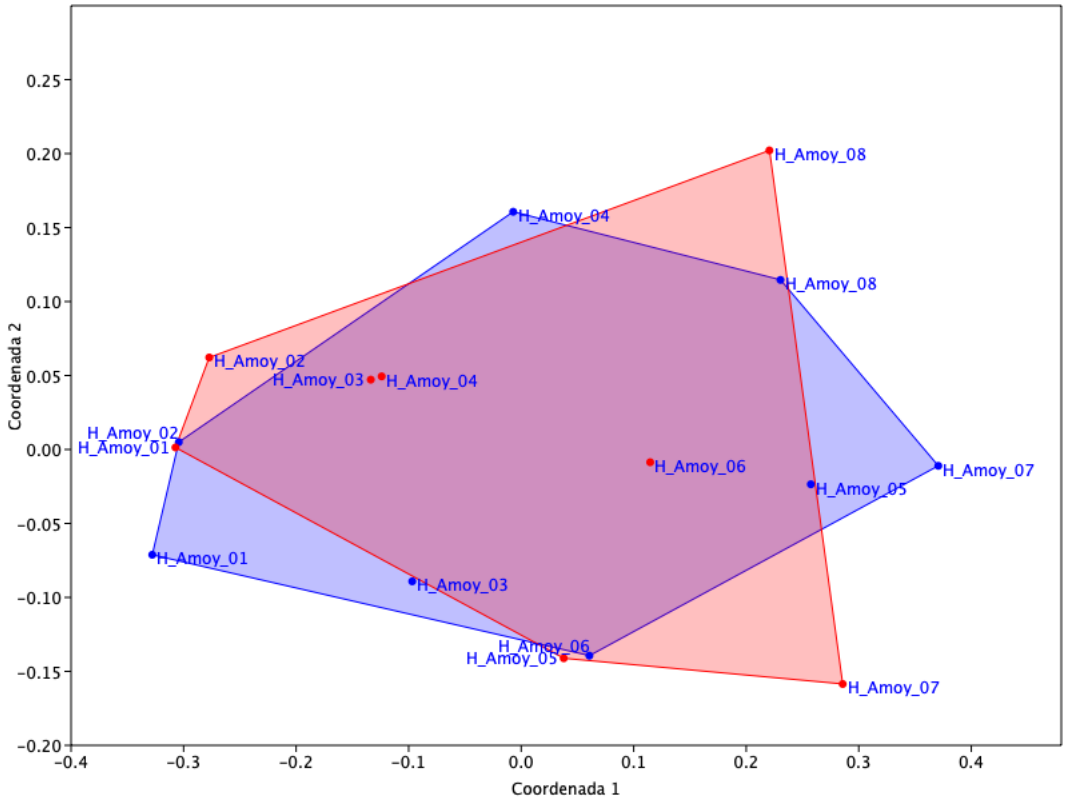


Figura 769. Diversidad Alfa en las estaciones de la subzona hidrográfica del río Amoyá.

41.4.3.5. Ensamblaje

De acuerdo con los resultados obtenidos por el NMDs (Non-metric multidimensional scaling) (stress = 0.18), permitieron observar que no existen diferencias en las abundancias de los ensamblajes de especies entre las estaciones evaluadas. Según el diagrama de ordenación, se observa áreas solapadas lo que indican especies comunes entre ambas épocas climáticas. Es decir, la mayoría de las especies fueron registradas en luvias y sequía. Sin embargo, estaciones como H-Amoy-01 y H-Amoy-7 registran por lo menos una especie exclusiva, es decir colectada en alguna de las épocas climáticas, tal es el caso de *Andinoacara latifrons* que se colectó únicamente en H-Amoy-08 durante el muestreo de lluvias (Figura 770).

Figura 770. Diagrama de ordenación NMDS para las estaciones de la subzona hidrográfica del río Amoyá.



Fuente: Autores (2022).

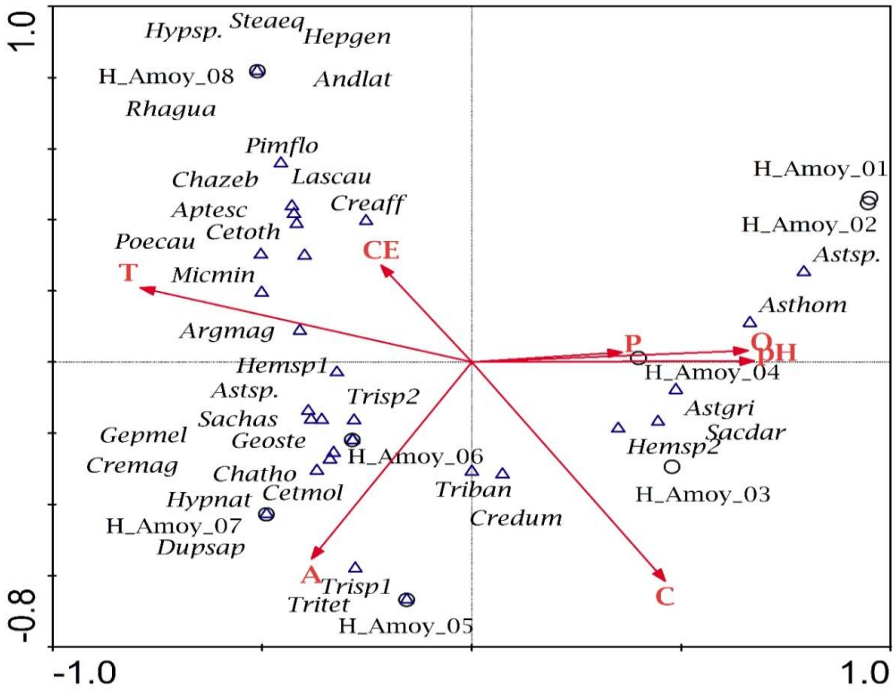
41.4.3.6. Relación con variables fisicoquímicas

En el análisis de correspondencia canónica (ACC) los dos primeros ejes explicaron el 58 % de la variación total de los datos. En el eje x, una variable química del agua, Temperatura (T) (p-valor<0.05) influyó de forma significativa en la composición y la estructura de la ictiofauna. Además de asoció positivamente a las estaciones H-Amoy-05, H-Amoy-07 y H-Amoy-08 y las especies, por ejemplo, Creagrutus magdalenae, Creagrutus affinis, Trichomycterus tetuanensis, Geopagus steindachneri, Astroblepus sp. y Poecilia caucana. Es decir, son aguas más calientes, está relacionada con la cantidad de luz y la cobertura vegetal riparia. Es decir, hubo mayor entrada de luz solar debido poca cobertura vegetal riparia. Esto favorece el crecimiento de perifiton lo que explica la presencia de especies de la familia Loricariidae (**Figura 771**).

Por otro lado, en el eje y, el ancho (A) se asoció negativamente con las estaciones H-Amoy-05 y las especies *Characidium* cf. *zebra*, *Trichomycterus* spp. Es decir, esta estación se caracteriza por ser más ancha. Además, el sustrato del fondo fue de arena

y roca, donde fue encontrada la especie *Trichomycterus* sp.2 y en los márgenes de las orillas se capturó *Characidium* cf. *zebra*.

Figura 771. Análisis de Correspondencia Canónica para las variables fisicoquímicas y la abundancia de peces registrados en la subzona hidrográfica del rio Amoyá. Temperatura (T), Ancho (A), Profundidad (P), Caudal (C), pH, Oxígeno disuelto (O), Conductividad eléctrica (CE).



Fuente: Autores (2022).

41.4.3.7. Distribución de frecuencias de tallas

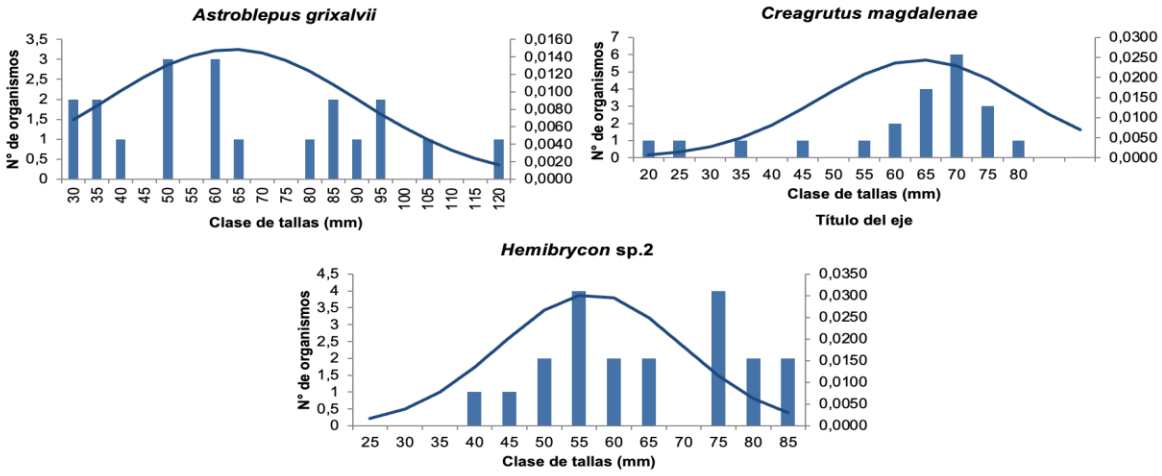
Se analizó un total de 61 individuos durante los monitoreos realizados en la subzona hidrográfica del rio Amoyá, con una distribución de tallas cada 5 mm de longitud estándar (LE). Para *Astroblepus grixalvii*, se obtuvo valores de longitud y peso promedio de 63,6 mm LE y 7,1 g, respectivamente. *Creagrutus magdalenae* registró valores promedios de longitud (59,1 mm) LE y peso (4,9 g). Y, *Hemibrycon* sp.2 con valores promedios de longitud (13,3 mm) y peso (4,9 g).

En general, existen variaciones de clases de talla entre las especies estudiadas. Y se registraron juveniles y adultos. Para el caso de *Astroblepus grixalvii* la distribución de las tallas se ajustó a una distribución normal y se agruparon en 12 clases. Los individuos se distribuyen con mayor frecuencia en las tallas 50 y 60 mm es decir, juveniles. En cuanto a *Creagrutus magdalenae,* se registraron 10 clases de talla, siendo los tamaños de 50 y 60 mm los de la distribución de las tallas se ajustó a una

distribución normal. Los individuos se distribuyen con mayor frecuencia en las tallas 65 y 70 mm (adultos). Finalmente, *Hemibrycon* sp.2 se agrupó en nueve clases, siendo las tallas 55 (juveniles) y 75 (adultos) mm los más frecuentes. Esta información se corroboró examinando las gónadas de algunos individuos.

Lo anterior, aporta información valiosa para entender las dinámicas poblacionales que esta relacionado con el mantenimiento de las especies. Es posible que algunos atributos del hábitat tales como refugios, alimentos, competencia, depredación, entre otros permitan estos procesos. El buen estado de una población conta de juveniles y adultos. Esta dinámica se relaciona con el reclutamiento, que varía a lo largo del tiempo. Según, Doherty (2002) estas oscilaciones en los patrones de asentamiento y reclutamiento pueden tener un fuerte componente estocástico o cambios en ciertas conductas reproductivas relacionadas con ciclos anuales o estacionales (Ault y Johnson, 1998).

Figura 772. Distribución de frecuencias de talla de las especies dominantes de la subzona hidrográfica del río Amoyá.



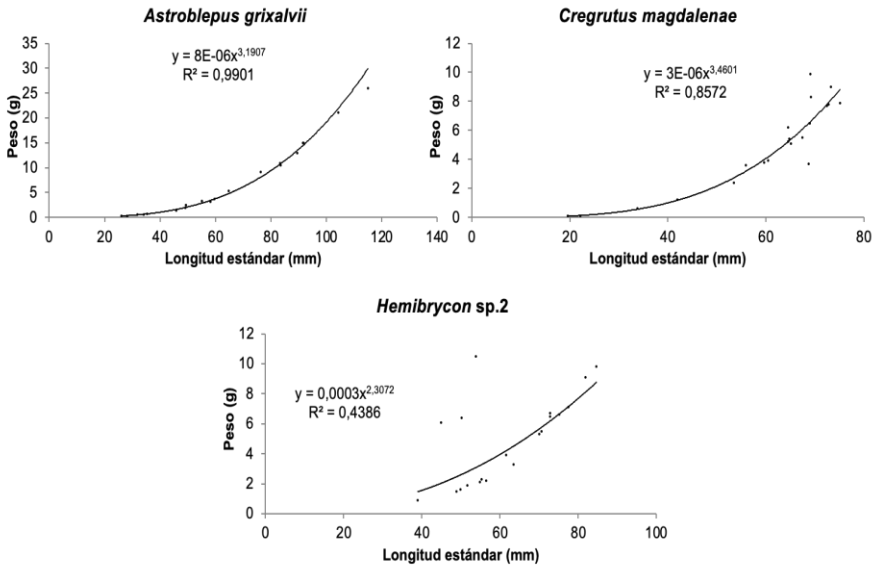
Fuente: Autores (2022).

41.4.3.8. Relación longitud-peso

La relación longitud-peso y el factor de condición (K) son indicadores poblacionales o del bienestar de las especies, debido que proporcionan información sobre el estado nutricional, actividad reproductiva y crecimiento de las especies (Cifuentes et al., 2012). Su uso, permite realizar comparaciones entre poblaciones y así crear modelos para predecir el comportamiento de poblaciones de interés (McCallum, 2000). Existen tres relaciones de crecimiento entre longitud y aumento de la masa de los peces. Primera, la relación que mantendría un balance entre la longitud y el peso del

individuo, población y/o especie sería igual a 3. Segunda, alométrico negativo (b < 3) peces delgados, posiblemente por condiciones adversas en el medio, gasto energético en reproducción o individuos jóvenes cuya inversión energética se prioriza en longitud y posteriormente en masa corporal. Y tercera, alométrico positivo (b > 3) indicarían un estado robusto del pez, lo cual podría obedecer a oferta alimenticia abundante o almacenamiento de energía previo a la época de reproducción (Le Cren, 1951). A continuación, se detallan los resultados de la relación longitud – peso de tres especies. En cuanto a la relación longitud y peso dado específicamente por los valores de coeficiente de crecimiento b permitiendo evaluar cualitativamente el grado de bienestar de la especie, reflejando las condiciones alimenticias recientes. Para dos especies (*Astroblepus grixalvii* y *Creagrutus magdalenae*) los valores del coeficiente de crecimiento b > 3, en ambos casos se muestra que la especie presenta un crecimiento alométrico positivo, es decir presenta un estado robusto, lo cual podría obedecer a oferta alimenticia abundante o almacenamiento de energía previo a la época de reproducción (Le Cren, 1951) (Figura 773).

Figura 773. Relación longitud – peso de las especies dominantes de la subzona hidrográfica del río Amoyá.

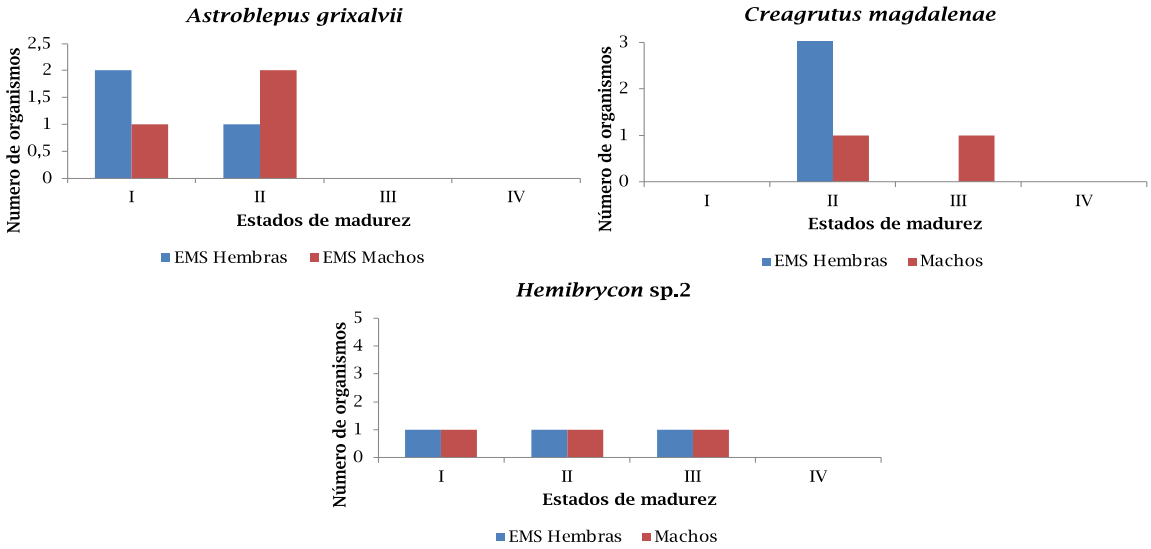


Al contrario, *Hemibrycon* sp.2 registró un b < 3 es decir un crecimiento alométrico negativo, debido que la especie aumenta más significativamente la longitud, pudiendo ser un indicador de la menor inversión en energía acumulada y muestra que la especie posiblemente prioriza su crecimiento por encima de su peso (Le Cren, 1951) (Figura 773).

41.4.3.9. Estados de madurez gonadal

Con relación al análisis reproductivo, fueron analizados 18 individuos. En términos generales, las especies analizadas fueron mayoritariamente machos y hembras inmaduros y en proceso de reproducción. Es decir, la mayoría de los individuos estuvieron en estado de madurez sexual EMS I y II es decir, en proceso de desarrollo gonadal. Para el caso de *Creagrutus magdalenae* y *Hemibrycon* sp.2 un individuo se encontraba en estado de madurez sexual EMS III es decir, se encontraban en época reproductiva (Figura 774).

Figura 774. Frecuencia relativa de los EMS para hembras y machos de las especies analizadas. I=inmaduro, II=madurando, III= maduro, IV en reposo de la subzona hidrográfica del río Amoyá.



Fuente: Autores (2022).

41.4.3.10. Ecología trófica

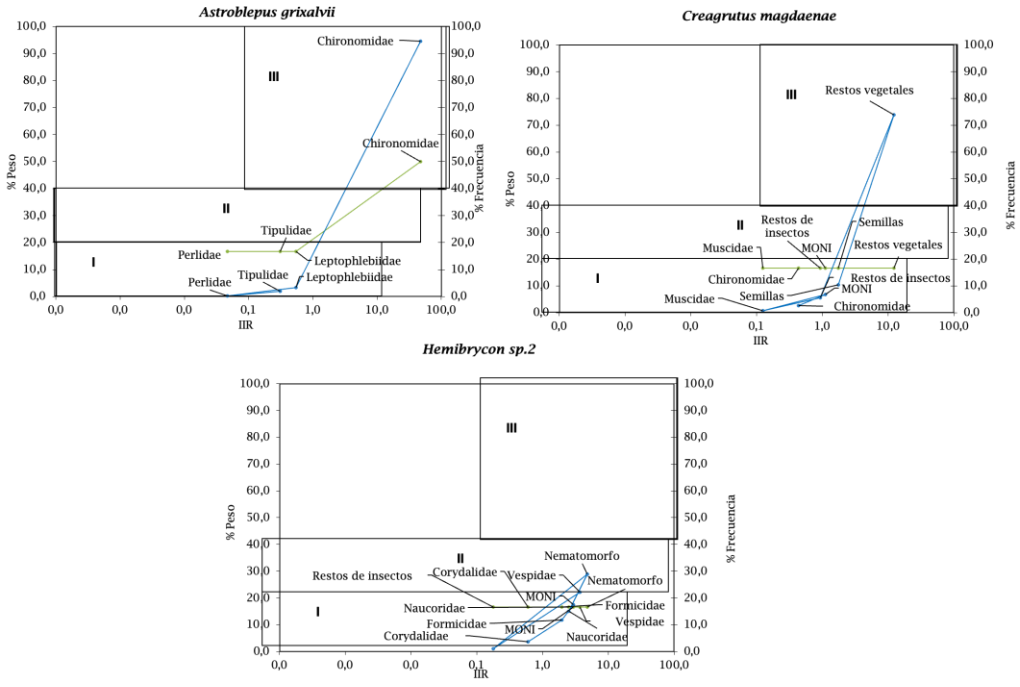
Se analizaron 18 estómagos, de los cuales todos estuvieron llenos. El coeficiente de repleción fue de 1. En total, dos ítems (Chironomidae y Restos vegetales) fueron considerados preferenciales y los restantes en correspondientes a grupos ocasionales o circunstanciales según (Yañez- Aranciba 1985, Lopez-Delgado, 2013). Es así, que basados en esta información y los resultados de la clasificación de López-Delgado, 2013 podemos clasificar a las especies evaluadas como insectívoras (*Hemibrycon* sp.2), invertívora (*Astroblepus grixalvii)* e invertívora-insectívoras (*Creagrutus magdalenae*). El primer gremio trófico hace referencia a organismos que se alimentan de miembros de la clase Insecta en estado adulto dado los aportes alóctonos de la vegetación riparia.

El segundo, son organismos que se alimentan preferencialmente de larvas de insectos acuáticos y el tercero, es un consumo de larvas de invertebrados acuáticos con cierta preferencia por organismo de la clase Insecta adultos (Lopez-Delgado, 2013) (Figura 775).

41.4.3.11. Especies de interés y categorías de amenaza

En términos generales, se observa que el 50% de la ictiofauna de la subzona hidrográfica del río Amoyá son endémicas de Colombia. Asimismo, algunas especies son usadas para pesca, como es el caso de los cuchos (*Chaetostoma thomsoni*) y ornamentales (Tabla 605). Esto representa una alternativa económica que tienen las comunidades locales, pero también demuestra la vulnerabilidad que puede presentar el recurso, sino existe un apropiado programa de monitoreo de las especies comercializadas. Por otro lado, ninguna una especie se encuentra en categoría de amenaza, Preocupación menor (Libro Rojo de Peces Dulceacuícolas de Colombia) (Mojica et al. 2012), adicionalmente, 13 especies son categorizadas en preocupación menor según UICN.

Figura 775. Espectro trófico de Creagrutus magdalenae y Hemibrycon sp.2 y Astroblepus grixalvii de la subzona hidrográfica del río Amoyá



Fuente: Autores (2022).

Tabla 605. Especies de interés y categoría de amenaza de la subzona hidrográfica del río Amoyá.

Especies	Endémica	Introducida	Migración	Usos	Categoria de amenaza: Libro Rojo de Peces de Colombia	Categoria de amenaza: UICN
Apteronotus eschmeyeri	*					LC
Argopleura magdalenensis	*					LC
Astroblepus homodon	*					LC
Astroblepus sp.						
Cetopsis othonops	*					LC
Cetopsorhamdia molinae	*					
Chaetostoma thomsoni	*			Pesca | Ornamental		LC
Characidium cf. *zebra*				Ornamental		
Creagrutus affinis						LC
Creagrutus dulima	*					
Creagrutus magdalenae	*					LC
Geophagus steindachneri				Ornamental		
Gephyrocharax melanocheir	*					LC
Hemibrycon sp.1						
Hemibrycon sp.2						
Hypostomus sp.						
Lasiancistrus caucanus						LC
Pimelodella floridablancaensis	*					
Poecilia caucana				Ornamental		LC
Saccoderma hastata	*					LC
Saccodon dariensis			Corta	Ornamental	Preocupación menor	LC
Trichomycterus sp.2 "retropinnis"						
Trichomycterus banneaui	*					LC
Trichomycterus tetuanensis	*					

Fuente: Autores (2022).

Es así, que el presente monitoreo de caracterización íctica esencialmente dirigido al cauce principal y tributarios a lo largo de un gradiente altitudinal y ambiental revela que las quebradas son un importe hábitat para preservar y resguardar la diversidad de peces de la región. De esta manera, los resultados son los datos de diversidad íctica

más actualizados en la subzona hidrográfica del río Amoyá. Estudios anteriores (Villa et al., 2005) sobre la cuenca del río Amoyá, registran valores de riqueza de aproximadamente 47 especies. Valores superiores al reportado en el presente estudio (29 spp).

De las estaciones evaluadas, se registraron 29 especies, la cuales representan el 61 % de las especies del río Amoyá (Villa et al. 2005) y 25 % del Alto Magdalena (García-Alzate, et al., 2020) y por tanto claves, en términos de diversidad, establecimiento y resguardo de la ictiofauna

Es así, que el presente monitoreo de caracterización íctica esencialmente dirigido al cauce principal y tributario a lo largo de un gradiente altitudinal y ambiental revela que es una importante subzona hidrográfica para preservar y resguardar la diversidad de peces de la región.

En cuanto a la composición taxonómica registrada para el área de estudio, los órdenes con mayor abundancia y riqueza Siluriformes (AR= 76 %), con 14 especies registró la mayor riqueza, seguido de Characiformes (AR= 21 %) con 11 siendo un patrón, también encontrado en ensamblajes de peces en la cuenca del río Magdalena (Villa et al., 2003, Poveda-Cuellar, 2021).

Si bien el muestreo abarco dos biomas diferentes, Bosque seco Tropical y Bosque Húmedo Premontano, no hubo una diferencia en composición y estructura de las estaciones H-AMOY-01 y H-AMOY02 ubicadas aproximadamente a 1550 m s.n.m (Bosque Húmedo Premontano) y las demás estaciones ubicadas en zonas bajas, ni un claro efecto de la elevación. Por el contrario, estuvieron entre las estaciones con mayor abundancia y diversidad íctica. Es así que podemos señalar que no existe un efecto de la elevación sobre la composición de la ictiofauna, clave para entender los patrones de diversidad.

Con relación a diversidad de peces asociado a quebradas es necesario hacer énfasis sobre la combinación de atributos físicos (i.e., velocidad del agua, profundidad, sustratos y vegetación riparia) en la selección de especies con adaptaciones locales. Por ejemplo, la cobertura vegetal riparia provee material alóctono, semillas e insectos, que son fuente potencial de alimento de especies de Characidos (p.e., *Creagrutus* spp., *Hemibrycon* spp.). Además, establecen nuevos microhábitats como hojarasca o troncos sumergidos para algunos grupos como Loricaridos (p.e., *Lasiancistrus caucanus).* Así, el principal problema reconocido en estos sistemas loticos es la degradación física del hábitat asociada a la homogenización de hábitats, sustratos, contaminación por plásticos y aguas domésticas y reducción en columna de agua.

Finalmente, encontramos que los peces del rio Amoyá se encuentran mayoritariamente en rápidos y sustratos rocosos como es el caso de *Astroblepus* spp. Estas especies, Por tanto, fueron frecuentemente capturadas y según Poveda-Cuellar et al. (2021) son especies con rasgos funcionales únicos, debido a que algunos rasgos funcionales asociados al uso del hábitat tales como preferencia a rápidos, sustratos de roca y grava, hábitos nectobentónicos, disco oral en forma de ventosa para adherirse a sustratos sólidos, y pequeñas y pocas branquiespinas describen como estos peces usan el nicho espacial y ofrecen ventajas para sobrevivir en condiciones hostiles (p.e. baja temperatura del agua), no observadas en otras especies de peces y así ser representantes de la fauna íctica de zonas de alta montaña en los Andes suramericanos (Buitrago-Suarez et al., 2015). Adicionalmente, se refleja la necesidad de monitorear las comunidades biológicas para definir, medir, y evaluar cuales variables multidimensionales y procesos biológicos en distintos niveles de organización se influencian por factores antropogénicos. Asimismo, ampliar los inventarios ictiológicos hacia otros tipos de hábitats, preferentemente zonas sin muestreos previos, tales como quebradas, pues como fue mencionado, son lugares clave para la conservación debidos que resguardan una diversidad única de peces.

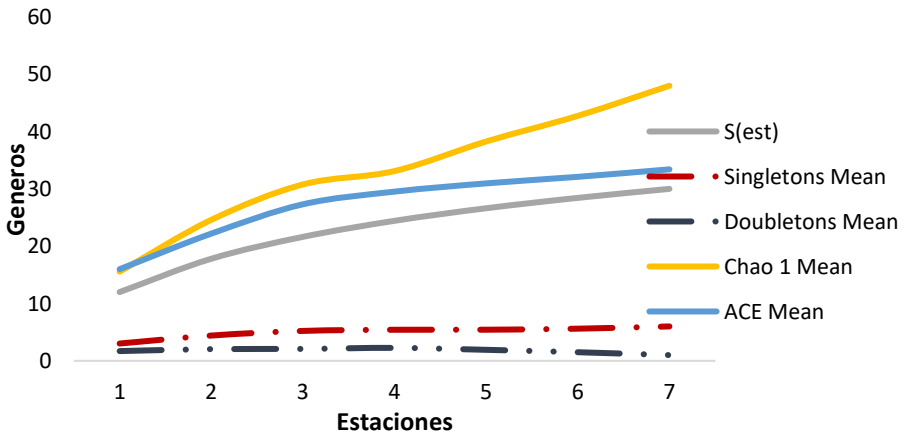
41.5. Subzona hidrográfica del río Atá.

41.5.1. Perifiton

41.5.1.1. Representatividad

Con respecto a los estimadores de riqueza se registró un número total de 30 géneros observados (Sobs) en las 14 estaciones evaluadas (Siete en la subzona durante dos temporadas) estas especies corresponden al 89.9% del valor esperado con el estimador de riqueza ACE y el 62.5% para Chao 1. Se estima un potencial máximo de 47 géneros (Figura 776).

Figura 776. *Curva de acumulación de la comunidad perifítica en la SZH del río Atá*



41.5.1.2. Composición

Se colectaron 1425.09 individuos/mm^2 distribuidos en cuatro filos, cinco clases, 16 órdenes, 23 familias y 30 taxones (**Tabla 606**).

A nivel de clase, presentaron mayor abundancia Bacillariophyceae con 7567.16 individuos/mm^2, seguida de la clase Cyanophyceae con 2835.09 individuos/mm^2 y Chlorophyceae con 154.6 individuos/mm^2. Esta configuración de abundancia sigue el patrón de composición que se presenta en las cuencas andinas, en los cuales las especies algales dominantes pertenecen a la clase Bacillariophycea (Pinilla, 1998; Ramírez & Viña, 1998; Ramírez, 2000; Martínez & Donato, 2003). Con relación a los órdenes órdenes Naviculales, Cymbellales, Oscillatoriales, Fragilariales y Bacillariales representaron aproximadamente el 85.9% de los organismos registrados.

Tabla 606. *Composición de la comunidad perifítica registrada en la subzona hidrográfica del Río Altá.*

Filo	Clase	Orden	Familia	Especie	Densidad Ind/mm2
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	*Nitzchia sp*	77
		Cocconeidales	Cocconeidaceae	*Cocconeis sp*	27
		Cymbellales	Cymbellaceae	*Cymbella sp*	15
				Pinnularia sp	23
			Gomphonemataceae	*Gomphonema sp*	132
			Rhoicospheniaceae	*Rhoicosphenia sp*	80
		Eunotiales	Eunotiaceae	*Eunotia sp*	14
		Fragilariales	Fragilariaceae	*Fragilaria sp*	23
				Synedra sp	5
		Licmophorales	Ulnariaceae	*Ulnaria sp*	5
		Mastogloiales	Achnanthaceae	*Achnanthidium sp*	3
		Naviculales	Amphipleuraceae	*Amphipleura sp*	4
				Frustulia sp	36
			Diploneidaceae	*Diploneis sp*	1
			Naviculaceae	*Caloneis sp*	4
				Gyrosigma sp	58
				Navicula sp	404
			Stauroneidaceae	*Stauroneis sp*	3
		Rhabdonematales	Tabellariaceae	*Asterionella sp*	1
				Tabellaria sp	3
		Surirellales	Surirellaceae	*Surirella sp*	8
	Coscinodiscophyceae	Melosirales	Melosiraceae	*Melosira sp*	4
Chlorophyta	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Microsporaceae	*Microspora sp*	1
			Scenedesmaceae	*Coelastrum sp*	1
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocales	Nostocaceae	*Anabaena sp*	3
		Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	*Lyngbya sp*	90

				Oscillatoria sp	396
		Spirulinales	Spirulinaceae	*Spirulina sp*	1
Protozoa	Lobosa	Arcellinida	Arcellidae	*Arcella sp*	2
			Difflugiidae	*Difflugia sp*	1
Total					1425

De los 30 taxones registrados, los más abundantes fueron Navicula sp, Oscillatoria sp, Gomphonema sp y Nitzchia sp. Estos representaron aproximadamente el 68% de los individuos registrados. El taxon abundante densidad de organismos de clase Bacillariophyceae se debe a que son organismos comunes en ecosistemas lóticos como (ríos, riachuelos y pequeños arroyos). El segundo taxon más abundante pertenece a las cianobacterias y es característico de ambientes enriquecidos en nutrientes y con altas descargar de aguas residuales.

41.5.1.3. Distribución espacial

Se evaluaron siete estaciones de muestreo, de las cuales la mayor densidad fue registrada en H_Ata_05 con un 44.3%, seguida por la estación H_AtaA_02 con 20.1.6%. La estación H_Ata_06, registro los valores más bajos de densidad con 1% (Figura 778).

Figura 777. *Densidad relativa de los géneros más abundantes colectados en la subzona hidrográfica del Río Atá.*

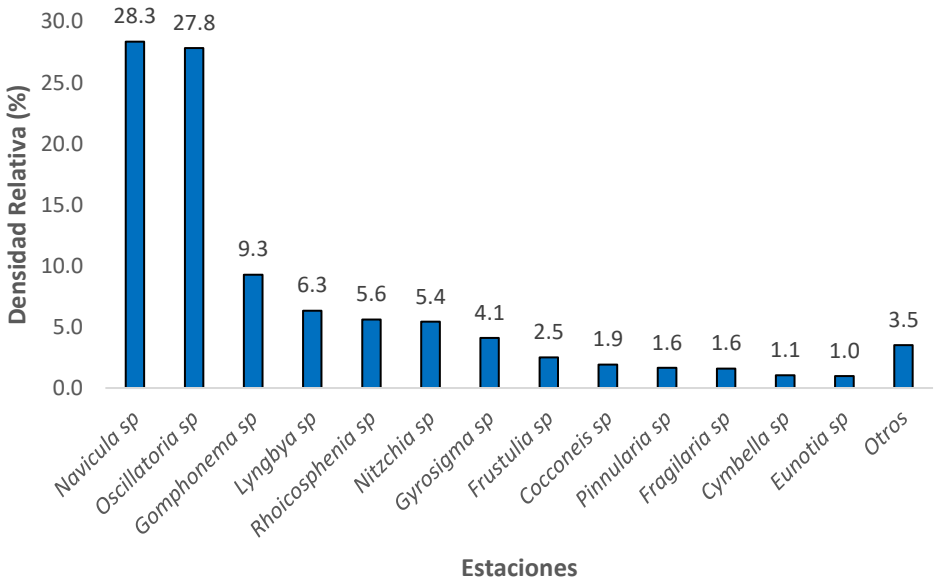
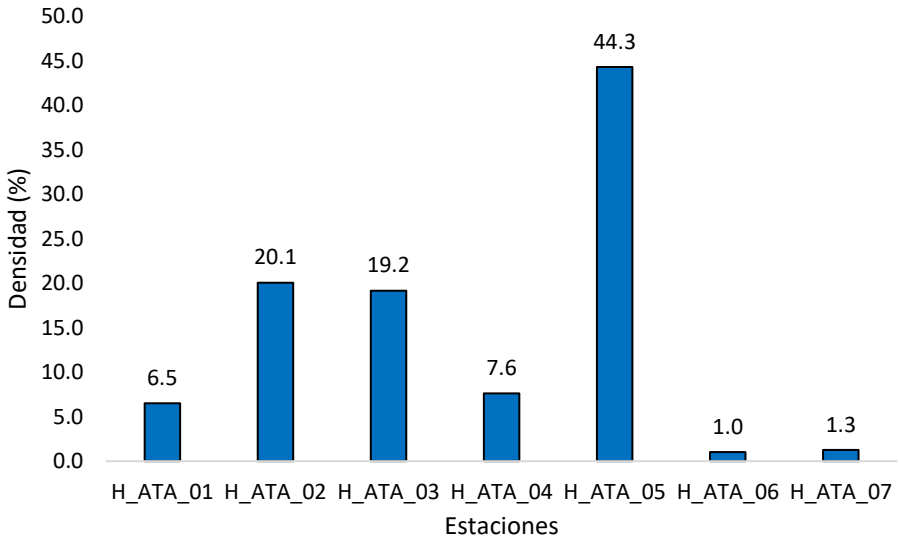


Figura 778. *Densidad relativa por estaciones de la subzona hidrográfica Río Atá.*

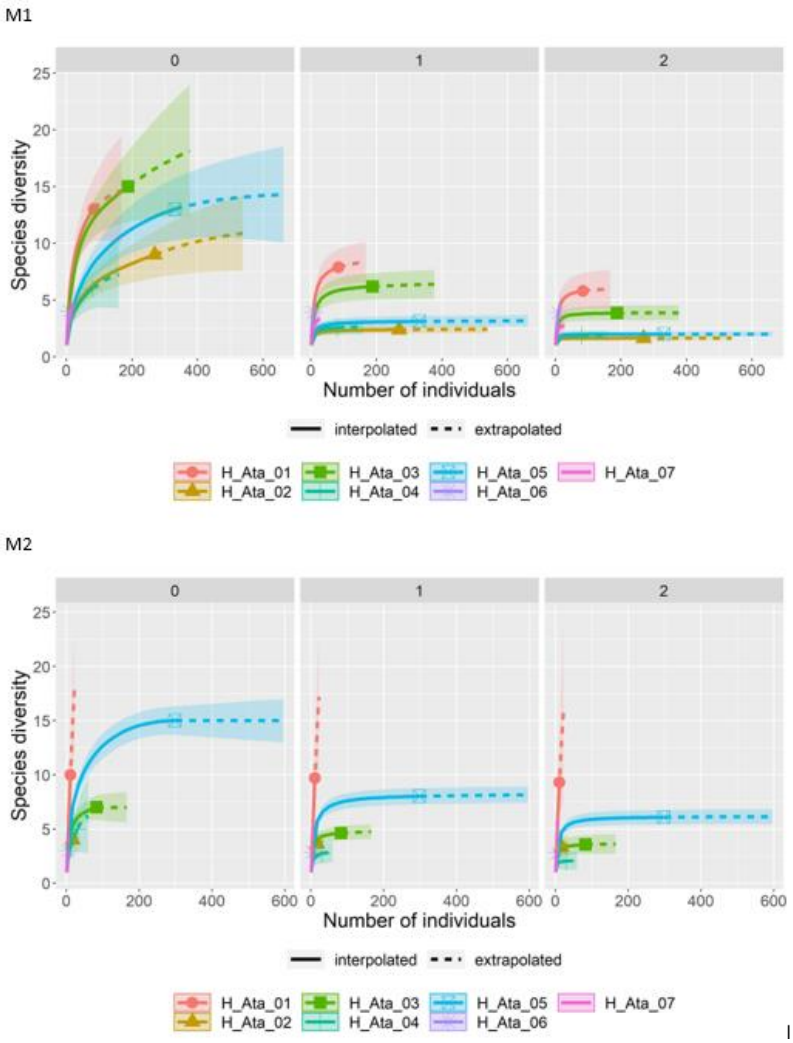


41.5.1.4. Diversidad

A partir de la extrapolación del número de especies teniendo en cuenta la riqueza especifica (0D), número de especies típicas (1D) y especies dominantes (2D), se determinó que las estaciones H_Ata_01 y H_Ata_03, fueron significativamente más diversas que las otras estaciones evaluadas en la subzona del Río Ata (Figura 4 5) Las estaciones menos diversas fueron H_ATA_02 y H_Ata_05. En esta temporada se observan diferencias significativas entre las estaciones H_Ata_01 y H_Ata_03 y H_ATA_02 y H_Ata_05.

Para el segundo muestreo, se observan diferencias con respecto al muestreo uno, de acuerdo con los órdenes 0D, 1D y 2D, en este caso las estaciones más diversas fueron y H_Ata_05 y H_Ata_01 y se evidencia que estas estaciones presentan diferencias significativas H_Ata_03 y H_Ata_04 (**Figura 779**).

***Figura 779**. Diversidad Alfa en las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Atá.*

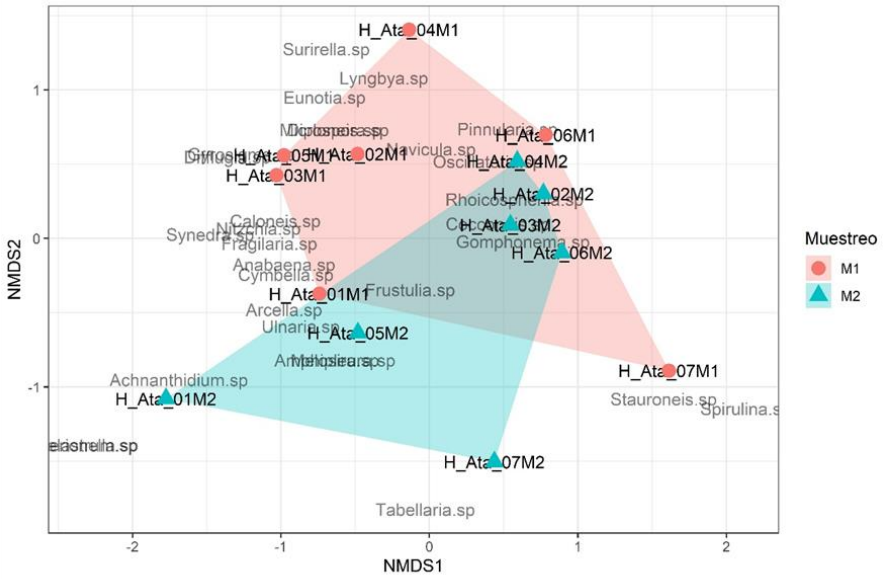


0=Riqueza especifica, 1= Exponente de Shannon y 2= Inverso de Simpson

41.5.1.5. Ensamblaje

Los resultados del escalamiento no métrico multidimensional (EMNM), permitieron evidenciar que la estación H_Ata_07, H_Ata_04 del muestreo uno y H_Ata_01, H_Ata_07 del muestreo dos fueron la más diferente en cuanto a la composición y estructura de la comunidad ya que se separaron de las demás. Esta se caracterizó por la presencia de Stauroneis sp. Las otras estaciones formaron un grupo debido a que comparten especies entre ellas. Los resultados del análisis NMDS teniendo en cuenta la presencia de los géneros (Jaccard) en cada una de las estaciones, no muestra agrupamientos definidos para los dos periodos de muestreo (M1: Rojo y M2: Azul). Al realizar la prueba estadística ANOSIM entre los grupos analizados, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas (p= 0,5) (Figura **780**)

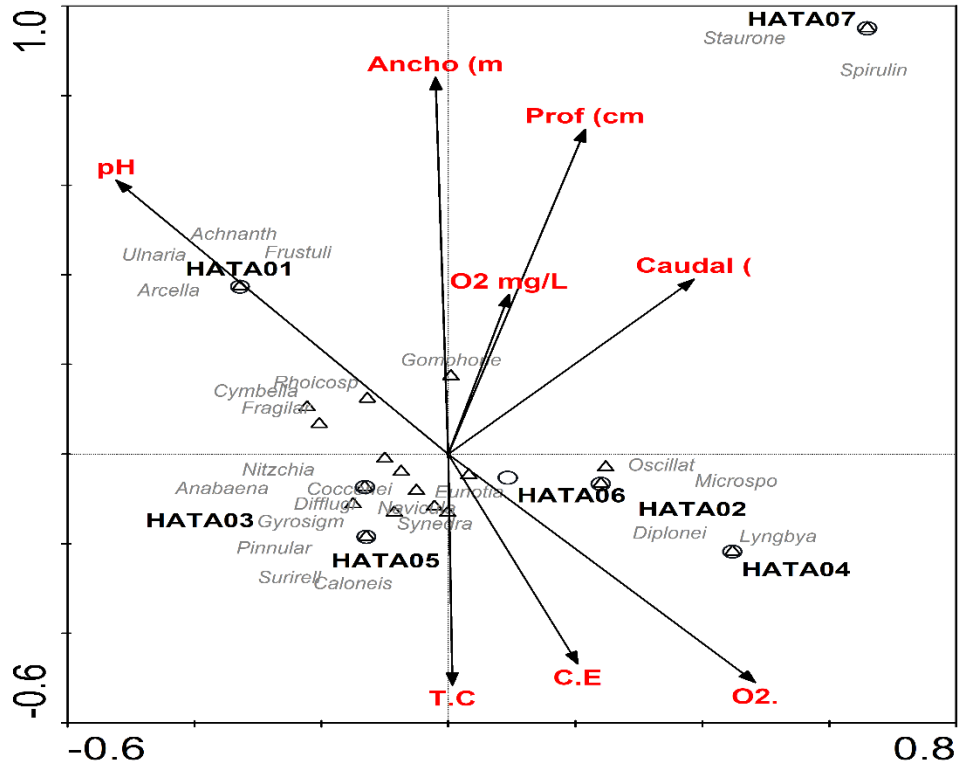
Figura 780. *Diagrama de ordenación NMDS para las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Atá*



41.5.1.6. Relación con variables fisicoquímicas

Según los resultados del análisis de correspondencia canónica (ACC), ninguna de las variables evaluadas influyó de manera significativa en la distribución de los taxones de la comunidad perifítica (p >0,005). Sin embargo, vale la pena resaltar que, en el diagrama de ordenación, se observó una separación en las estaciones evaluadas en la subzona hidrográfica del río Atá. La estación H_Ata_07, se separó de las restantes, por valores elevados de profundidad, caudal y oxígeno disuelto. En esta, se registraron taxones como Stauroneis sp y Spirulina sp los cuáles posiblemente podrían estar relacionados con estas variables. La estación H_Ata_01, se caracterizó por valores elevados de pH y taxones como *Ulnaria* sp, *Frustulia* sp, *Achnanthes* sp y *Arcella* sp. Las estaciones H_Ata_06, H_Ata_02 Y H_Ata_04 registraron valores elevados de conductividad eléctrica, temperatura y porcentaje de saturación de Oxígeno, los cuales se asociaron con taxones como *Microspora* sp, *Lyngbya* sp, *Diploneis* sp y *Oscillatoria* sp. Las estaciones H_Ata_03 Y H_Ata_05 se separaron de las restantes por valores bajos de oxígeno disuelto, profundidad y cauda. En esta los taxones característicos fueron *Caloneis* sp, *Surirella* sp, *Pinnularia* sp y *Gyrosigma* sp. (**Figura 781**).

Figura 781. *Análisis de Correspondencia Canónica para las variables fisicoquímicas y la abundancia de los taxones de la comunidad perifítica registradas en la subzona hidrográfica del*



Río Atá

41.5.1.7. Índice diatómico genérico (IDG)

Según los resultados del índice Diatómico Genérico (IDG), en general las estaciones evaluadas presentaron un nivel de contaminación muy intermedio a alto. Durante el muestreo uno las estaciones H_Ata_02 y H_Ata_05, registraron contaminación alta, por desaparición de especies sensibles y contaminación fuerte. Las estaciones restantes registraron contaminación muy fuerte. Durante el muestreo M2 se registraron niveles de contaminación inferiores siendo H_Ata_03 y H_Ata_05, las estaciones con contaminación alta, las demás se clasificaron en contaminación intermedia. Esto posiblemente se relaciona con las lluvias que generan un efecto de dilución en los cuerpos de agua mejorando temporalmente las condiciones de estos (**Tabla 607**).

Tabla 607. *Índice diatómico genérico de las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Ata.*

Cuerpo de agua	IDGM 1	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica	IDGM 2	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica
H_Ata_01	1.8	Muy alta	Contaminación muy fuerte		3.0	Intermedia	Contaminación media, eutrofización	

Cuerpo de agua	IDGM 1	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica	IDGM 2	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica
							acentuada	
H_Ata_02	2.1	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte		3.1	Intermedia	Contaminación media, eutrofización acentuada	
H_Ata_03	1.7	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.7	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Ata_04	1.5	Muy alta	Contaminación muy fuerte		3.3	Intermedia	Contaminación media, eutrofización acentuada	
H_Ata_05	2.2	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte		2.8	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Ata_06	1.4	Muy alta	Contaminación muy fuerte		3.3	Intermedia	Contaminación media, eutrofización acentuada	
H_Ata_07	1.1	Muy alta	Contaminación muy fuerte		3.4	Intermedia	Contaminación media, eutrofización acentuada	

41.5.2. Macroinvertebrados acuáticos

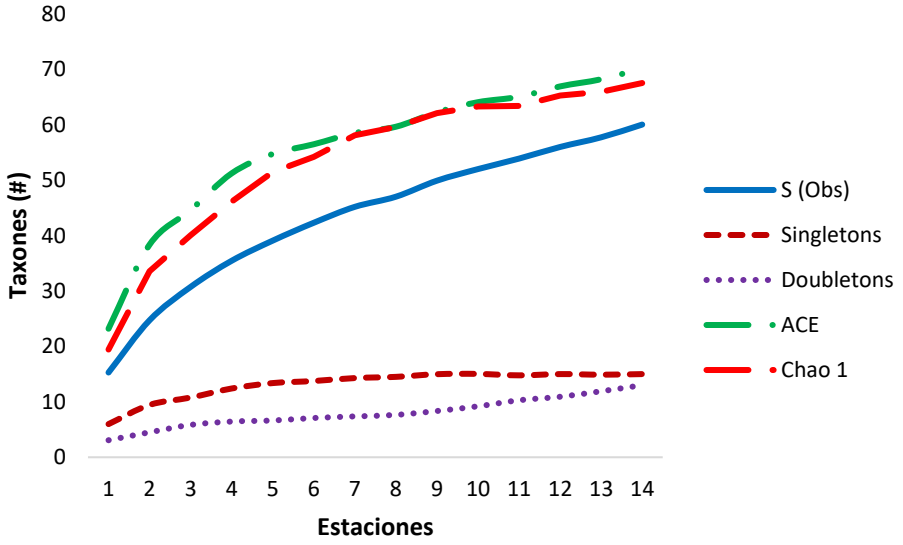
41.5.2.1. Representatividad.

Con respecto a los estimadores de riqueza se registró un número total de 60 géneros observados (Sobs) en las 14 estaciones evaluadas (siete en la subzona durante dos temporadas) para un total de 56 muestras que corresponden al 85.6% del valor esperado con el estimador de riqueza ACE y el 88.9% para Chao 1. Se estima un potencial máximo de 70 géneros (**Figura 782**).

Según los estimadores de riqueza se colecto la mayoría de los géneros que se podrían encontrar esta subzona hidrográfica, en estos cuerpos de agua se observa que en sus zonas altas se encuentra con una mayor conservación, no obstante, la geografía de la cuenca limita bastante los puntos de acceso a los afluentes lo cual es una limitante para la colecta de organismos (Reinoso et al., 2008).

Las condiciones ecológicas son muy variadas para el desarrollo de la comunidad, los tensores naturales y artificiales tienen impactos significativos sobre la comunidad, no obstante, existen mecanismos de resiliencia que permiten que los invertebrados puedan soportar y sobrevivir en estas corrientes (Hanson et al., 2010).

Figura 782. *Curva de acumulación de Macroinvertebrados acuáticos colectados en la subzona hidrográfica del rio Atá.*



Fuente: Autores (2022)

41.5.2.2. Composición

Se colectaron 1380 organismos distribuidos en tres filos, tres clases, 10 órdenes, 37 familias y 60 géneros (**Tabla 608**).

Tabla 608. *Composición de los macroinvertebrados acuáticos registrados en la subzona hidrográfica del rio Atá.*

Filo	Clase	Orden	Familia	Genero	Abundancia
Platyhelminthes	Rhabditophora	Neoophora	Dugesiidae	*Girardia*	2
Annelida	Clitellata	Tubificida	Naididae	*Tubifex*	2
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Carabidae	Carabidae sp	1
			Dryopidae	*Dryops*	1
			Dytiscidae	*Laccophilus*	1
				Neobidessus	1
			Elmidae	*Cylloepus*	4
				Heterelmis	127
				Hexanchorus	1
				Huleechius	4
				Macrelmis	7
				Microcylloepus	6
				Phanocerus	6
			Hydrophilidae	*Crenitulus*	1
			Lutrochidae	*Lutrochus*	1
			Ptilodactylidae	*Anchytarsus*	6
			Staphylinidae	*Thinodromus*	1
		Diptera	Blephariceridae	*Limonicola*	3
			Ceratopogonidae	*Alluaudomyia*	4
				Atrichopogon	2
			Chironomidae	Chironominae	311

			Orthocladiinae	198
			Tanypodinae	5
		Empididae	*Chelifera*	4
			Hemerodromia	1
		Psychodidae	*Maruina*	5
			Psychoda	1
		Simuliidae	*Simulium*	58
		Tipulidae	*Hexatoma*	6
			Molophilus	11
	Ephemeroptera	Baetidae	*Americabaetis*	8
			Baetodes	128
			Camelobaetidius	39
			Moribaetis	2
			Prebaetodes	2
		Leptohyphidae	*Leptohyphes*	229
		Leptophlebiidae	*Hydrosmilodon*	4
			Thraulodes	38
			Traverella	2
		Oligoneuriidae	*Lachlania*	4
	Hemiptera	Corixidae	*Tenagobia*	1
		Gerridae	*Trepobates*	5
		Naucoridae	*Cryphocricos*	2
			Limnocoris	2
		Veliidae	*Rhagovelia*	5
	Megaloptera	Corydalidae	*Corydalus*	2
	Odonata	Calopterygidae	*Hetaerina*	1
		Gomphidae	*Progomphus*	1
	Plecoptera	Perlidae	*Anacroneuria*	23
	Trichoptera	Calamoceratidae	*Phylloicus*	2
		Glossosomatidae	*Culoptila*	19
		Helicopsychidae	*Helicopsyche*	2
		Hydrobiosidae	*Atopsyche*	6
		Hydropsychidae	*Leptonema*	23
			Leptonema	5
			Smicridea	38
		Hydroptilidae	*Leucotrichia*	2
		Leptoceridae	*Atanatolica*	2
			Nectopsyche	1
		Polycentropodidae	*Polycentropus*	1

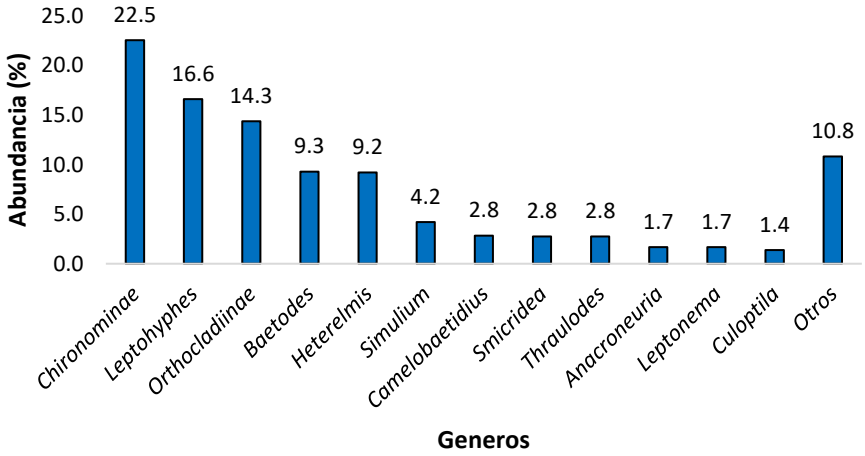
Fuente: Autores (2022).

A nivel de orden, los que tuvieron mayor abundancia fueron Díptera con 362 organismos (50.8%), Ephemeroptera con 206 organismos (28.9%) y Coleoptera con 92 organismos (12.9%). Los patrones de abundancia registrados son similares a lo observado en las cuencas andinas (Vásquez y Reinoso, 2012).

En cuanto a familias, las más abundantes fueron Chironomidae (44.5%), Baetidae (14.2%) y Elmidae (11.7%) mientras que Perlidae, Ptilodactylidae, Tipulidae, Empididae, Naucoridae, Oligoneuriidae, Blephariceridae, Ceratopogonidae, Dytiscidae, Hydrobiosidae, Naididae, Calamoceratidae, Corydalidae, Glossosomatidae, Hydrophilidae, Leptoceridae, Lutrochidae, Polycentropodidae, Psychodidae y Veliidae (>1%).

A nivel de géneros, los más abundantes fueron Chironominae sp. (22.5%), seguido de *Leptohyphes* (16.6%) y Orthocladiinae (14.3%). De los 60 géneros registrados 36 de ellos registran un valor inferior al 1%, estos son *Microcylloepus, Americabaetis, Anacroneuria, Anchytarsus, Leptonema, Hydrosmilodon, Phanocerus, Hexatoma, Lachlania, Macrelmis, Atopsyche, Atrichopogon, Chelifera, Cryphocricos, Huleechius, Limonicola, Molophilus, Moribaetis, Prebaetodes, Tanypodinae, Traverella, Tubifex, Atanatolica, Corydalus, Crenitulus, Culoptila, Cylloepus, Hemerodromia, Laccophilus, Limnocoris, Lutrochus, Neobidessus, Phylloicus, Polycentropus,* Psychoda y *Rhagovelia* (**Figura 783**).

Figura 783. *Abundancia relativa de los géneros más abundantes colectados en la subzona hidrográfica del río Atá.*



Fuente: Autores (2022).

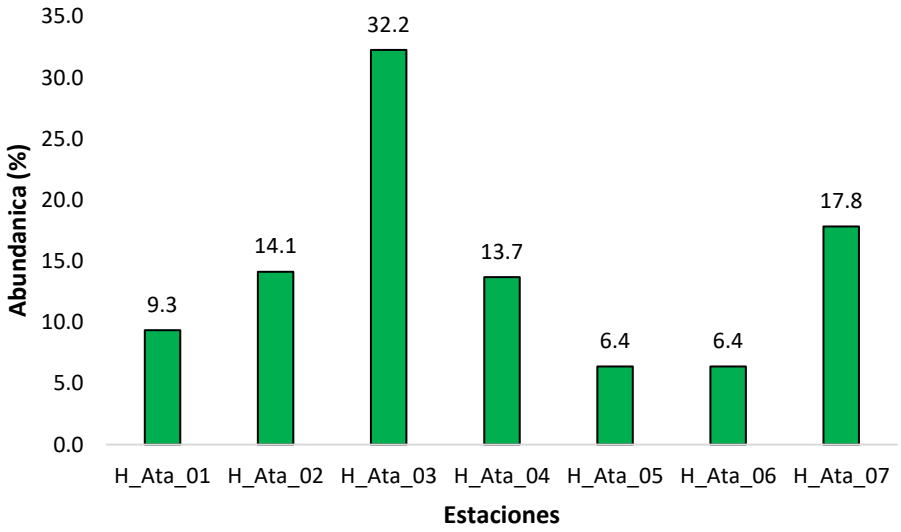
La subzona hidrográfica del río Atá presenta gran cantidad de tributarios importantes, sin embargo, se evidencia que la cuenca en general está influenciada por la actividad de los municipios de Planadas y Ataco, que tiene un fuerte impacto sobre la dinámica de los ecosistemas, esto se evidencia en la gran cantidad de material particulado que transporta, que, Otro factor a tener en consideración es la geografía escarpada de la cuenca, la cual limita el acceso a la zona alta, lo cual aumenta el caudal y limita el asentamiento de algunos sustratos, lo cual puede ser un factor decisivo en la colonización de los invertebrados (Reinoso et al., 2008).

41.5.2.3. Distribución espacial

Se establecieron siete estaciones de muestreo, tres en el cauce principal del rio, y cuatro tributarios (q. El Quebradon, río Claro, q. Montalvo y q. El Cóndor. Se registró la

mayor abundancia en el río Claro (H_Atá_03) con 445 organismos (32.2%), seguido del río Atá (H_Atá_07) con 246 organismos (17.8%) (**Figura 784**).

Figura 784. *Abundancia relativa por estaciones de la subzona hidrográfica del río Atá.*



Fuente: Autores (2022).

Las estaciones del río Atá presentan cambios drásticos en la abundancia, en particular las asociadas a las quebradas Montalvo y el Cóndor (H_Atá_04 y H_Ata_05) presentan una baja cantidad de organismos, esto puede atribuirse a factores como el caudal en la quebrada Montalvo y carga orgánica en el Cóndor, estos factores influyen directamente en las poblaciones evaluadas. Otro factor a tener en consideración durante la colecta fue la presencia de lluvias, las cuales modifican el caudal y obligan a los organismos a derivar, esto significa limitaciones en la presencia de los organismos, así como su detección y captura (Tamariz et al., 2013).

En cuanto a los géneros registrados Chironominae, Orthocladiinae, *Baetodes, Simulium* y *Leptohyphes*, se colectaron en la mayoría de las estaciones de la subzona hidrográfica del río Atá, estos taxones son comunes en los monitoreos y son capaces de sobrevivir en una gran variedad de ambientes (**Tabla 609**). Del material colectado los géneros *Limnocoris, Lutrochus, Microcylloepus, Molophilus, Moribaetis, Neobidessus, Phylloicus, Polycentropus, Prebaetodes, Psychoda, Rhagovelia, Tanypodinae, Traverella* y *Tubifex* indicaron una distribución restringida a una sola estación.

La variedad de ambientes que oferta la subzona hidrográfica del río At, permite el desarrollo y colonización de los Macroinvertebrados acuáticos, sin embargo existe un gran número de tensores antropogénicos a lo largo del cauce principal del río, entre

ellos se encuentran las descargas de aguas negras de los centros poblados de Gaitania, Planadas y Santiago Pérez, entre otros, la extracción de arena a gran escala y los continuos derrumbes que aportan gran cantidad de sedimentos, todos estos factores afectan la dinámica de las poblaciones.

Tabla 609. *Distribución espacial de los macroinvertebrados acuáticos registrados en la subzona hidrográfica del río Atá.*

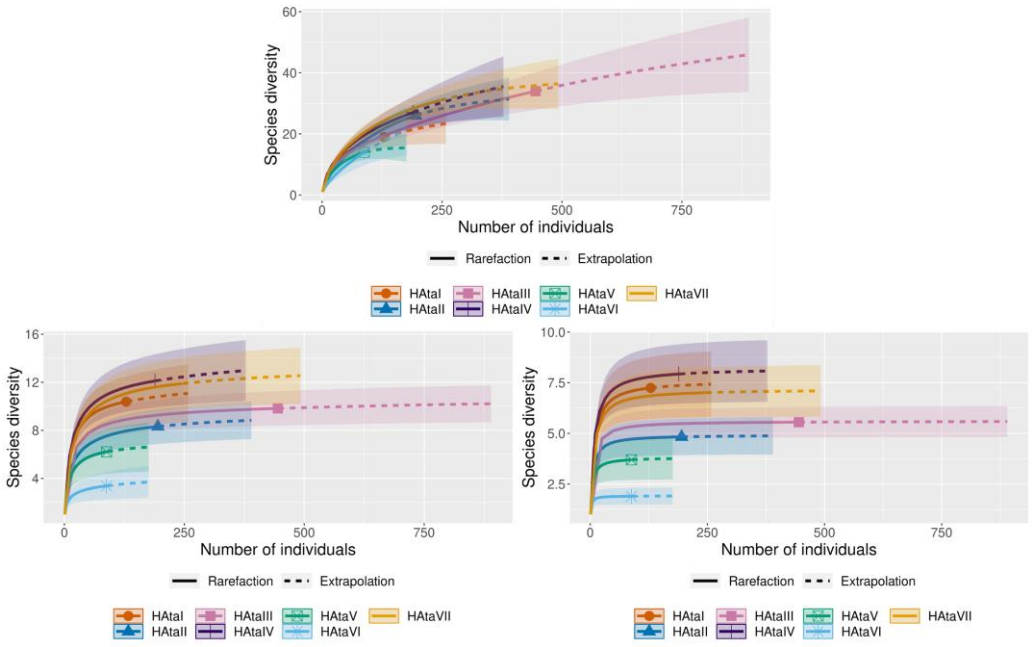
Genero	H_Ata_01	H_Ata_02	H_Ata_03	H_Ata_04	H_Ata_05	H_Ata_06	H_Ata_07
Alluaudomyia	1	0	1	0	0	0	2
Americabaetis	3	1	1	1	0	1	1
Anacroneuria	3	2	16	0	0	0	2
Anchytarsus	0	2	0	2	0	0	2
Atanatolica	0	0	1	0	0	1	0
Atopsyche	0	1	3	1	0	0	1
Atrichopogon	0	1	0	0	1	0	0
Baetodes	8	41	45	16	5	9	4
Camelobaetidius	17	2	10	4	0	3	3
Carabidae sp	0	0	1	0	0	0	0
Chelifera	1	2	0	0	0	0	1
Chironominae	30	28	45	47	42	63	56
Corydalus	0	0	0	1	0	0	1
Crenitulus	0	0	1	0	0	0	0
Cryphocricos	0	0	0	0	0	0	2
Culoptila	0	0	12	4	2	0	1
Cylloepus	0	0	0	3	0	1	0
Dryops	0	0	1	0	0	0	0
Girardia	0	0	0	0	2	0	0
Helicopsyche	0	1	1	0	0	0	0
Hemerodromia	0	0	0	0	0	0	1
Hetaerina	0	0	0	1	0	0	0
Heterelmis	5	3	23	32	1	0	63
Hexanchorus	0	1	0	0	0	0	0
Hexatoma	0	0	2	1	0	0	3
Huleechius	0	0	1	3	0	0	0
Hydrosmilodon	0	0	0	0	0	0	4
Laccophilus	0	0	0	1	0	0	0
Lachlania	1	1	2	0	0	0	0
Leptohyphes	6	9	164	17	2	2	29
Leptonema	0	4	2	6	0	1	10
Leptonema	5	0	0	0	0	0	0
Leucotrichia	0	0	2	0	0	0	0
Limnocoris	0	0	0	0	2	0	0
Limonicola	1	1	0	1	0	0	0
Lutrochus	0	0	1	0	0	0	0
Macrelmis	2	1	1	1	1	0	1
Maruina	0	0	0	5	0	0	0
Microcylloepus	0	0	0	0	0	0	6
Molophilus	0	2	2	3	1	1	2
Moribaetis	0	1	1	0	0	0	0
Nectopsyche	0	0	1	0	0	0	0
Neobidessus	0	0	0	0	0	0	1
Orthocladiinae	29	72	54	22	7	0	14
Phanocerus	1	2	1	1	0	0	1
Phylloicus	0	0	1	0	0	1	0
Polycentropus	0	0	0	0	0	0	1
Prebaetodes	0	0	0	0	2	0	0
Progomphus	0	0	0	0	0	1	0
Psychoda	0	0	0	1	0	0	0
Rhagovelia	0	0	0	0	0	0	5
Simulium	6	8	19	2	14	2	7
Smicridea	7	3	6	2	6	1	13
Tanypodinae	0	1	1	1	0	0	2
Tenagobia	0	0	1	0	0	0	0

Thinodromus	1	0	0	0	0	0	0
Thraulodes	2	3	17	10	0	1	5
Traverella	0	0	0	0	0	0	2
Trepobates	0	0	5	0	0	0	0
Tubifex	0	2	0	0	0	0	0

41.5.2.4. Diversidad

Según lo observado en la extrapolación de número de géneros en las estaciones de la subzona hidrográfica del rio Atá, se puede establecer que los valores de riqueza (0D) registrados fueron similares para todas las estaciones, los cuales oscilan entre 6 y 26 géneros, siendo las estaciones con mayor número de géneros el río Atá (H_Atá_07) con 26 y el río Claro (H_Ata_03) con 19 (**Figura 785**).

Figura 785. *Diversidad Alfa en las estaciones de la subzona hidrográfica del río Atá.*



Fuente: Autores (2022).

La grafica de diversidad para la riqueza según sus intervalos de confianza, muestra que existen diferencias a nivel de riqueza, no obstante, la extrapolación indica que aún existe el potencial de hallar un número mayor de géneros, se denota que hace falta muestrear más para conseguir la representatividad total de los géneros que pueden existir en esa estación. Los valores relacionados a los taxones típicos o comunes (1D), indican un valor más alto en rio Atá (H_Ata_07) con 11.2 géneros, seguido del rio Atá (H_Atá_01) con 8.9, no se observan diferencias en cuanto a los géneros comunes, según los intervalos de confianza, lo cual indica que la comunidad tiende a la homogeneidad.

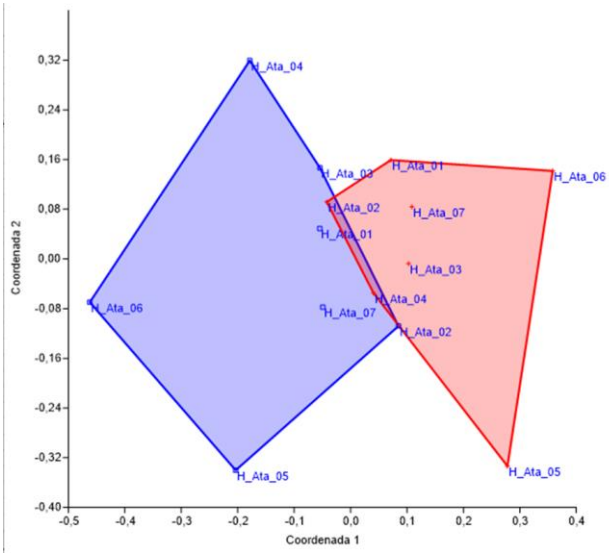
De acuerdo con el número de taxones dominantes (2D), se observa un comportamiento similar en las cuatro estaciones, los valores de taxones dominantes se encuentran solapados, por lo que se puede asumir que los taxones dominantes otorgan cierta uniformidad a la comunidad. La diversidad en la subzona hidrográfica del rio Atá y sus tributarios es bastante homogénea, no existen cambios drásticos a lo largo de la cuenca, incluso con cambios presiones importantes, la composición esta mediada por organismos comunes y generalistas lo cual funciona como base para la riqueza encontrada en cada una de las estaciones, además existen disturbios naturales que inciden directamente en la distribución de los organismos y puede limitar la diversidad de la subzona (Reinoso et al., 2008).

41.5.2.5. Ensamblaje

Los resultados del análisis de similitud teniendo en cuenta la presencia de los géneros (Jaccard) en cada una de las estaciones, muestra agrupamientos parcialmente definidos (**Figura *786***).

Se observa un porcentaje de similaridad entre el 20 al 50 %, Siendo la las estaciones H_Ata_01 y H_Ata_03 las que mayor cantidad de organismos comparten, aun cuando son cuerpos de agua distintos, el río Claro es tributario del cauce principal del río Atá, por lo cual se presenta un flujo continuo de biomasa y organismos que derivan, por lo que pueden encontrarse organismos parecidos, además las dos estaciones, muestran cierta lejanía de los centros poblados principales, lo cual permite un mayor grado de conservación y por ende más estabilidad en las poblaciones.

Figura 786. *Diagrama NMDS para las estaciones de la subzona hidrográfica del río Atá.*

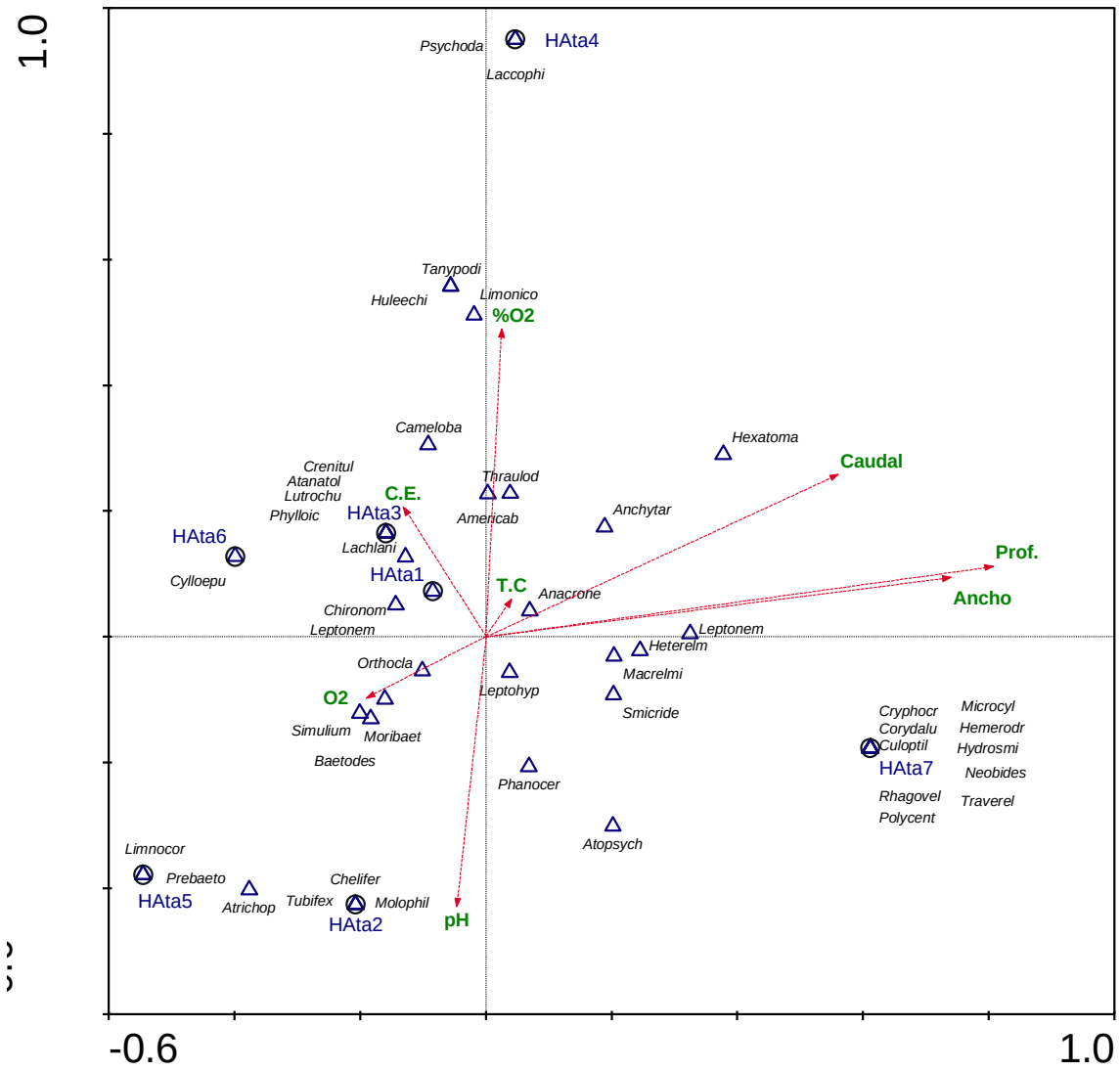


Fuente: Autores (2022).

41.5.2.6. Relación con variables fisicoquímicas

Según el ACC y la prueba de Monte Carlo, la profundidad, conductividad eléctrica, ancho, caudal, temperatura y saturación de oxigeno presentan efectos condicionantes sobre la distribución de los organismos y se asume que modulan la dinámica de la comunidad de macroinvertebrados (**Figura 787**).

Figura 787. *Análisis de Correspondencia Canónica para las variables fisicoquímicas y la abundancia de los taxones de macroinvertebrados acuáticos registrados en la subzona hidrográfica del río Atá.*



Se pueden observar algunas asociaciones entre las variables fisicoquímicas y los grupos de macroinvertebrados con las estaciones evaluadas, en general, no se puede establecer un comportamiento definido en la dinámica de la cuenca, según los resultados obtenidos cada estación tiene un comportamiento diferente en función de

las variables con las que interactúa, dando indicios de que pueden estar ocurriendo eventos de eutrofización a causa de los nutrientes y iones disueltos (Ramirez y Viña, 1998; Roldan y Ramirez, 2008).

Se observa una relación positiva directa en las estaciones H_Ata_01 y H_Ata_03 con la conductividad electrica, además, en este compendio se encuentran varios generos restringidos a esas estaciones. Según lo indicado en el diagrama cada estación esta regida por una dinámica particular y por diversas presiones antropogénicas que permiten el establecimiento y desaparición de las poblaciones de Macroinvertebrados acuáticos, adicionalmente la gran cantidad de tributarios permite que el ecosistema sea resiliente ante estos cambios y presente cierta estabilidad ecológica en el río.

41.5.2.7. Índice de calidad Ambiental BMWP/Col

Se determinó la calidad de agua basada en la cantidad de familias y el puntaje BMWP/Col, las estaciones de la subzona hidrográfica del Atá exhiben un comportamiento homogéneo en cuanto al estado ecológico de sus aguas en los dos periodos de muestreo (**Tabla 610**).

Tabla 610. *Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica del rio Atá.*

Cuerpo de agua	BMWP/Col	Calidad	Clase	BMWP/Col	Clase	Calidad
Río Atá	76	Aceptable	II	52	Dudosa	III
El Quebradon	66	Aceptable	II	94	Aceptable	II
Río Claro	93	Aceptable	II	123	Buena	I
Q. Montalvo	70	Aceptable	II	85	Aceptable	II
Q. El Cóndor	31	Dudosa	III	47	Dudosa	III
Río Atá	32	Dudosa	III	54	Dudosa	III
Río Atá	126	Buena	I	46	Dudosa	III

Fuente: Autores (2022).

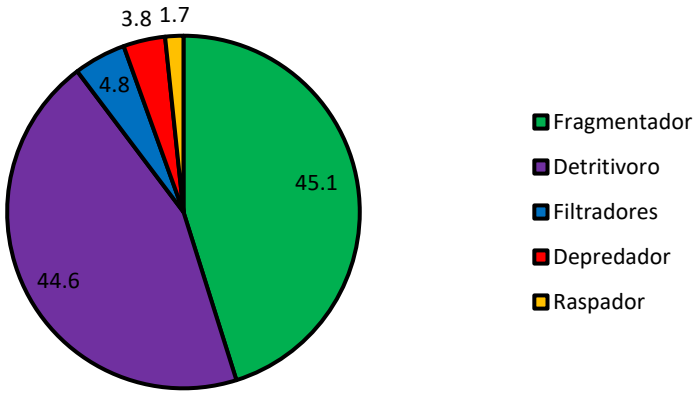
En ambos muestreos se observa una calidad de agua en su mayoría aceptable, esto se puede relacionar a las condiciones geográficas que permiten cierta independencia de los asentamientos humanos. Las estaciones que presenta una calidad dudosa en sus aguas son la quebrada El Cóndor (H_Ata_05) y el rio Atá (H_Ata_06) los cuales están cercanos al centro poblado El Cóndor y reciben toda la carga contaminante de la población aledaña lo que limita fuertemente la colonización de cualquier forma de vida animal (Roldan, 2003).

41.5.2.8. Gremios tróficos

Se identificaron cinco gremios tróficos de los cuales el fragmentador fue el más abundante (45.1%), seguido de detritivoro (44.6%), filtrador (4.8%), depredador (3.8%) y por último raspador (1.7%) (**Figura *788***).

En general la abundancia registrada corresponde al patrón normal encontrado donde los organismos herbívoros son los que se presentan en mayor cantidad, de este modo los organismos detritívoros se alimentan de materia orgánica desmenuzada proveniente de origen natural o artificial, y es común en ríos con gran capacidad de transporte de materiales, por otro lado los fragmentadores se relacionan directamente con la cantidad de hojarasca presente en el medio, estas cuencas de zona alta cuentan con bosques riparios abundantes que aportan un recurso continuo para estos animales. (Sevilla y Villar, 2008).

Figura 788. *Distribución de los gremios tróficos de macroinvertebrados acuáticos de la subzona hidrográfica del río Atá.*



Fuente: Autores (2022).

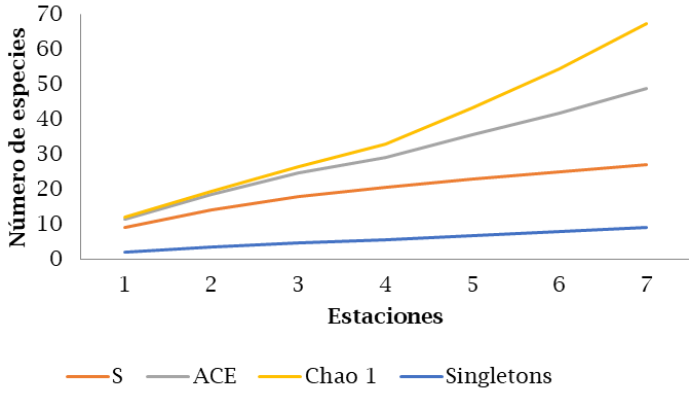
41.5.3. Ictiofauna

41.5.3.1. Representatividad

Las curvas de acumulación de especies muestran un incremento sucesivo a lo largo del muestreo realizado en la subzona hidrográfica del río Atá. Sin embargo, el porcentaje de especies capturadas (S) fue bajo. Según los estimadores de riqueza ACE y Chao 1, se evidencia que el número de especies observada (S = 27) corresponde al 85 % y 93 % de las especies esperadas, es decir, 56 y 40 especies, respectivamente. En

relación a la composición íctica en una muestra, según Colwell & Elsensohn (2014) las especies con menos de 10 individuos pueden considerarse como raras. Tal es el caso de nueves especies que fueron colectadas una sola vez (singletons) (p.e., *Astyanax* sp., *Dolichancistrus carnegiei*, *Trichomycterus* sp.2 "retropinnis" y *Trichomycterus tetuanensis*) (**Figura 789**).

Figura 789 Curva de acumulación de especies ícticas en las estaciones de la subzona hidrográfica río Atá.



41.5.3.2. Composición

En la subzona hidrográfica del río Atá se colectaron 708 individuos, pertenecientes a 27 especies, distribuidas en tres órdenes y ocho familias. El orden Siluriformes con 14 especies registró la mayor riqueza, seguido de Characiformes con 11 y Blenniiformes con dos. Con relación a la abundancia por familia, Characidae registró 374 individuos, seguida de Trichomycteridae con 157 individuos, Astroblepidae con 116 y las demás familias con menos de 3% de abundancia relativa (Tabla 611).

Tabla 611. Composición íctica registrada en la subzona hidrográfica del río Atá.

Orden	Familia	Genero	Especie	Abundancia
Blenniiformes	Poeciliidae	*Poecilia*	*Poecilia caucana*	2
			Poecilia sp.	1
Characiformes	Characidae	*Argopleura*	*Argopleura magdalenensis*	4
		Astyanax	*Astyanax* sp.	18
		Creagrutus	*Creagrutus dulima*	116
			Creagrutus magdalenae	26
		Gephyrocharax	*Gephyrocharax melanocheir*	26
		Hemibrycon	*Hemibrycon* sp. 1	9
			Hemibrycon sp. 2	174

		Saccoderma	*Saccoderma hastata*	1
	Crenuchidae	*Characidium*	*Characidium* cf. *phoxocephalum*	1
			Characidium cf. *zebra*	19
	Parodontidae	*Parodon*	*Parodon magdalenensis*	4
Siluriformes	Astroblepidae	*Astroblepus*	*Astroblepus grixalvii*	33
			Astroblepus homodon	21
			Astroblepus sp.	32
	Heptapteridae	*Imparfinis*	*Imparfinis usmai*	30
		Pimelodella	*Pimelodella floridablancaensis*	13
		Rhamdia	*Rhamdia guatemalensis*	7
	Loricariidae	*Chaetostoma*	*Chaetostoma leucomelas*	1
			Chaetostoma milesi	1
			Chaetostoma thomsoni	10
		Dolichancistrus	*Dolichancistrus carnegiei*	1
		Lasiancistrus	*Lasiancistrus caucanus*	1
	Trichomycteridae	*Trichomycterus*	*Trichomycterus* sp.2	1
			Trichomycterus banneaui	155
			Trichomycterus tetuanensis	1

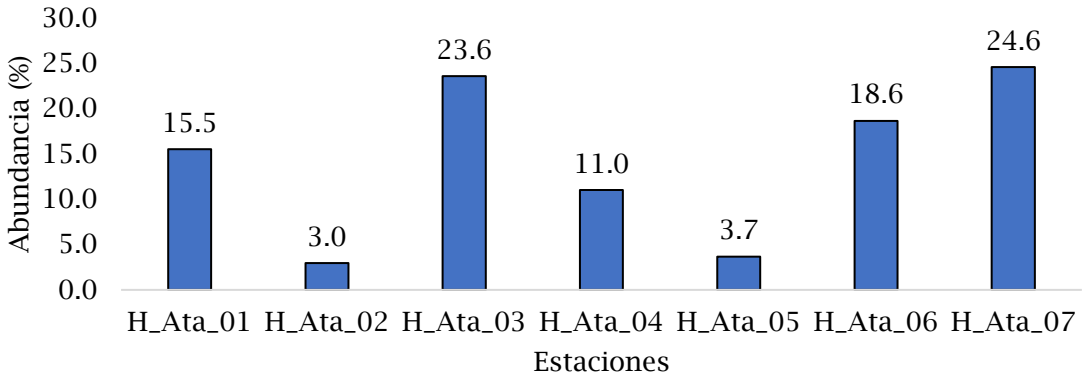
Fuente: Autores (2022).

41.5.3.3. Distribución espacial

Con respecto a la distribución de las abundancias entre las estaciones evaluados, es posible observar que H-Ata-07 registró la mayor abundancia con AR= 24 %, seguido de H-Ata-03 con AR= 23 %, H-Ata-06 con AR= 16 %, H-Ata-01 con AR= 15 %, H-Ata-05 con AR= 3,7 % y H-Ata-02 con AR= 3 %. Estas últimas estaciones registran abundancias relativas inferiores al 8 % entre quebradas y puntos sobre el río Atá. Es relevante mencionar las quebradas son un resguardo de una alta diversidad de peces y valores altos de abundancia debido que representan aproximadamente el 15 % de la abundancia total (Figura 790).

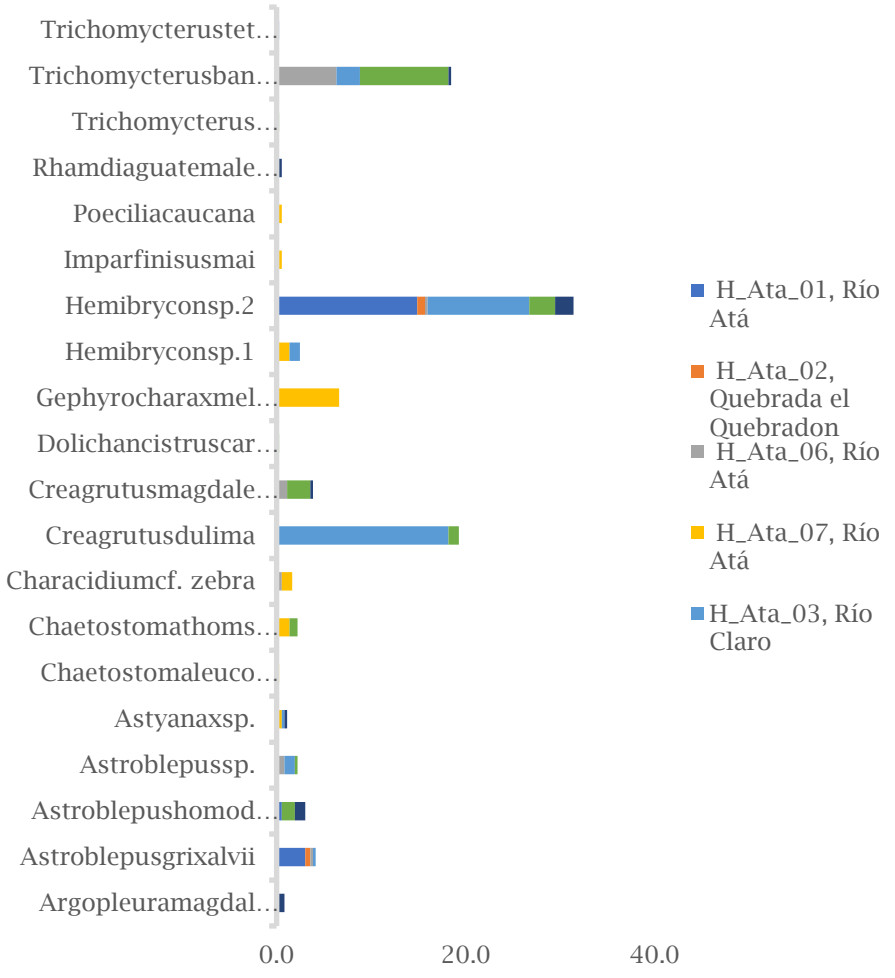
Por otro lado, en cuanto a la distribución espacial de las especies, es posible observar tres especies dominantes, *Trichomycterus banneaui*, *Hemibrycon* sp.2 y *Creagrutus dulima*, representando el 63 % de la abundancia total. Sin embargo, *Creagrutus dulima* y *Trichomycterus banneaui,* únicamente se registran en tres de las siete estaciones sobre la subzona hidrográfica del río Atá. En cambio, *Hemibrycon* sp.2 en seis de siete estaciones.

Figura 790. Abundancia relativa por estaciones de la subzona hidrográfica del río Atá.



Fuente: Autores (2022).

Figura 791. Abundancia relativa por especies de la subzona hidrográfica del río Atá.



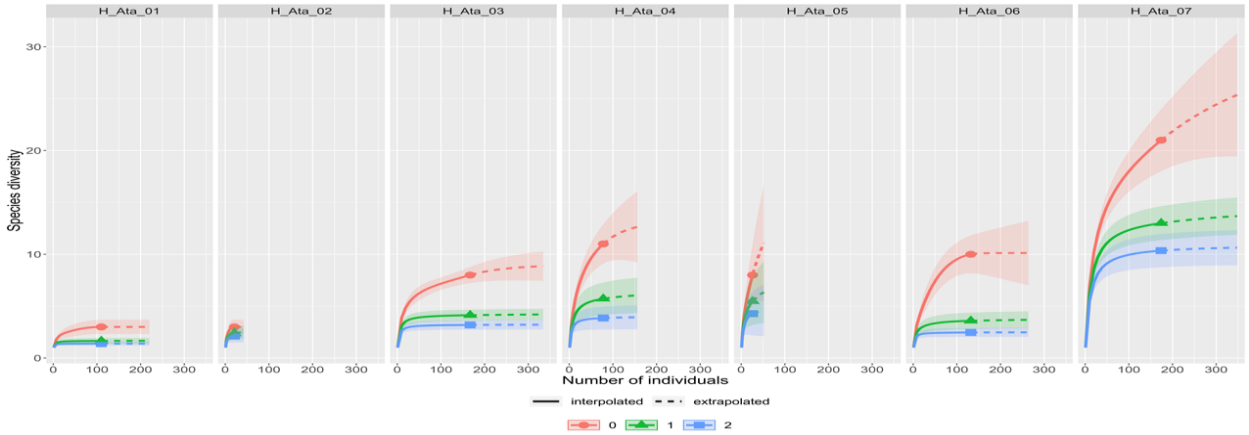
Asimismo, se observan tres especies comunes (Astroblepus sp., Astroblepus grixalvii y Astyanax sp.) es decir con una amplia distribución a lo largo de las estaciones evaluadas. Ambas especies se observan en cuatro de las siete estaciones. Y, seis especies (Chaetostoma leucomelas, Dolichancistrus carnegiei, Gephyrocharax melanocheir, Poecilia caucana, Trichomycterus sp.2 y Trichomycterus tetuanensis), son exclusivas de al menos una estación. Las demás se distribuyen dos otres estaciones. Lo anterior refleja una evidente variación en la tolerancia y establecimiento diferencial de las especies registradas a lo largo del río Atá. Para el caso de las especies de presencia exclusivas el mantenimiento de condiciones óptimas con clave para preservarlas. Por ejemplo, rápidos, remansos, sustratos de hojarasca, arena y roca, cobertura vegetal riparia y heterogeneidad de sustratos son microhábitat y nichos de algunas de estas especies.

41.5.3.4. Diversidad

En cuanto a la diversidad de especies usando los números de Hill, se observó que la riqueza de especies (q=0) fue mayor en las estaciones ubicadas en las quebradas H-Ata-07 con 21 spp., seguido se encuentran las estaciones H-Ata-04, H-Ata-06 con valores de riqueza entre 10 y 11 especies, respectivamente, y finalmente la estaciones con menor número de especies registradas en H-Ata-01, H-Ata-02 y H-Ata-05 con 4, 4, y 8 spp., respectivamente. Con respecto al número de especies comunes (q=1) y número de especies dominantes (q=2), se observó una tendencia similar a la anteriormente mencionada, es así como las estaciones más diversas se observan en H-Ata-07, H-Ata-06, H-Ata-03 Y H-Ata-04 y finalmente -ATA-01, H-Ata-02 tiene valores inferiores de diversidad (Figura 792). Por ejemplo, con la medida de diversidad de orden 1 se encontró que la estaciones con mayores valores de diversidad como es el caso de H-Ata-07, H-Ata-06, H-Ata-03 Y H-Ata-04 tienen una diversidad igual a la que tendría una comunidad teórica de 13, 3.5, 4.1 y 5.7 especies, donde todas ellas tuvieran la misma abundancia. Por su parte, las demás estaciones tienen una diversidad igual a la que tendría una comunidad de menos de 2,5 especies.

Al expresar estas equivalencias, se concluye que las estaciones más diversidad son el promedio 8 veces más diversa en especies de peces que las estaciones menos diversas. Lo anterior se soporta por medio de los intervalos de confianza y las curvas de rarefacción e interpolación, dado que no se observaron intervalos solapados entre las estaciones en estas relaciones, y por tanto se establecen diferencias significativas.

Figura 792. Diversidad Alfa en las estaciones de la subzona hidrográfica del río Atá

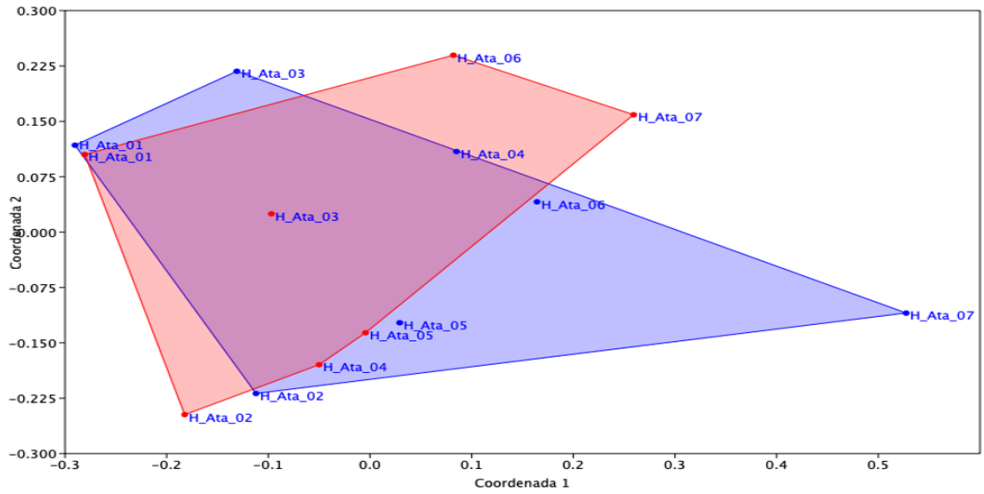


Fuente: Autores (2022).

41.5.3.5. Ensamblaje

De acuerdo con los resultados obtenidos por el NMDs (Non-metric multidimensional scaling) (stress = 0.15), permitieron observar que no existen diferencias en las abundancias de los ensamblajes de especies entre las estaciones evaluadas. Según el diagrama de ordenación, se observa que H-Ata-07 difieren en términos de composición y estructura. Las demás estaciones comparten especies entre los demás puntos monitoreo. Esto se evidencia en el plano donde estas se encuentran alejadas entre sí. Asimismo, la composición de algunas estaciones registra al menos una especie exclusiva o variaciones de la abundancia entre el ensamblaje (Figura 793).

Figura 793. Diagrama de ordenación NMDS para las estaciones de la subzona hidrográfica del río Atá.



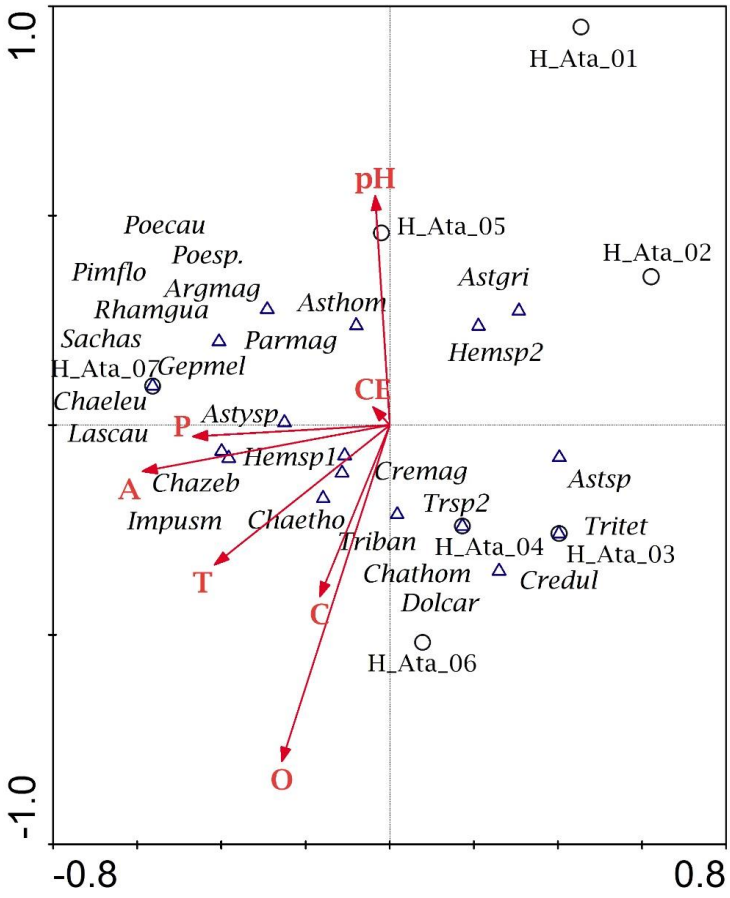
Fuente: Autores (2022).

41.5.3.6. Relación con variables fisicoquímicas

En el análisis de correspondencia canónica (ACC) los dos primeros ejes explicaron el 60 % de la variación total de los datos. En el eje x, ninguna variable influyó forma significativa en la composición y la estructura de la Ictiofauna.

Por otro lado, en el eje y, el oxígeno disuelto (O) ($p<0,05$) se asoció positivamente con las estaciones H-Ata-04 y H-Ata-06 y las especies, por ejemplo, Trichomycterus sp.2, Dolichancistrus carnegiei y Creagrutus magdalenae. Es decir, fue la estación con mayor porcentaje de oxígeno disuelto. La disponibilidad de oxígeno juega un papel importante sobre la biodiversidad debido que afectan directamente el desempeño de los organismos, limitando el crecimiento, metabolismo, reproducción, desarrollo y comportamiento de los peces (Buisson et al., 2008), lo que a su vez limita la distribución de especies y da forma a gradientes de diversidad notables, como se observó en este estudio.

Figura 794. Análisis de Correspondencia Canónica para las variables fisicoquímicas y la abundancia de peces registrados en la subzona hidrográfica del rio Atá. Temperatura (T), Ancho (A), Profundidad (P), Caudal (C), pH, Oxígeno disuelto (O), Conductividad eléctrica (CE).

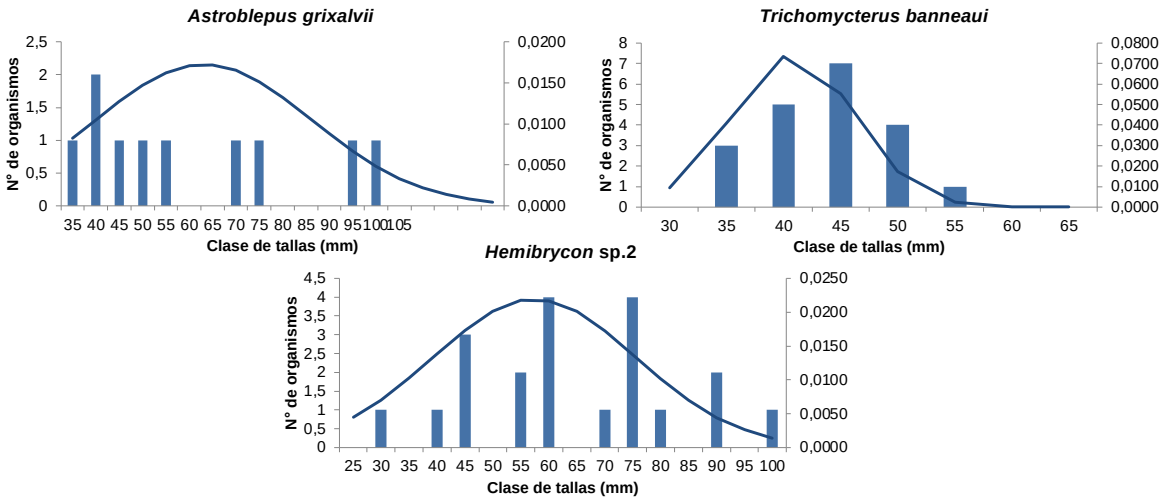


41.5.3.7. Distribución de frecuencias de tallas

Se analizó un total de 50 individuos durante los monitoreos realizados en la subzona hidrográfica del río Atá, con una distribución de tallas cada 5 mm de longitud estándar (LE). Para *Astroblepus grixalvii*, se obtuvo valores de longitud y peso promedio de 58,1 mm LE y 5,6 g, respectivamente. *Trichomycterus banneaui* registró valores promedios de longitud (40,8 mm) LE y peso (0,63 g). Y, *Hemibrycon* sp.2 con valores promedios de longitud (62,4 mm) y peso (4,9 g).

En general, existen variaciones de clases de talla entre las especies estudiadas. Y se registraron juveniles y adultos. Para el caso de *Astroblepus grixalvii* la distribución de las tallas no se ajustó a una distribución normal y se agruparon en nueve clases. Los individuos se distribuyen con mayor frecuencia en las tallas 40 mm es decir, juveniles. En cuanto a *Trichomycterus banneaui,* se registraron cinco clases de talla, siendo los tamaños de 45 mm (juveniles). Finalmente, *Hemibrycon* sp.2 se agrupó en diez clases, siendo las tallas 60 (adultos) y 75 (adultos) mm los más frecuentes. Esta información se corroboró examinando las gónadas de algunos individuos.

Figura 795. Distribución de frecuencias de talla de las especies dominantes de la subzona hidrográfica del río Atá.



Fuente: Autores (2022).

Lo anterior, aporta información valiosa para entender las dinámicas poblacionales que está relacionado con el mantenimiento de las especies. Es posible que algunos atributos del hábitat tales como refugios, alimentos, competencia, depredación, entre otros permitan estos procesos. El buen estado de una población consta de juveniles y adultos. Esta dinámica se relaciona con el reclutamiento, que varía a lo largo del

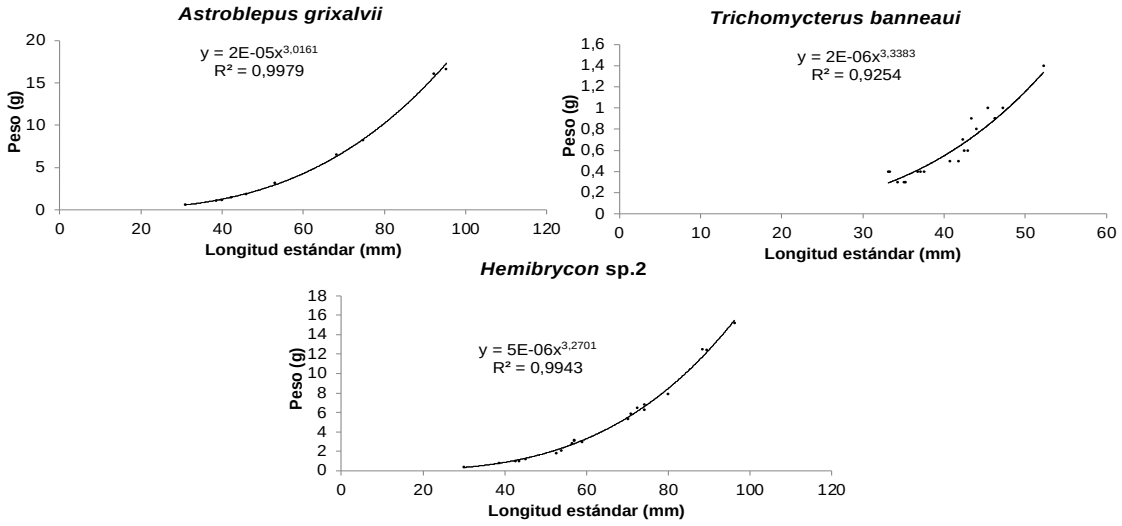
tiempo. Según, Doherty (2002) estas oscilaciones en los patrones de asentamiento y reclutamiento pueden tener un fuerte componente estocástico o cambios en ciertas conductas reproductivas relacionadas con ciclos anuales o estacionales (Ault y Johnson, 1998).

41.5.3.8. Relación longitud-peso

La relación longitud-peso y el factor de condición (K) son indicadores poblacionales o del bienestar de las especies, debido que proporcionan información sobre el estado nutricional, actividad reproductiva y crecimiento de las especies (Cifuentes et al., 2012). Su uso, permite realizar comparaciones entre poblaciones y así crear modelos para predecir el comportamiento de poblaciones de interés (McCallum, 2000). Existen tres relaciones de crecimiento entre longitud y aumento de la masa de los peces. Primera, la relación que mantendría un balance entre la longitud y el peso del individuo, población y/o especie sería igual a 3. Segunda, alométrico negativo (b < 3) peces delgados, posiblemente por condiciones adversas en el medio, gasto energético en reproducción o individuos jóvenes cuya inversión energética se prioriza en longitud y posteriormente en masa corporal. Y tercera, alométrico positivo (b > 3) indicarían un estado robusto del pez, lo cual podría obedecer a oferta alimenticia abundante o almacenamiento de energía previo a la época de reproducción (Le Cren, 1951). A continuación, se detallan los resultados de la relación longitud – peso de tres especies.

En cuanto a la relación longitud y peso dado específicamente por los valores de coeficiente de crecimiento b permitiendo evaluar cualitativamente el grado de bienestar de la especie, reflejando las condiciones alimenticias recientes.

Figura 796. Relación longitud – peso de las especies dominantes de la subzona hidrográfica del río Atá.

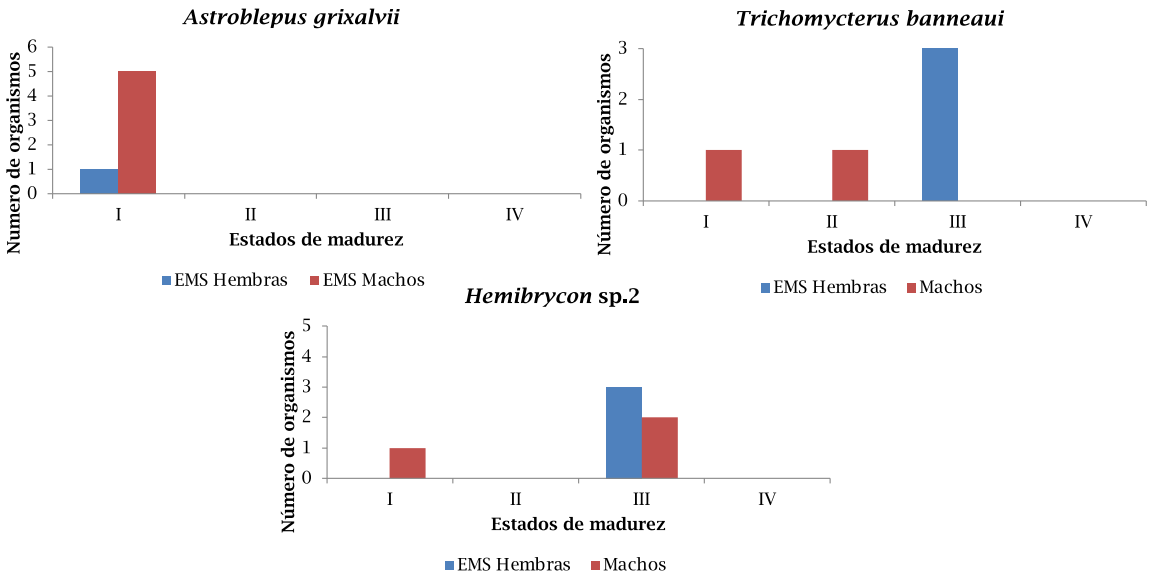


Para las tres especies (*Astroblepus grixalvii, Trichomycterus banneaui y Hemibrycon* sp.2) los valores del coeficiente de crecimiento b > 3, en ambos casos se muestra que la especie presenta un crecimiento alométrico positivo, es decir presenta un estado robusto, lo cual podría obedecer a oferta alimenticia abundante o almacenamiento de energía previo a la época de reproducción (Le Cren, 1951) (Figura 796).

41.5.3.9. Estados de madurez gonadal

Con relación al análisis reproductivo, fueron analizados 18 individuos. En términos generales, las especies analizadas fueron mayoritariamente machos y hembras inmaduros y en proceso de reproducción. Es decir, la mayoría de los individuos estuvieron en estado de madurez sexual EMS I y II es decir, en proceso de desarrollo gonadal. Para el caso de *Trichomycterus banneaui* y *Hemibrycon* sp.2 l mayoría de individuos se encontraba en estado de madurez sexual EMS III es decir, se encontraban en época reproductiva (Figura 797).

Figura 797. Frecuencia relativa de los EMS para hembras y machos de las especies analizadas. I=inmaduro, II=madurando, III= maduro, IV en reposo de la subzona hidrográfica del río Atá.



Fuente: Autores (2022).

41.5.3.10. Ecología trófica

Se analizaron 18 estómagos, de los cuales todos estuvieron llenos. El coeficiente de repleción fue de 1. En total, dos ítems (Chironomidae, Restos insectos y Chironomidae) fueron considerados preferenciales y los restantes en correspondientes a grupos

ocasionales o circunstanciales según (Yañez- Aranciba 1985, Lopez-Delgado, 2013). Es así, que basados en esta información y los resultados de la clasificación de López-Delgado, 2013 podemos clasificar a las especies evaluadas como invertívora (*Astroblepus grixalvii y Trichomycterus banneaui)* e invertívora-insectívoras (*Hemibrycon* sp.2). El primer gremio trófico son organismos que se alimentan preferencialmente de larvas de insectos acuáticos y el segundo, es un consumo de larvas de invertebrados acuáticos con cierta preferencia por organismo de la clase Insecta adultos (Lopez-Delgado, 2013) (Figura 798).

41.5.3.11. Especies de interés y categorías de amenaza

En términos generales, se observa que el 61 % de la ictiofauna de la subzona hidrográfica del río Atá son endémicas de Colombia. Asimismo, algunas especies son usadas para pesca, como es el caso de sardinas (*Astyanax* sp.) y ornamentales (*Gasteropelecus macualatus*) (**Tabla 612**). Esto representa una alternativa económica que tienen las comunidades locales, pero también demuestra la vulnerabilidad que puede presentar el recurso, sino existe un apropiado programa de monitoreo de las especies comercializadas. Por otro lado, dos especies se encuentra en categoría de vulnerable y otras dos en casi amenazada (Libro Rojo de Peces Dulceacuícolas de Colombia) (Mojica et al. 2012), asimismo, 22 especies son categorizadas en preocupación menor según UICN.

Figura 798. Espectro trófico de Hemibrycon sp., Astroblepus micrescens, Trichomycterus banneaui y Onchrhynchus mykiss de la subzona hidrográfica del río Atá

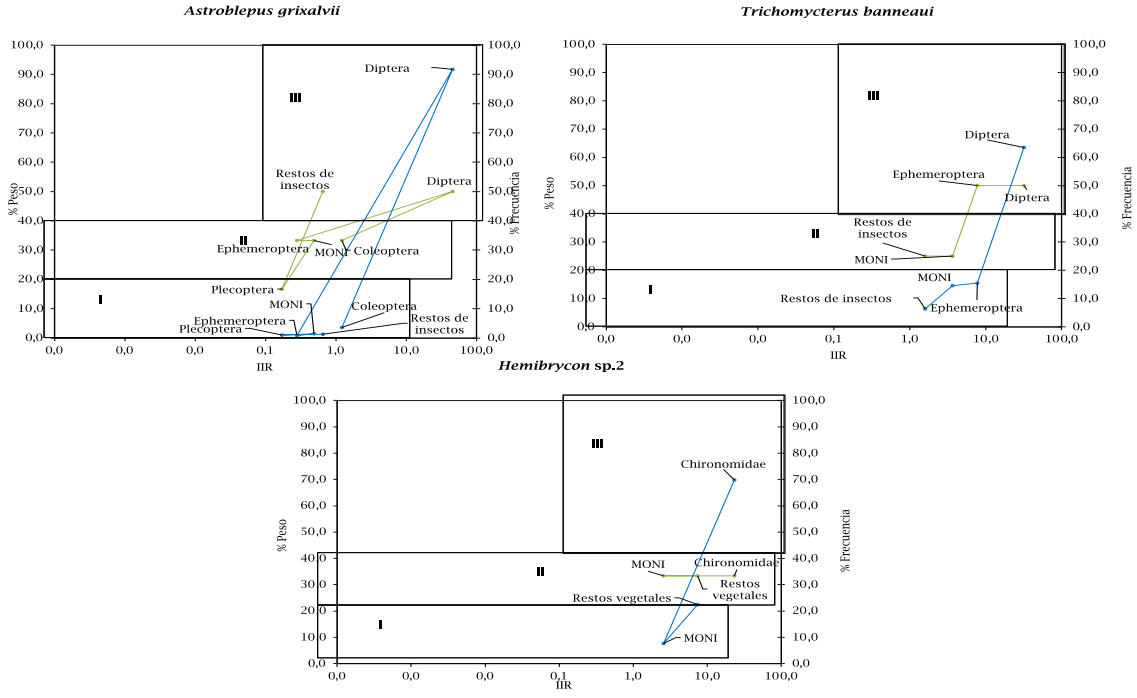


Tabla 612. *Especies de interés y categoría de amenaza de la subzona hidrográfica del río Atá.*

Especies	Endémica	Introducida	Migración	Usos	Categoría de amenaza	
					Libro Rojo de Peces de Colombia	UICN
Andinoacara latifrons	*					LC
Astroblepus grixalvii	*					LC
Astroblepus homodon	*					LC
Astroblepus sp.						
Chaetostoma leucomelas	*					LC
Chaetostoma thomsoni	*			Pesca | Ornamental		LC
Characidium cf. *zebra*				Ornamental		
Creagrutus dulima	*					
Creagrutus magdalenae	*					LC
Dolichancistrus carnegiei	*					LC
Gephyrocharax melanocheir	*					LC
Hemibrycon sp.1						
Hemibrycon sp.2						
Imparfinis usmai	*					LC
Poecilia caucana				Ornamental		LC
Rhamdia guatemalensis						
Trichomycterus sp.2 "retropinnis"						
Trichomycterus banneaui	*					LC
Trichomycterus tetuanensis	*					

Fuente: Autores (2022).

Es así, que el presente monitoreo de caracterización íctica esencialmente dirigido al cauce principal y tributarios a lo largo de un gradiente altitudinal y ambiental revela que la quebrada Montalvo y río Atá son un importe hábitat para una alta diversidad de peces.

De esta manera, los resultados son los datos de diversidad íctica más actualizados en la subzona hidrográfica del río Atá. De acuerdo al material depositado en la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima, sección Ictiología (CZUT-IC) se

conoce que sobre la cuenca del río Atá se registran valores de riqueza de aproximadamente cinco especies. Valores inferiores al reportado en el presente estudio (19 spp). De las estaciones evaluadas, se registraron 19 especies, la cuales representan un incremento de lo registrado en el río Atá (CZUT-IC) y 17 % del Alto Magdalena (García- Alzate, et al., 2020) y por tanto claves, en términos de diversidad, establecimiento y resguardo de la ictiofauna.

Es así, que el presente monitoreo de caracterización íctica esencialmente dirigido al cauce principal y tributario a lo largo de un gradiente altitudinal y ambiental revela que es una importante subzona hidrográfica para preservar y resguardar la diversidad de peces de la región.

En cuanto a la composición taxonómica registrada para el área de estudio, los órdenes con mayor abundancia y riqueza Siluriformes (AR=32 %), con 11 especies registró la mayor riqueza, seguido de Characiformes (AR=67 %) con ocho siendo un patrón, también encontrado en ensamblajes de peces en la cuenca del río Magdalena (Villa et al., 2003, Poveda-Cuellar, 2021).

Si bien el muestreo abarco dos biomas diferentes, Bosque seco Tropical y Bosque Húmedo Premontano, no hubo una diferencia en composición y estructura de las estaciones ubicadas aproximadamente a 1200 m s.n.m (Bosque Húmedo Premontano) y las demás estaciones ubicadas en zonas bajas (<100 m s.n.m), ni un claro efecto de la elevación. Por el contrario, estuvieron entre las estaciones con mayor abundancia y diversidad íctica. Es así que podemos señalar que no existe un efecto de la elevación sobre la composición de la ictiofauna, clave para entender los patrones de diversidad

Con relación a diversidad de peces asociado a quebradas es necesario hacer énfasis sobre la combinación de atributos físicos (i.e., velocidad del agua, profundidad, sustratos y vegetación riparia) en la selección de especies con adaptaciones locales. Por ejemplo, la cobertura vegetal riparia provee material alóctono, semillas e insectos, que son fuente potencial de alimento de especies de Characidos (p.e., *Creagrutus* spp. y *Gephyrocharax melanocheir*). Esta última especie tiene una boca superior que permite tomar alimento que cae de la vegetación riparia sobre columna de agua. La baja cobertura de dosel en lagunos arenas sobre los cuerpos de agua permitieron una mayor entrada de luz, lo que lleva a un incremento en diversidad y abundancia del perifíton (Burcham, 1988; Posada et al., 2000), el cual es el recurso alimenticio requerido al menos por *Chaetostoma* spp. (Zúñiga-Upegui, 2005) y *Dolichancistrus carnegiei.* Así, el principal problema reconocido en estos sistemas lóticos es la degradación física del hábitat asociada a la homogenización de hábitats, sustratos, contaminación por plásticos y aguas domésticas.

Finalmente, encontramos que los peces del río Atá se encuentran mayoritariamente en rápidos y sustratos rocosos, arenosos y hojarasca como es el caso de *Astroblepus* spp. Estas especies, Por tanto, fueron frecuentemente capturadas y según Poveda-Cuellar et al. (2021) son especies con rasgos funcionales únicos, debido a que algunos rasgos funcionales asociados al uso del hábitat tales como preferencia a rápidos, sustratos de roca y grava, hábitos nectobentónicos, disco oral en forma de ventosa para adherirse a sustratos solidos, y pequeñas y pocas branquiespinas describen como estos peces usan el nicho espacial y ofrecen ventajas para sobrevivir en condiciones hostiles (p.e. baja temperatura del agua), no observadas en otras especies de peces y así ser representantes de la fauna íctica de zonas de alta montaña en los Andes suramericanos (Buitrago-Suarez et al., 2015)

Adicionalmente, se refleja la necesidad de ampliar los inventarios ictiológicos hacia otros tipos de hábitats, preferentemente zonas sin muestreos previos, tales como quebradas, pues como fue mencionado, son lugar clave para la conservación debido que resguarda una diversidad única de peces. Así mismo, estudios bioecológicos en especies ornamentales, exclusivas o comunes son fundamentales para entender la dinámica de las poblaciones en el río.

En cuanto a la diversidad, las estaciones H-ATA-07, H-ATA-06, H-ATA-03 Y H-ATA-04 registraron los mayores valores, es decir, son las más diversas sobre la subzona hidrográfica río Atá. Ambas estaciones se caracterizaron por una alta heterogeneidad ambiental.

Se observa que la mayoría de la ictiofauna de la subzona hidrográfica del río Atá es endémica de Colombia. Siendo algunas, usadas para pesca, como es el caso de sardinas (*Astyanax* sp.) y ornamentales (*Gasteropelecus macualatus*).

41.6. Subzona hidrográfica del río Medio Saldaña.

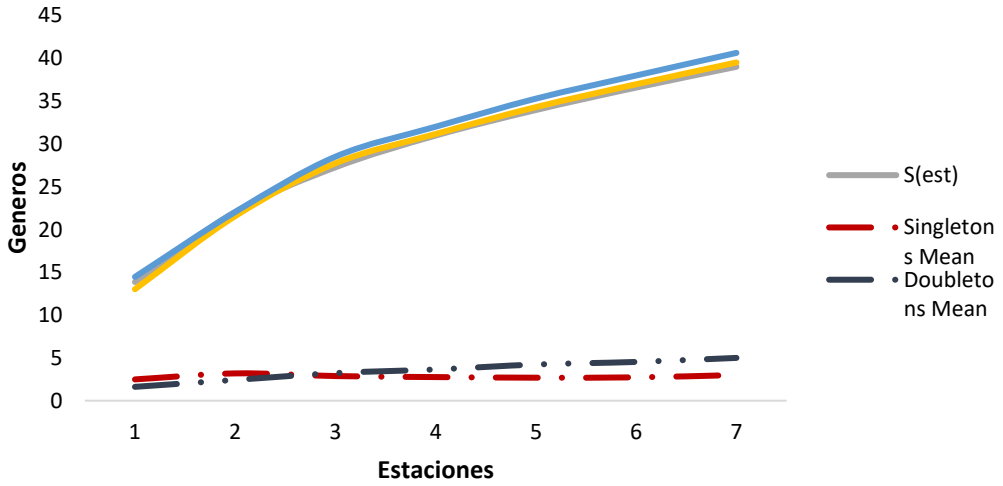
41.6.1. Perifiton

41.6.1.1. Representatividad

Con respecto a los estimadores de riqueza se registró un número total de 39 géneros observados (Sobs) en las 12 estaciones evaluadas (seis en la subzona en cada una de las temporadas) estas especies corresponden al 96.01% del valor esperado con el estimador de riqueza ACE y el 98.73 % para Chao 1. Se estima un potencial máximo de 41 géneros. De acuerdo con los estimadores de riqueza se registró una riqueza de especies cercana a la esperada durante los periodos de muestreo, permitiendo establecer que, para esta subzona hidrográfica, hubo una buena eficiencia de muestreo y los organismos registrados, representan correctamente los individuos que se

registran en esta cuenca hidrográfica. Por otro lado, se registró un bajo número de taxones representados por un solo individuo (singletons), lo que sugiere que la mayoría de los taxones fueron observados durante los muestreos (Figura 799).

Figura 799. *Curva de acumulación de la comunidad perifítica en la subzona hidrográfica del*



Río Medio Saldaña.

41.6.1.2. Composición

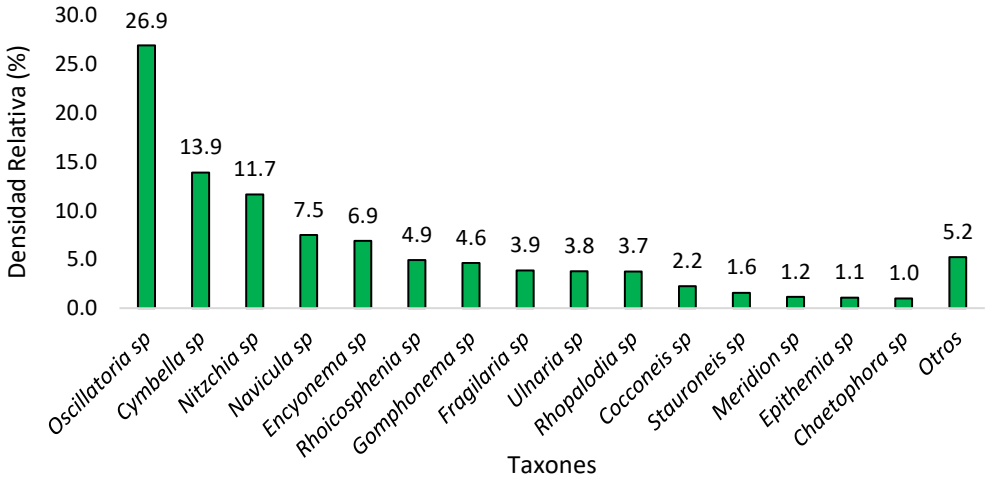
Se colectaron 3705.6 individuos/mm^2 distribuidos en cinco filos, siete clases, 21 órdenes, 30 familias y 39 taxones (Tabla **613**). A nivel de clase, presentaron mayor abundancia Bacillariophyceae con 2605.79 individuos/mm2, seguida de la clase Cyanophyceae con 1014.35 individuos/mm2 y Chlorophyceae 41.44 individuos/mm2. Las demás clases tuvieron una abundancia inferior a 20 individuos/mm2. Estos resultados con respecto a la abundancia siguen el patrón de composición que se presenta en las cuencas andinas, en los cuales las especies algales dominantes pertenecen a la clase Bacillariophycea (Pinilla, 1998; Ramírez & Viña, 1998; Ramírez, 2000; Martínez & Donato, 2003). Con relación a los órdenes, Cymbellales, Oscillatoriales, Bacillariales, Naviculales, Rhopalodiales, Fragilariales y Licmophorales representaron aproximadamente el 92% de los organismos registrados, los órdenes restantes registraron densidades menores al 2%.

Tabla 613. Composición de la comunidad perifítica registrada en la subzona hidrográfica del Río Medio Saldaña.

Filo	Clase	Orden	Familia	Especie	Densidad Ind/mm2
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Achnanthales	Achnanthaceae	*Achnanthes sp*	8.01

		Bacillariales	Bacillariaceae	*Nitzchia sp*	431.76
		Cocconeidales	Cocconeidaceae	*Cocconeis sp*	83.01
		Cymbellales	Cymbellaceae	*Cymbella sp*	514.07
				Pinnularia sp	15.97
			Gomphonemataceae	*Encyonema sp*	254.95
				Gomphonema sp	171.25
			Rhoicospheniaceae	*Rhoicosphenia sp*	182.08
		Eunotiales	Eunotiaceae	*Eunotia sp*	6.39
		Fragilariales	Fragilariaceae	*Fragilaria sp*	142.73
				Synedra sp	29.21
		Licmophorales	Ulnariaceae	*Ulnaria sp*	140.05
		Mastogloiales	Achnanthaceae	*Achnanthidium sp*	4.63
		Naviculales	Amphipleuraceae	*Frustulia sp*	24.26
			Diploneidaceae	*Diploneis sp*	2.22
			Naviculaceae	*Caloneis sp*	10.32
				Gyrosigma sp	8.01
				Hippodonta sp	0.88
				Navicula sp	277.36
			Stauroneidaceae	*Stauroneis sp*	58.38
		Rhabdonematales	Tabellariaceae	*Asterionella sp*	16.20
				Meridion sp	42.82
		Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	*Epithemia sp*	40.09
				Rhopalodia sp	138.89
		Surirellales	Surirellaceae	*Surirella sp*	2.22
	Coscinodiscophyceae	Melosirales	Melosiraceae	*Melosira sp*	11.11
Charophyta	Conjugatophyceae	Desmidiales	Desmidiaceae	*Cosmarium sp*	6.39
	Zygnematophyceae	Spirogyrales	Spirogyraceae	*Spirogyra sp*	4.63
		Zygnematales	Zygnemataceae	*Mougeotia sp*	13.89
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chaetophorales	Chaetophoraceae	*Chaetophora sp*	37.04
		Sphaeropleales	Microsporaceae	*Microspora sp*	2.13
			Scenedesmaceae	*Coelastrum sp*	1.16
			Selenastraceae	*Selenastrum sp*	1.11
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocales	Nostocaceae	*Anabaena sp*	12.45
		Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	*Lyngbya sp*	4.26
				Oscillatoria sp	997.64
Protozoa	Lobosa	Arcellinida	Arcellidae	*Arcella sp*	2.31
			Centropyxidae	*Centropyxis sp*	3.33
			Difflugiidae	*Difflugia sp*	2.31
Total					3705.56

***Figura 800**. Densidad relativa de los géneros más abundantes colectados en la subzona hidrográfica del Río Medio Saldaña.*



41.6.1.3. Distribución espacial

Se evaluaron seis estaciones de muestreo en esta subzona, de las cuales la mayor densidad fue registrada en H_MSal_04 con un 47.6%, seguida por la estación H_MSal_05 con 28,7% y H_MSal_02 con 19,2% y a menor densidad se registró en H_MSal_01, H_MSal_06, y H_MSal_03. Estas últimas presento menos densidades probablemente a las condiciones propias del cuerpo de agua y debido a cambios en el cuerpo de agua producto de ciclos hidrologicos. (**Figura 801**).

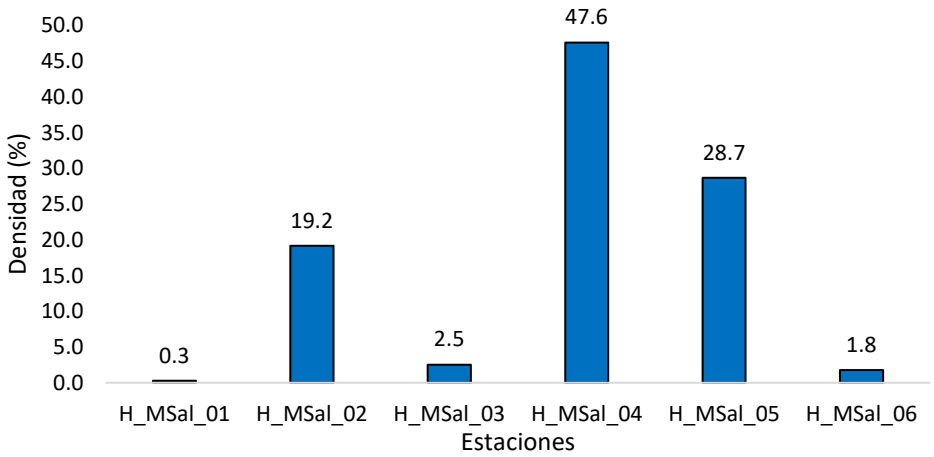
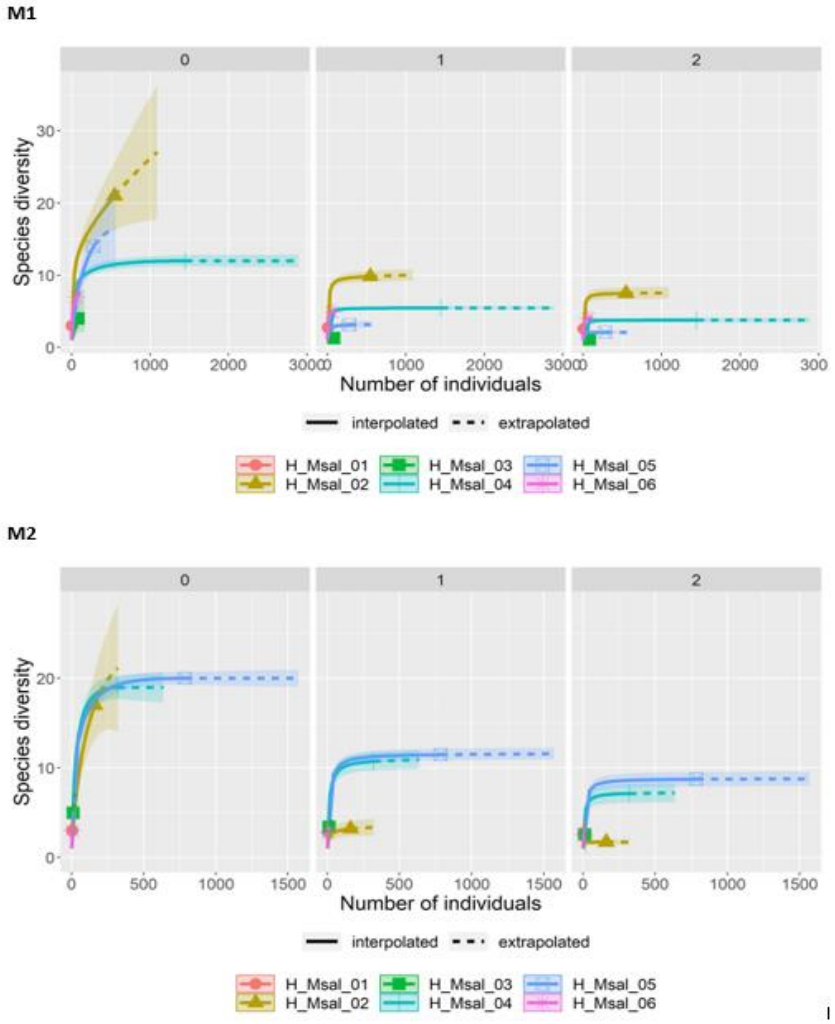


***Figura 801.** Densidad relativa por estaciones de la subzona hidrográfica Río Medio Saldaña.*

41.6.1.4. Diversidad

Teniendo en cuenta la extrapolación según la riqueza específica (0D), Para el muestreo M1, la estación H_MSal_02 registró el número de especies efectivas más alto, sin embargo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas de la diversidad en las estaciones evaluadas.

Figura 802. *Diversidad Alfa en las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Medio Saldaña. 0=Riqueza especifica, 1= Exponente de Shannon y 2= Inverso de Simpson*



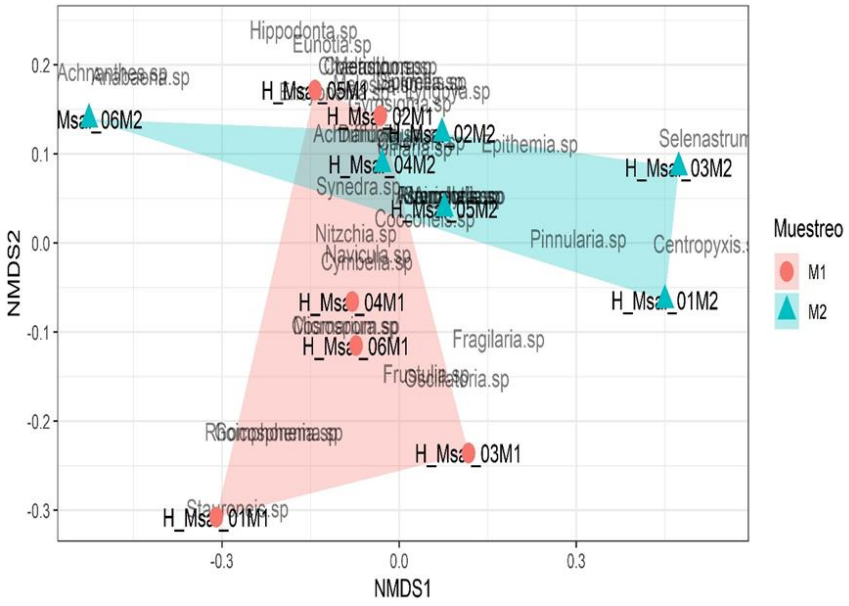
Al tener en cuenta las especies raras y poco frecuentes (1D) y especies dominantes (2D), se observa el mismo patrón que se presentó según 0D. Para el segundo muestreo se observaron cambios en el patrón que se presentó en el muestreo uno, en esta temporada hubo aumento en la diversidad en la estación H_MSal_05 al tener en cuenta la riqueza de especie (0D), especies raras y poco frecuentes (1D), y especies dominantes (2D); y, según los ordene 1D y 2D, se observan diferencias significativas entre las estaciones H_MSal_02 con H_MSal_03, H_MSal_04.

Durante este muestreo se presentó una disminución importante en la diversidad de la estación H_MSal_02 (Figura 4 5). Los cambios a nivel temporal se pueden atribuir al efecto que tienen el régimen hidrológico en las estaciones de la subzona hidrográfica, el cual modifica las condiciones y genera cambios en la diversidad de la comunidad perifitica. (**Figura 802**).

41.6.1.5. Ensamblaje

Los resultados del escalamiento no métrico multidimensional (EMNM), según la separación de las estaciones en el diagrama de ordenación permitieron evidenciar que las estaciones H_MSal_06, H_MSal_03 y H_MSal_01, presentan una compasión diferente con taxones característicos de cada una. Adicionalmente, al tener en cuenta la presencia de los géneros (similitud de Jaccard) en cada una de las estaciones, muestra agrupamientos definidos para los dos periodos de muestreo (M1: Rojo y M2: Azul). Al realizar la prueba estadística ANOSIM entre los grupos analizados, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas (p= 0,6). Indicando que la comunidad perifitica es diferente a nivel temporal y espacial (Figura 803).

***Figura 803**. Diagrama de ordenación NMDS para las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Medio Saldaña*



41.6.1.6. Relación con variables fisicoquímicas

De acuerdo con los resultados del análisis de correspondencia canónica (ACC), ninguna de las variables evaluadas influyó de manera significativa en la distribución de

los taxones de la comunidad perifítica. No obstante, en el diagrama de ordenación, se evidencia una separación clara en las estaciones de la subzona hidrográfica de la parte media del Río Saldaña. (Figura 4 7). Donde la estación H_MSal_01 y H_MSal_04 fueron influenciadas por el Ancho, H_MSal_02 por la profundidad y a ella están asociados taxones como Navicula sp, H_MSal_03 por el pH y el O y, H_MSal_04 con la conductividad eléctrica. Y el aislamiento de H_MSal_05, está dado por el ensamblaje (Anabaena sp y Hippodon Sp) y bajos niveles de pH. (**Figura 804**).

41.6.1.7. Índice diatómico genérico (IDG)

Según los resultados del índice Diatómico Genérico (IDG) a nivel general, las estaciones evaluadas presentaron un nivel de contaminación de intermedio a muy alto. Siendo las estaciones del muestreo M1 las estaciones que registraron niveles de contaminación más elevada (Muy alta y alta). Para el muestreo dos, se registraron cambios leves en el nivel de contaminación en las estaciones, presentándose contaminación intermedia a alta (Tabla 614).

Figura 804.*Análisis de Correspondencia Canónica para las variables fisicoquímicas y la abundancia de los taxones de la comunidad perifítica registradas en la subzona hidrográfica del Río Medio Saldaña.*

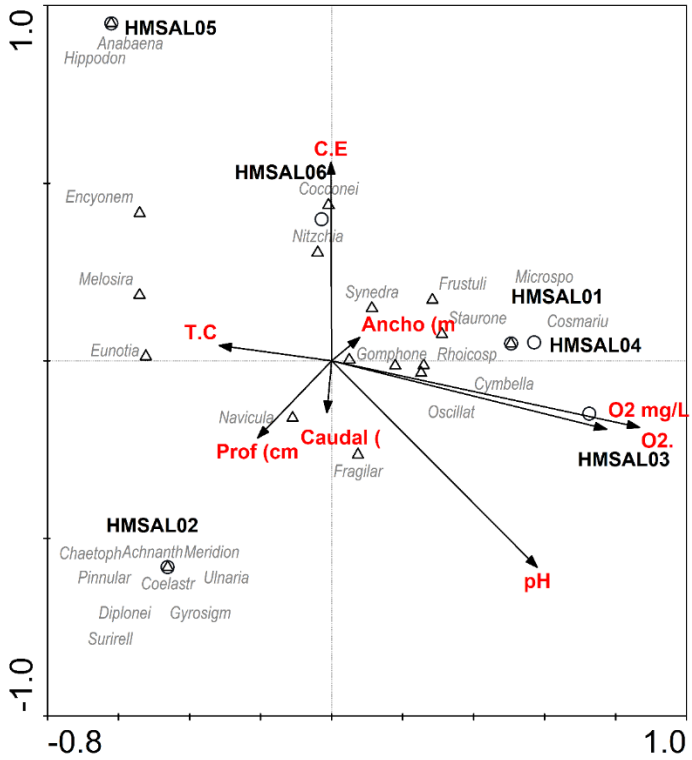


Tabla 614. *Índice diatómico genérico de las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Medio Saldaña.*

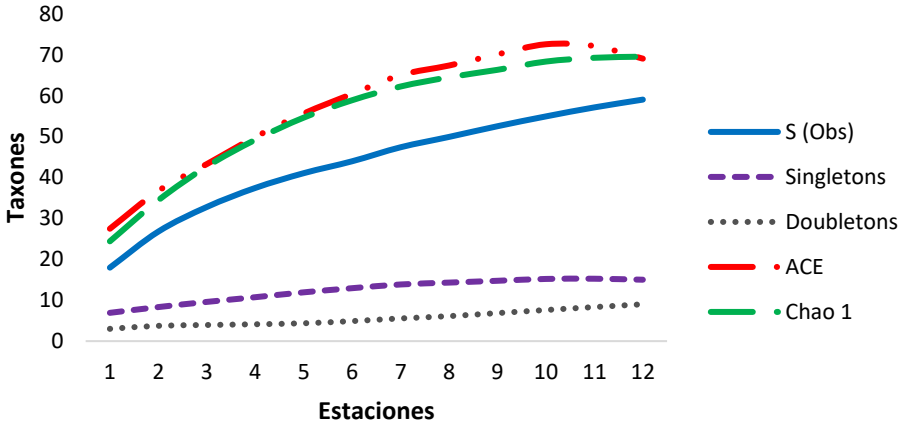
Cuerpo de agua	IDG M1	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica	IDG M2	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica
H_Msal_01	2.9	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte		3.4	Intermedia	Contaminacion media, eutrofizacion acentuada	
H_Msal_02	2.9	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte		2.9	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Msal_03	2.5	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte		3.4	Intermedia	Contaminacion media, eutrofizacion acentuada	
H_Msal_04	2.3	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte		2.7	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Msal_05	2.4	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte		2.8	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Msal_06	1.3	Muy alta	Contaminación muy fuerte		3.3	Intermedia	Contaminacion media, eutrofizacion acentuada	

41.6.2. Macroinvertebrados acuáticos

41.6.2.1. Representatividad.

Con respecto a los estimadores de riqueza se registró un número total de 59 géneros observados (Sobs) en las 12 estaciones evaluadas (seis en la subzona durante dos temporadas) para un total de 48 muestras que corresponden al 85.5% del valor esperado con el estimador de riqueza ACE y el 84.9% para Chao 1. Se estima un potencial máximo de 69 géneros (**Figura 805**).

Figura 805. *Curva de acumulación de Macroinvertebrados acuáticos colectados en la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña.*



Fuente: Autores (2022)

Según los estimadores de riqueza se colecto más de la mitad de los géneros estimados para la subzona hidrográfica del rio Medio Saldaña, en esta zona el rio Saldaña de amplio porte y con un fuerte caudal con una baja variabilidad de sustratos, con la arena como sustrato principal, lo cual limita fuertemente el desarrollo de la comunidad, la mayoría de los taxones se hallaron en las quebradas. Se observan varios impactos de origen artificial desde el inicio, hasta el cierre de la subzona, lo cual puede incidir en la distribución de los organismos (Roldan, 2016).

Durante ambos periodos de monitoreo se presentaron fuertes lluvias, lo que limito la posibilidad de detectar los organismos en la mayoría de las estaciones del cauce princiapl, estos factores indican que es necesario muestrear en periodos climáticos más extensos para lograr alcanzar la totalidad de los organismos que puedan existir en la zona (Reinoso et al., 2008).

41.6.2.2. Composición

Se colectaron 2054 organismos distribuidos en tres filos, tres clases, 11 órdenes, 37 familias y 59 géneros (**Tabla 615**). A nivel de orden, los que tuvieron mayor abundancia fueron Díptera con 363 organismos (48.9%), Ephemeroptera con 239 organismos (32.2%) y Coleóptera con 57 organismos (7.7%). Los patrones de abundancia registrados son similares a los registrados para lo observado en las cuencas andinas (Vásquez y Reinoso, 2012) y en la misma área de estudio.

En cuanto a familias, las más abundantes fueron Chironomidae (45%), Leptophlebiidae (19%) y Elmidae (6.9%) mientras que Naucoridae, Caenidae,

Philopotamidae, Leptoceridae, Staphylinidae, Blephariceridae, Oligoneuriidae, Tipulidae, Coenagrionidae, Dugesiidae, Empididae, Hydroptilidae, Psephenidae, Scirtidae y Ulodidae presentaron la menor cantidad de organismos (>1%).

Tabla 615. *Composición de los macroinvertebrados acuáticos registrados en la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña.*

Filo	Clase	Orden	Familia	Genero	Abundancia
Nematomorpha	*	Gordioidea	Chordodidae	*Neochordodes*	1
Platyhelminthes	Rhabditophora	Neoophora	Dugesiidae	*Girardia*	3
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	*Austrolimnius*	1
				Cylloepus	2
				Heterelmis	65
				Hexanchorus	1
				Huleechius	2
				Macrelmis	88
				Neoelmis	2
				Phanocerus	1
			Lutrochidae	*Lutrochus*	1
			Psephenidae	*Psephenops*	2
			Scirtidae	*Elodes*	1
			Staphylinidae	*Thinodromus*	3
			Ulodidae	*	1
		Diptera	Blephariceridae	*Limonicola*	3
			Ceratopogonidae	*Alluaudomyia*	13
			Chironomidae	Chironominae	421
				Orthocladiinae	236
				Tanypodinae	46
			Dolichopodidae	*Aphrosylus*	2
			Empididae	*Chelifera*	1
				Hemerodromia	3
			Muscidae	*Lispe*	1
			Simuliidae	*Simulium*	27
			Tipulidae	*Hexatoma*	14
		Ephemeroptera	Baetidae	*Americabaetis*	49
				Baetodes	11
				Camelobaetidius	29
				Moribaetis	1
				Varipes	5
			Caenidae	*Caenis*	4
			Euthyplociidae	*Euthyplocia*	1
			Leptohyphidae	*Haplohyphes*	2
				Leptohyphes	175

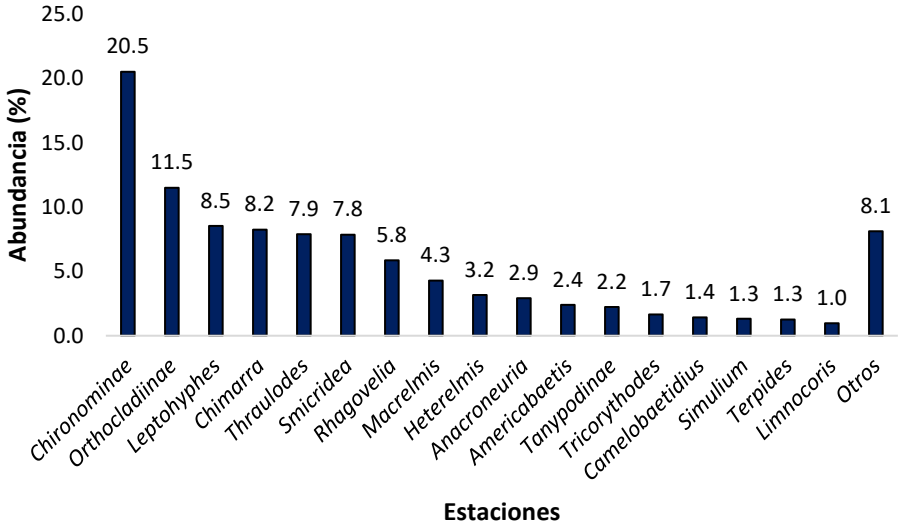
		Tricorythodes	34
		Vacupernius	1
	Leptophlebiidae	*Hydrosmilodon*	2
		Terpides	26
		Thraulodes	162
		Traverella	3
	Oligoneuriidae	*Lachlania*	2
Hemiptera	Gerridae	*Trepobates*	2
	Mesoveliidae	*Mesovelia*	1
	Naucoridae	*Limnocoris*	20
	Veliidae	*Rhagovelia*	120
Lepidoptera	Crambidae	*Petrophila*	18
Megaloptera	Corydalidae	*Corydalus*	18
Odonata	Coenagrionidae	*Argia*	4
	Libellulidae	*Macrothemis*	3
	Platystictidae	*Palaemnema*	1
Plecoptera	Perlidae	*Anacroneuria*	60
Trichoptera	Glossosomatidae	*Culoptila*	17
	Hydropsychidae	*Leptonema*	5
		Smicridea	161
	Hydroptilidae	*Ochrotichia*	1
	Leptoceridae	*Nectopsyche*	3
		Oecetis	3
	Philopotamidae	*Chimarra*	169

Fuente: Autores (2022).

A nivel de géneros, los más abundantes fueron Chironominae sp (20.5%), seguido de Orthocladiinae sp (11.5%). De los 59 géneros registrados 23 de ellos registran un valor inferior al 1%, estos son *Caenis, Chimarra, Bledius, Leptonema, Nectopsyche, Varipes, Hexatoma, Hydrosmilodon, Lachlania, Limonicola, Neoelmis, Argia, Austrolimnius, Cylloepus, Elodes, Girardia, Haplohyphes, Hemerodromia, Huleechius, Ochrotichia, Phanocerus, Psephenops* y Ulodidae sp. (**Figura 806**).

La subzona hidrográfica del río Medio Saldaña presenta pocos tributarios importantes, no obstante, presenta condiciones ambientales bajas para el desarrollo de los invertebrados, dado que en toda su extensión presenta poca variabilidad de sustrato y los recursos necesarios para sostener una comunidad amplia y diversa se ubican principalmente en los tributarios.

Figura 806. *Abundancia relativa de los géneros más abundantes colectados en la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña.*

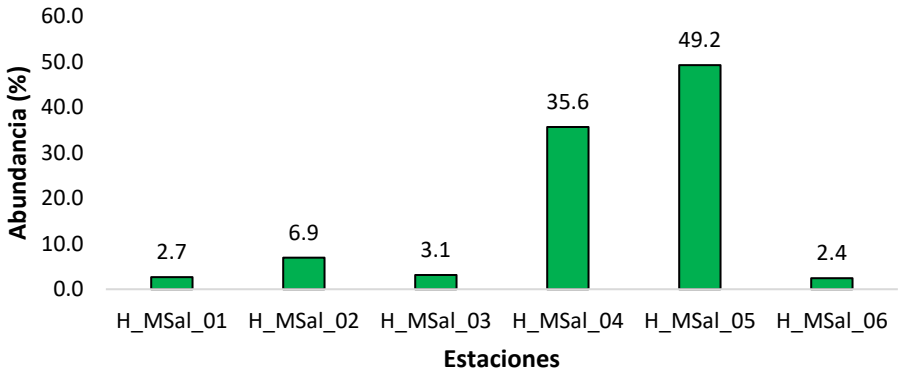


Fuente: Autores (2022).

41.6.2.3. Distribución espacial

Se establecieron seis estaciones de muestreo, tres en el cauce principal del rio Saldaña, y tres en tributarios (quebradas Pole, San Pedro y Paipa). Se registró la mayor abundancia en la quebrada Pole (H_MSal_05) con 1011 organismos (49.2%), seguido de la quebrada San Pedro (H_MSal_04) con 732 organismos (35.6%) (**Figura 807**).

Figura 807. *Abundancia relativa por estaciones de la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña*



Fuente: Autores (2022).

Las estaciones del rio Saldaña son bastantes homogéneas, es un cuerpo de agua bastante ancho, profundo y de un fuerte caudal, con gran transporte de sedimentos, por lo cual cuenta con pocas condiciones ecológicas y ambientales que limita el desarrollo de la fauna, la cual es similar y muy resistente. La mayor cantidad de taxones se obtuvieron en las quebradas, las cuales son pequeños cuerpos de agua con multitud de hábitats, caudal lento y condiciones ecológicas aptas para el desarrollo de gran cantidad de taxones. Se entiende que aún puede existir una cantidad de organismos aun mayor, dado que no se alcanzó la asíntota de muestreo, por lo que los cambios pluviométricos son esenciales en la distribución de los organismos, por lo tanto, es necesario ampliar los monitoreos a un mayor número de épocas (Roldan y Ramírez, 2008; Domínguez y Fernández, 2009).

En cuanto a los géneros registrados Chironominae, *Thraulodes*, Orthocladiinae, *Camelobaetidius*, *Anacroneuria* y Tanypodinae, se colectaron en todas las estaciones de la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña, estos taxones son comunes en los monitoreos y son capaces de sobrevivir en una una multitud de ecosistemas con diferente estructura (**Tabla 616**). Del material colectado los géneros *Caenis, Chimarra, Cylloepus, Elodes, Haplohyphes, Hemerodromia, Hexatoma, Huleechius, Hydrosmilodon, Lachlania, Limonicola, Nectopsyche, Phanocerus, Psephenops, Simulium,* Ulodidae y *Varipes*indicaron una distribución restringida a una sola estación.

Tabla 616. *Distribución espacial de los macroinvertebrados acuáticos registrados en la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña.*

Genero	H_MSal_01	H_MSal_02	H_MSal_03	H_MSal_04	H_MSal_05	H_MSal_06
Alluaudomyia	0	0	2	4	6	1
Americabaetis	0	2	1	9	34	3
Anacroneuria	0	7	0	27	25	1
Aphrosylus	0	0	0	0	0	2
Argia	0	0	0	1	3	0
Austrolimnius	0	0	0	1	0	0
Baetodes	3	0	1	2	4	1
Caenis	0	0	0	0	4	0
Camelobaetidius	0	2	3	17	7	0
Chelifera	0	0	0	1	0	0
Chimarra	0	0	0	11	158	0
Chironominae	36	30	4	192	144	15
Corydalus	0	4	1	8	5	0
Culoptila	0	0	0	17	0	0
Cylloepus	0	0	1	1	0	0
Elodes	0	0	1	0	0	0
Euthyplocia	0	0	0	0	1	0
Girardia	0	0	0	1	2	0
Haplohyphes	0	1	0	0	1	0
Hemerodromia	0	1	0	0	2	0
Heterelmis	0	21	7	5	29	3
Hexanchorus	0	0	0	0	1	0

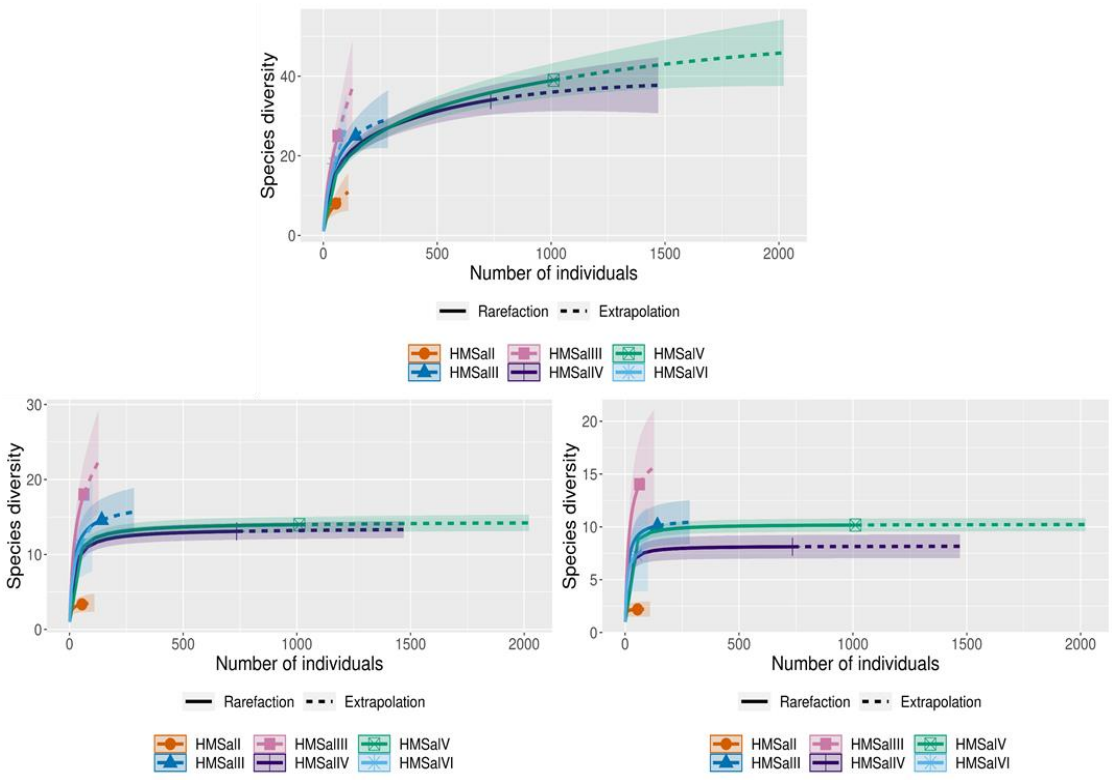
Hexatoma	0	2	1	6	4	1
Huleechius	0	0	0	1	1	0
Hydrosmilodon	0	1	0	0	0	1
Lachlania	0	1	1	0	0	0
Leptohyphes	1	10	1	47	115	1
Leptonema	0	0	0	2	3	0
Limnocoris	0	2	0	3	12	3
Limonicola	1	0	2	0	0	0
Lispe	0	0	1	0	0	0
Lutrochus	0	0	1	0	0	0
Macrelmis	1	3	5	27	51	1
Macrothemis	0	0	0	0	3	0
Mesovelia	0	0	0	0	0	1
Moribaetis	0	0	0	0	1	0
Nectopsyche	0	3	0	0	0	0
Neochordodes	0	0	1	0	0	0
Neoelmis	0	0	0	2	0	0
Ochrotichia	0	0	0	1	0	0
Oecetis	0	0	0	2	1	0
Orthocladiinae	7	8	8	116	90	7
Palaemnema	0	0	0	0	1	0
Petrophila	0	1	0	17	0	0
Phanocerus	0	0	0	0	1	0
Psephenops	0	0	0	0	2	0
Rhagovelia	0	14	3	82	18	3
Simulium	5	9	8	0	1	4
Smicridea	0	3	1	22	134	1
Tanypodinae	0	1	3	22	20	0
Terpides	0	3	1	7	15	0
Thinodromus	0	3	0	0	0	0
Thraulodes	0	9	5	53	94	1
Traverella	0	0	0	3	0	0
Trepobates	0	0	0	0	2	0
Tricorythodes	0	1	1	20	12	0
Ulodidae sp.	1	0	0	0	0	0
Vacupernius	0	0	0	0	1	0
Varipes	0	0	0	2	3	0

Fuente: Autores (2022).

41.6.2.4. Diversidad

Según lo observado en la extrapolación de número de géneros en las estaciones de la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña, se puede establecer que los valores de riqueza (0D) registrados oscilaron entre los 7 a 27 géneros, siendo las estaciones con mayor número de géneros la quebrada Paipa (H_MSal_05) con 27 y la quebrada San Pedro (H_MSal_04) con 23 (**Figura 808**).

Figura 808. *Diversidad Alfa en las estaciones de la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña.*



Fuente: Autores (2022).

La grafica de diversidad para la riqueza según sus intervalos de confianza, se encuentra sobrexpuesta por lo que se indica que no existen diferencias significativas, sin embargo, se denota que aún existe la posibilidad de encontrar un mayor número de taxones, por lo que se recalca que se debe muestrear más para alcanzar la totalidad de la riqueza.

Los valores relacionados a los taxones típicos o comunes (1D), indican que los valores en las estaciones de las quebradas son diferentes y que las estaciones del cauce principal son muy similares por lo que se indica una homogeneidad de los organismos abundantes. De acuerdo con el número de taxones dominantes (2D), se observa un comportamiento similar en las seis estaciones, los valores de taxones dominantes se encuentran solapados, por lo que se puede asumir que los taxones dominantes otorgan cierta uniformidad a la comunidad

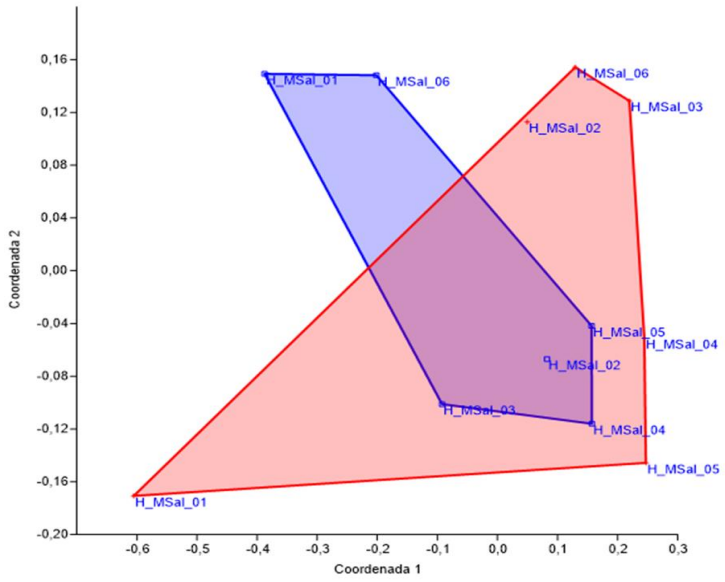
La diversidad en la subzona hidrográfica del rio Medio Saldaña y sus tributarios es bastante diferente, se observan cambios significativos en la cuenca, por lo que se asume que hay una diversidad relativamente alta, compuesta por organismos

comunes, tolerantes y otros sensibles y ubicuos. Aun cuando existen afectaciones importantes a lo largo de la cuenca, esta se encuentra en un estado de conservación apropiado para mantener una comunidad diversa y abundante (Reinoso et al., 2008; Merrit y Cummings, 2008).

41.6.2.5. Ensamblaje

Los resultados del análisis de similitud y teniendo en cuenta la presencia de los géneros (Jaccard) en cada una de las estaciones, muestra agrupamientos parcialmente definidos para los dos periodos de muestreo (**Figura 809**). El diagrama de similitud indica una similaridad entre las estaciones de un 45%, en los cluster formados se observan cambios espaciales grandes, estando relacionados las estaciones del rio Saldaña por un lado y los tributarios por el otro, esto indica que la composición taxonómica difiere entre estaciones, ya que al presentarse cambios en el caudal producido por lluvias, los organismos presentes son muy variados y en general coinciden únicamente en los organismos comunes (Roldan y Ramirez, 2008).

Figura 809. *Diagrama NMDS para las estaciones de la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña.*



Fuente: Autores (2022).

41.6.2.6. Relación con variables fisicoquímicas

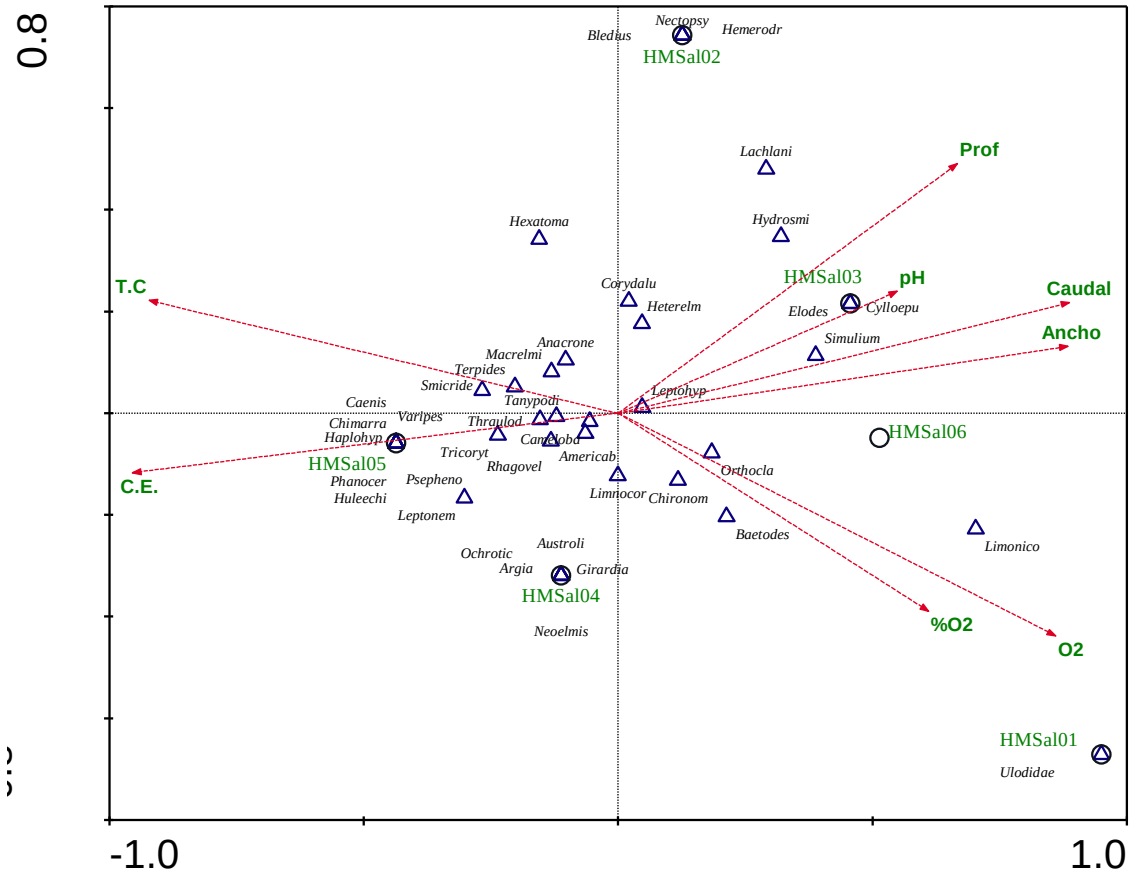
Según el ACC y la prueba de Monte Carlo, las variables conductividad eléctrica, profundidad, temperatura del agua, saturación de oxígeno y pH, presentan efectos condicionantes sobre la distribución de los organismos (**Figura 810**). Se observa que la

asociación de variables y géneros se relacionan principalmente con las estaciones H_MSal_04 y H_MSal_05 donde la temperatura y la conductividad presentan un efecto condicionante sobre la mayoría de los taxones hallados durante el monitoreo de cada estación. Por otro lado, no se observan asociaciones directas entre las estaciones del río Saldaña, donde se presenta una baja cantidad de organismos.

41.6.2.7. Índice de calidad Ambiental BMWP/Col

Se determinó la calidad de agua basada en la cantidad de familias y el puntaje BMWP/Col, las estaciones de la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña exhiben un comportamiento relativamente homogéneo en cuanto al estado ecológico de sus aguas en los dos periodos de muestreo (**Tabla 617**).

Figura 810. *Análisis de Correspondencia Canónica para las variables fisicoquímicas y la abundancia de los taxones de macroinvertebrados acuáticos registrados en la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña.*



Fuente: Autores (2022).

En ambos muestreos se observa una calidad de agua en su mayoría buena y aceptable, esto se puede relacionar a las condiciones estructurales de los ambientes de las quebradas tributarias. En el primer muestreo la mayoría de las estaciones tienen una calidad de agua optima, con leves trazas de contaminación, aun cuando está afectada por el poblado de Ataco (Roldan, 2003).

Tabla 617. *Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña.*

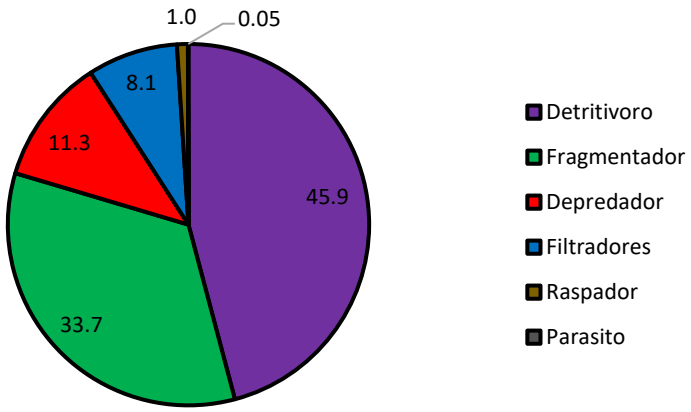
Cuerpo de agua	BMWP/Col	Calidad	Clase	BMWP/Col	Clase	Calidad
Río Saldaña	34	Dudosa	III	15	Muy Critica	V
Q. Pole	93	Aceptable	II	61	Aceptable	II
Río Saldaña	80	Aceptable	II	88	Aceptable	II
Q. San Pedro	90	Aceptable	II	108	Buena	I
Q. Paipa	106	Buena	I	143	Buena	I
Río Saldaña	46	Dudosa	III	79	Aceptable	II

Fuente: Autores (2022).

41.6.2.8. Gremios tróficos

Se identificaron cinco gremios tróficos de los cuales el detritívoro fue el más abundante (45.9%), seguido de Fragmentador (33.7%), depredador (11.3%), filtrador (8.1%) y por último raspador (1%) (**Figura 811**).

Figura 811. *Distribución de los gremios tróficos de macroinvertebrados acuáticos de la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña.*



Fuente: Autores (2022).

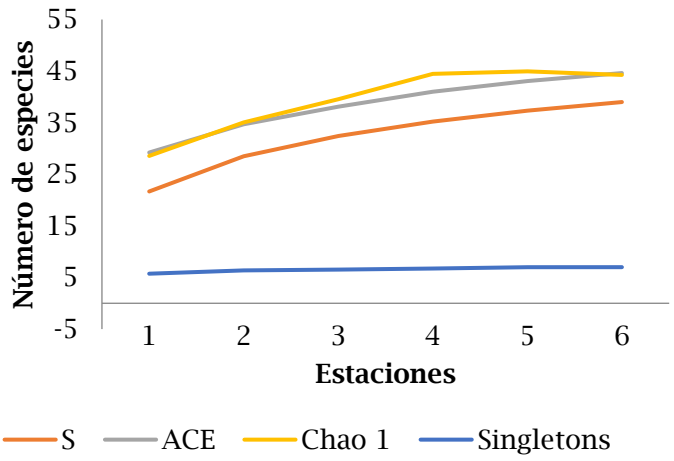
La abundancia registrada sigue el patrón común que se presenta en la naturaleza donde los organismos detritívoros se alimentan de materia orgánica desmenuzada proveniente de cualquier sustancia que ingrese en el rio, seguido de los herbívoros representados por los organismos fragmentadores que se relacionan directamente con la cantidad material vegetal presente en el medio, esto se evidencia en el constante ingreso de hojarasca al rio proveniente del bosque ripario. La abundancia de organismos depredadores se relacionada con la disponibilidad de presas, lo cual es consistente con la abundancia reportada. (Sevilla y Villar, 2008).

41.6.3. Ictiofauna

41.6.3.1. Representatividad

Las curvas de acumulación de especies muestras un incremento sucesivo a lo largo del muestreo realizado en la subzona hidrográfica del río Medio Magdalena. Sin embargo, el porcentaje de especies capturadas (S) fue alto. Según los estimadores de riqueza ACE y Chao 1, se evidencia que el número de especies observada (S = 39) corresponde al 88 % y 86 % de las especies esperadas, es decir, 44 y 45 especies, respectivamente. Según Colwell & Elsensohn (2014) las especies de una muestra con menos de 10 individuos pueden considerarse como raras. Tal es el caso de seis especies que fueron colectadas una sola vez (singletons) (Andinoacara latifrons, Astroblepus grixalvii, Kronoheros umbrifer, Roeboides dayi, Saccodon dariensis y Sternopygus aequilabiatus). Por lo tanto, es posible utilizar los datos registrados para hacer comparaciones de diversidad y riqueza entre los cuerpos de agua, debido a que el porcentaje de representatividad de las especies de peces que se encuentran en el área de estudio fue relativamente alto

Figura 812. *Curva de acumulación de especies ícticas en las estaciones de la subzona hidrográfica rio Medio Saldaña.*



41.6.3.2. Composición

En la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña se colectaron 1658 individuos, pertenecientes a 39 especies, distribuidas en cuatro órdenes y 14 familias. El orden Siluriformes con 17 especies registró la mayor riqueza, seguido de Characiformes con 15, Blenniiformes con cuatro y Gymnotiformes (AR= 0.9 %) con tres. Con relación a la abundancia por familia, Characidae registró 543 individuos, seguida de Trichomycteridae con 452 individuos, Heptapteridae con 195 y las demás familias con menos de 4 % de abundancia relativa. (**Tabla *618***).

Tabla 618. *Composición íctica registrada en la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña.*

Orden	Familia	Genero	Especie	Abundancia
Blenniiformes	Cichlidae	*Andinoacara*	*Andinoacara latifrons*	1
		Geophagus	*Geophagus steindachneri*	18
		Kronoheros	*Kronoheros umbrifer*	2
	Poeciliidae	*Poecilia*	*Poecilia caucana*	5
Characiformes	Characidae	*Argopleura*	*Argopleura magdalenensis*	114
		Astyanax	*Astyanax* sp.	27
		Creagrutus	*Creagrutus affinis*	87
			Creagrutus dulima	74
			Creagrutus magdalenae	122
		Gephyrocharax	*Gephyrocharax melanocheir*	28
		Hemibrycon	*Hemibrycon* sp. 1	11
			Hemibrycon sp. 2	6
		Microgenys	*Microgenys minuta*	61
		Roeboides	*Roeboides dayi*	2
		Saccoderma	*Saccoderma hastata*	11
	Crenuchidae	*Characidium*	*Characidium cf. zebra*	151
	Erythrinidae	*Hoplias*	*Hoplias malabaricus*	5
	Parodontidae	*Parodon*	*Parodon magdalenensis*	17
		Saccodon	*Saccodon dariensis*	1
Gymnotiformes	Apteronotidae	*Apteronotus*	*Apteronotus milesi*	1
	Sternopygidae	*Eigenmannia*	*Eigenmannia camposi*	1
		Sternopygus	*Sternopygus aequilabiatus*	1
Siluriformes	Aspredinidae	*Dupouyichthys*	*Dupouyichthys sapito*	7
	Astroblepidae	*Astroblepus*	*Astroblepus grixalvii*	4
			Astroblepus homodon	57
	Cetopsidae	*Cetopsis*	*Cetopsis othonops*	1
	Heptapteridae	*Cetopsorhamdia*	*Cetopsorhamdia molinae*	45
		Heptapteridae	Heptapteridae gen. nov.	32
		Imparfinis	*Imparfinis usmai*	107

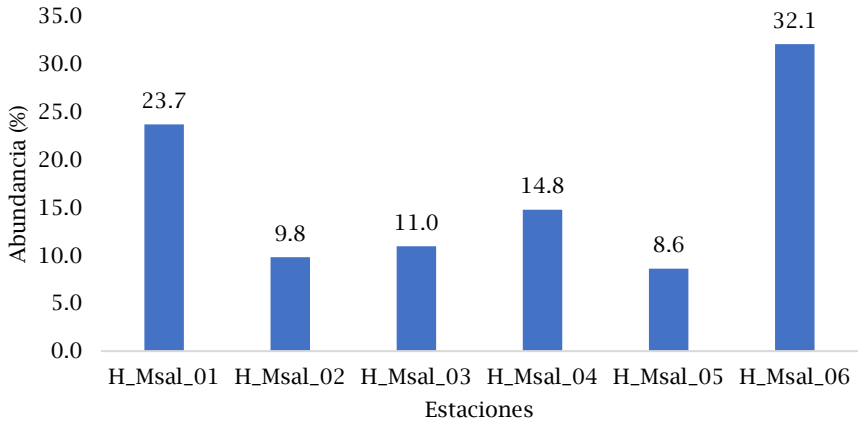
	Pimelodella	*Pimelodella floridablancaensis*	6
	Rhamdia	*Rhamdia guatemalensis*	5
Loricariidae	*Chaetostoma*	*Chaetostoma milesi*	30
		Chaetostoma thomsoni	137
	Crossoloricaria	*Crossoloricaria variegata*	3
	Lasiancistrus	*Lasiancistrus caucanus*	17
	Sturisomatichthys	*Sturisomatichthys leightoni*	9
Trichomycteridae	*Paravandellia*	*Paravandellia phaneronema*	1
	Trichomycterus	*Trichomycterus banneaui*	449
		Trichomycterus sp. 3	2

Fuente: Autores (2022).

41.6.3.3. Distribución espacial

Con respecto a la distribución de las abundancias entre las estaciones evaluados, es posible observar que H-MSal-06 registró la mayor abundancia con AR= 32 %, seguido de H-MSal-01 con AR= 23 %, H-MSal-04 con AR= 14 %, H-MSal-03 con AR= 11 %. Las demás estaciones registran abundancias relativas inferiores al 10 % entre quebradas y puntos sobre el río Medio Saldaña. Es relevante mencionar las quebradas son un resguardo de una alta diversidad de peces y valores altos de abundancia debido que representan aproximadamente el 29 % de la abundancia total (**Figura 813**).

Figura 813. *Abundancia relativa por estaciones de la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña.*



Fuente: Autores (2022).

Lo anterior refleja una evidente variación en la tolerancia y establecimiento diferencial de las especies registradas a lo largo del río Medio Saldaña. Para el caso de las especies exclusivas el mantenimiento de condiciones óptimas con clave para

preservarlas. Por ejemplo, rápidos, remansos, cobertura riparia y heterogeneidad de sustratos son microhábitat y nichos de algunas de estas especies.

Por otro lado, en cuanto a la distribución espacial de las especies, es posible observar una especie dominante, *Trichomycterus banneaui*, representando el 27 % de la abundancia total distribuida a lo largo de la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña. Y, nueve especies (*A. grixalvi*, *C. milesi*, *C. variegata*, *D. sapito*, *H.* sp.2, *H. malabaricus*, *K. umbrifer*, *R. dayi* y *S. aequilabiatus*) son exclusivas de al menos una estación. Las demás se distribuyen dos, tres o cuatro estaciones.

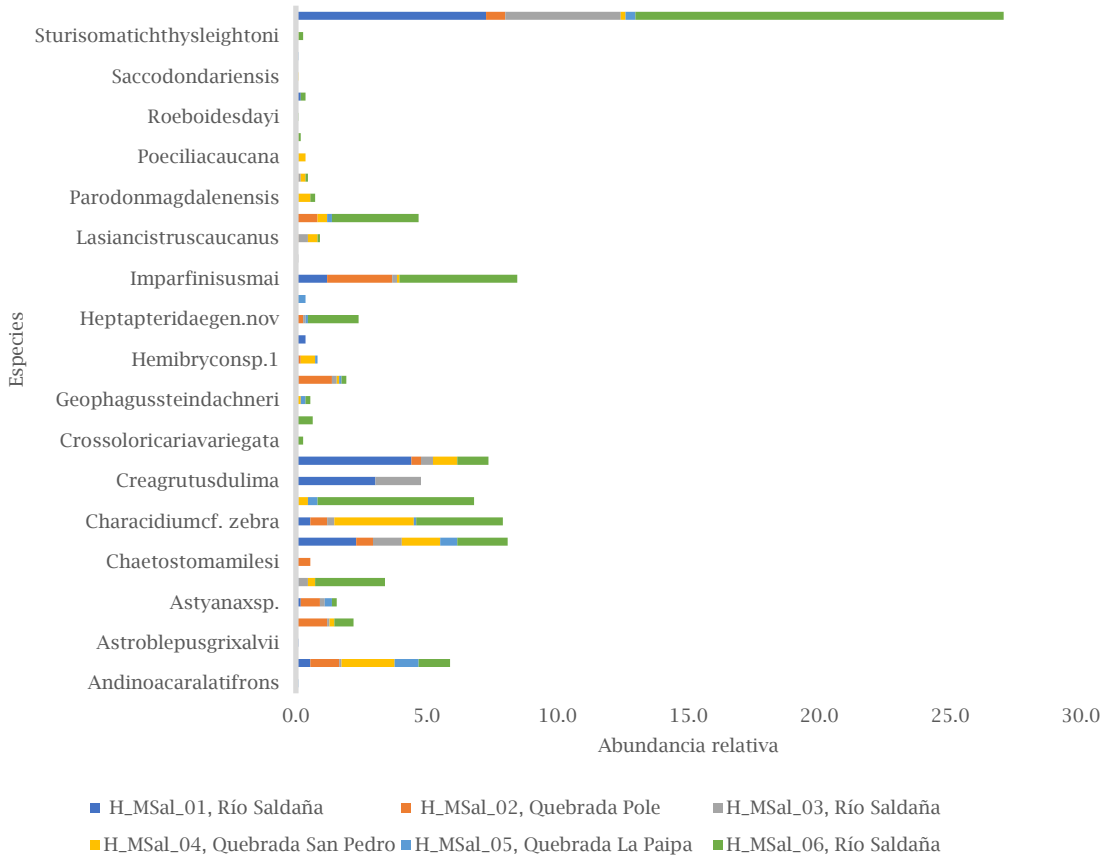
Lo anterior refleja una evidente variación en la tolerancia y establecimiento diferencial de las especies registradas a lo largo del río Medio Saldaña. Para el caso de las especies exclusivas el mantenimiento de condiciones óptimas con clave para preservarlas. Por ejemplo, rápidos, remansos, cobertura riparia y heterogeneidad de sustratos son microhábitat y nichos de algunas de estas especies.

41.6.3.4. Diversidad

En cuanto a la diversidad de especies usando los números de Hill, se observó que la riqueza de especies (q=0) fue mayor en las estaciones ubicadas en las quebradas H-MSal-05 con valores de riqueza de 28 especies, seguido de H-MSal-06 (26 spp.), H-MSal-04 (23 spp.), H-MSal-03 (21 spp.), H-MSal-01 (18 spp.) y finalmente H-MSal-02 (16 spp.). Con respecto al número de especies comunes (q=1) y número de especies dominantes (q=2), se observó una tendencia distinta, dos grupos. El primer grupo corresponde a la estación H-MSal-05 como el más diverso, seguido del segundo (H-MSal-02, H-MSal-03, H-MSal-04 y H-MSal-06) y finalmente, H-MSal-01, como el tercero. Por ejemplo, con la medida de diversidad de orden 1 se encontró que la estaciones con mayor valor de diversidad se encuentran en H-MSal-05 con 14,6 especies donde todas ellas tuvieran la misma abundancia. En cambio, el segundo grupo registra una diversidad promedio de 10,1 especies y el tercero de 5,3 especies.

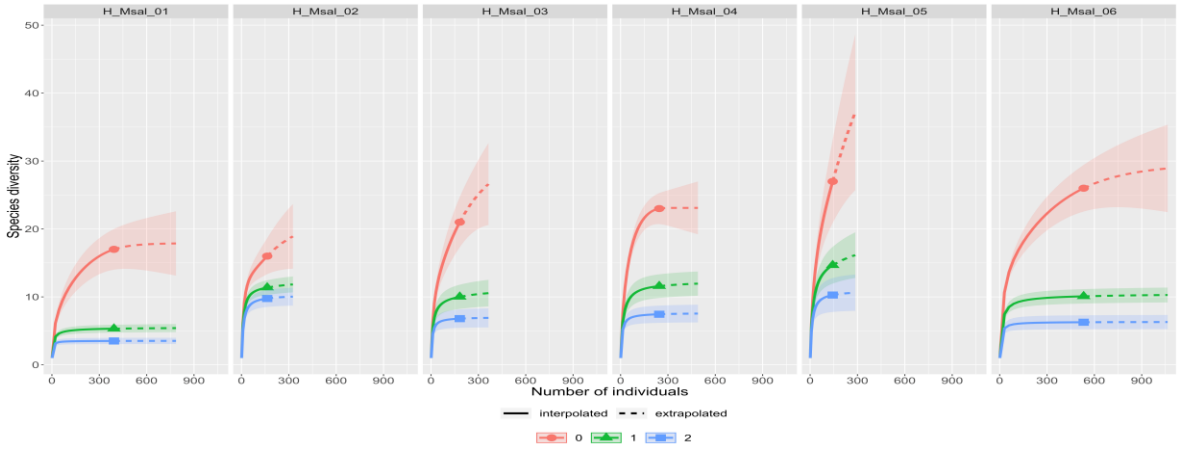
Al expresar estas equivalencias, se concluye que las estaciones H-MSal-05 es en promedio 1,4 veces más diversa en especies de peces que el grupo dos y 2,8 veces que el grupo tres. Lo anterior se soporta por medio de los intervalos de confianza y las curvas de rarefacción e interpolación, dado que no se observaron intervalos solapados entre las estaciones en estas relaciones, y por tanto se establecen diferencias significativas. Es decir, las zonas bajas de la rio Medio Saldaña son más diversas que las altas.

Figura 814. *Abundancia relativa por especies de la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña.*



Fuente: Autores (2022).

Figura 815*. Diversidad Alfa en las estaciones de la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña.*

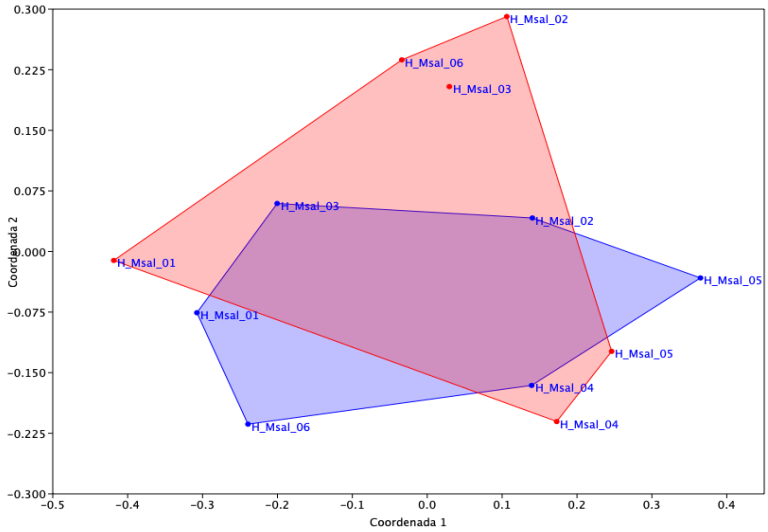


Fuente: Autores (2022).

41.6.3.5. Ensamblaje

De acuerdo con los resultados obtenidos por el NMDs (Non-metric multidimensional scaling) (stress = 0.9), permitieron observar que no existen diferencias en las abundancias de los ensamblajes de especies entre las estaciones evaluadas. Según el diagrama de ordenación, se observa que H-MSal-04, H-MSal-01, H-MSal-02 y H-MSal-06 estas solapadas. Sin embargo, la composición de algunas estaciones registra al menos una especie exclusiva o variaciones de la abundancia entre el ensamblaje. Las demás estaciones comparten especie entre algunas de estas estaciones (**Figura 816**).

Figura 816. *Diagrama de ordenación NMDS para las estaciones de la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña.*



Fuente: Autores (2022).

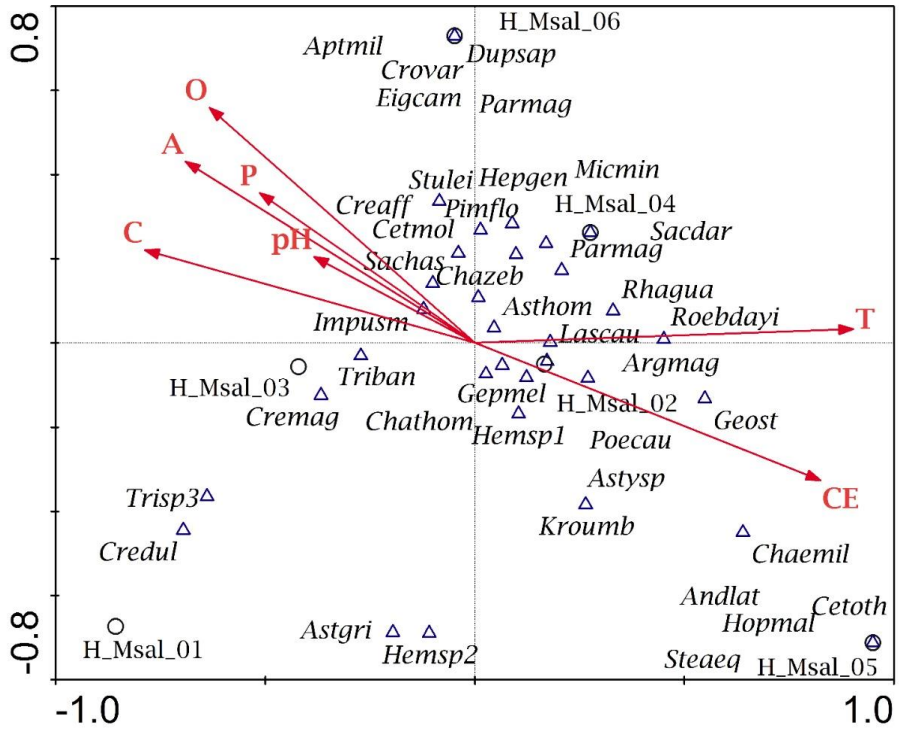
41.6.3.6. Relación con variables fisicoquímicas

En el análisis de correspondencia canónica (ACC) los dos primeros ejes explicaron el 55 % de la variación total de los datos. En el eje x, la temperatura del agua (T) (p-valor<0.05) influyó de forma significativa en la composición y la estructura de la ictiofauna.

Además de asoció negativamente a las estaciones H-MSal-01 y H-MSal-03 y las especies, por ejemplo, Astroblepus grixalvii, Hemibrycon sp.2, Creagrutus dulima y Kronoheros umbrifer. Es decir, son aguas más frías que se relacionada con la cantidad de luz y la cobertura vegetal riparia que influyen directamente en la concentración de energía calórica que puede absorber el cuerpo de agua evaluado (Chang, 2009).

Es decir, hubo poca entrada de luz solar debido a la cobertura vegetal riparia. Esta cobertura proporciona alimento alóctono a especies (p.e, Hemibrycon sp.2) a organismo que se alimentas de Insectos como hormigas, semillas y frutos. En el eje y, ninguna variable (p-valor>0.05) influyó de forma significativa en la composición y la estructura de la ictiofauna (**Figura 817**).

Figura 817. *Análisis de Correspondencia Canónica para las variables fisicoquímicas y la abundancia de peces registrados en la subzona hidrográfica del rio Medio Saldaña. Temperatura (T), Ancho (A), Profundidad (P), Caudal (C), pH, Oxígeno disuelto (O), Conductividad eléctrica (CE).*



Fuente: Autores (2022).

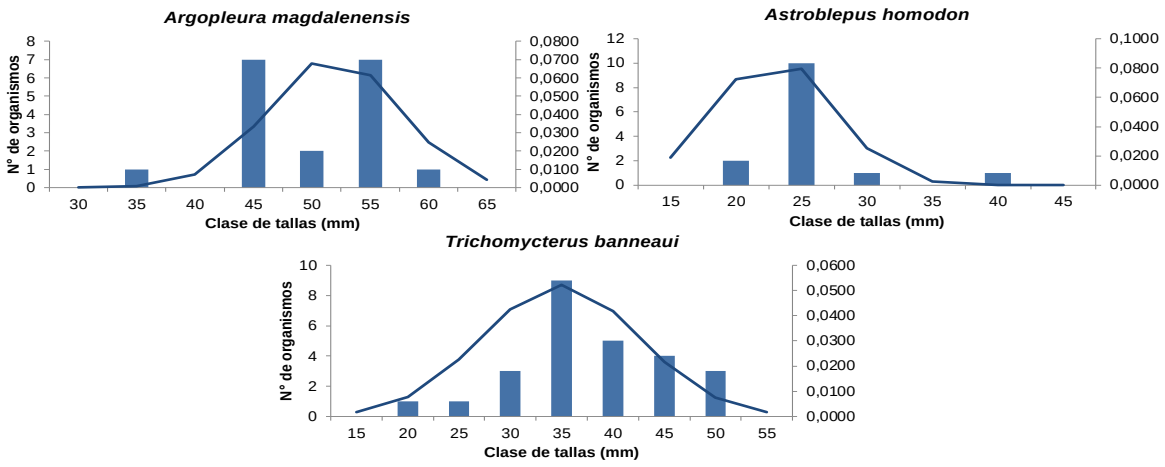
41.6.3.7. Distribución de frecuencias de tallas

Se analizó un total de 58 individuos durante los monitoreos realizados en la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña, con una distribución de tallas cada 5 mm de longitud estándar (LE). Para *Astroblepus homodon*, se obtuvo valores de longitud y peso promedio de 22,8 mm LE y 0,27 g, respectivamente. *Argopleura magdalenensis* registró valores promedios de longitud (46,8 mm) LE y peso (1,2 g). Y, *T. banneaui* con valores promedios de longitud (34,8 mm) y peso (0,43 g).

En general, existen variaciones de clases de talla entre las especies estudiadas. Y se registraron juveniles y adultos. Para el caso de *Astroblepus homodon* la distribución de las tallas se ajustó a una distribución normal y se agruparon en cuatro clases. Los individuos se distribuyen con mayor frecuencia en la talla 25 mm es decir, juveniles. En cuanto a *Argopleura magdalenensis,* se registraron cinco clases de talla, siendo los tamaños de 45 y 55 mm (juveniles) los más frecuentes. Finalmente, *T. banneaui* se agrupó en siete clases, siendo la talla 35 (juveniles) mm los más frecuentes. Esta información se corroboró examinando las gónadas de algunos individuos.

Lo anterior, aporta información valiosa para entender las dinámicas poblacionales que está relacionado con el mantenimiento de las especies. Es posible que algunos atributos del hábitat tales como refugios, alimentos, competencia, depredación, entre otros permitan estos procesos. El buen estado de una población consta de juveniles y adultos. Esta dinámica se relaciona con el reclutamiento, que varía a lo largo del tiempo. Según, Doherty (2002) estas oscilaciones en los patrones de asentamiento y reclutamiento pueden tener un fuerte componente estocástico o cambios en ciertas conductas reproductivas relacionadas con ciclos anuales o estacionales (Ault y Johnson, 1998).

Figura 818. *Distribución de frecuencias de talla de las especies dominantes de la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña.*



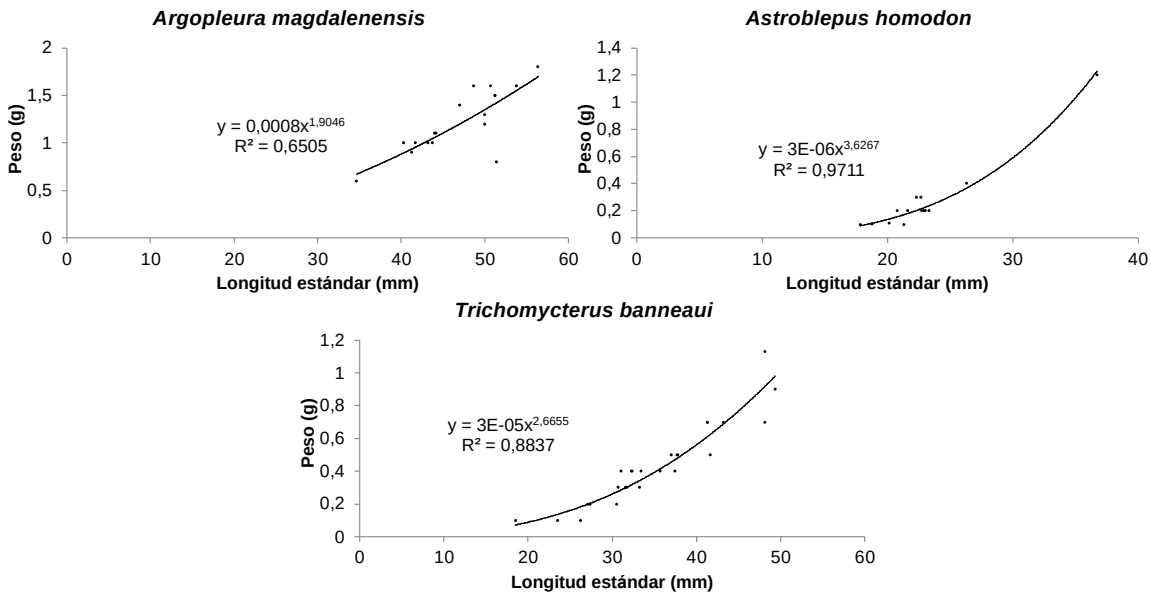
Fuente: Autores (2022).

41.6.3.8. Relación longitud-peso

La relación longitud-peso y el factor de condición (K) son indicadores poblacionales o del bienestar de las especies, debido que proporcionan información sobre el estado nutricional, actividad reproductiva y crecimiento de las especies (Cifuentes et al., 2012). Su uso, permite realizar comparaciones entre poblaciones y así crear modelos

para predecir el comportamiento de poblaciones de interés (McCallum, 2000). Existen tres relaciones de crecimiento entre longitud y aumento de la masa de los peces. Primera, la relación que mantendría un balance entre la longitud y el peso del individuo, población y/o especie sería igual a 3. Segunda, alométrico negativo (b < 3) peces delgados, posiblemente por condiciones adversas en el medio, gasto energético en reproducción o individuos jóvenes cuya inversión energética se prioriza en longitud y posteriormente en masa corporal. Y tercera, alométrico positivo (b > 3) indicarían un estado robusto del pez, lo cual podría obedecer a oferta alimenticia abundante o almacenamiento de energía previo a la época de reproducción (Le Cren, 1951). A continuación, se detallan los resultados de la relación longitud – peso de tres especies. En cuanto a la relación longitud y peso dado específicamente por los valores de coeficiente de crecimiento b permitiendo evaluar cualitativamente el grado de bienestar de la especie, reflejando las condiciones alimenticias recientes (**Figura 819**).

Figura 819. *Relación longitud – peso de las especies dominantes de la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña.*



Fuente: Autores (2022).

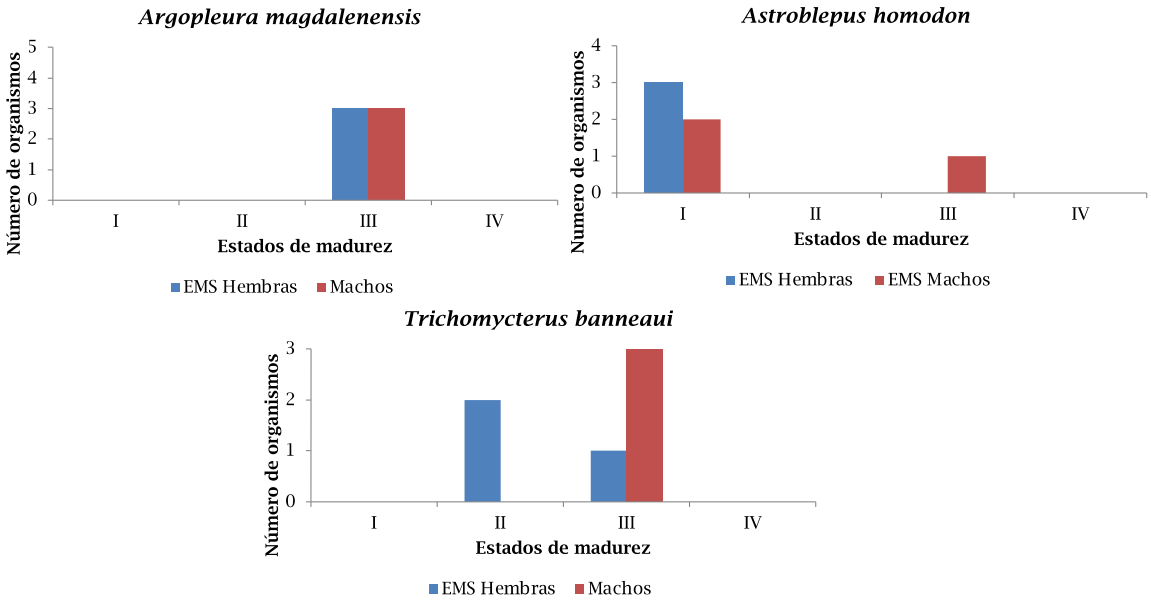
Para dos especies (*A. magdalenensis* y *T. banneaui*) los valores del coeficiente de crecimiento b < 3 es decir un crecimiento alométrico negativo, debido que la especie aumenta más significativamente la longitud, pudiendo ser un indicador de la menor inversión en energía acumulada y muestra que la especie posiblemente prioriza su crecimiento por encima de su peso (Le Cren, 1951). Al contrario, *Astroblepus homodon* registró un b > 3, en ambos casos se muestra que la especie presenta un crecimiento

alométrico positivo, es decir presenta un estado robusto, lo cual podría obedecer a oferta alimenticia abundante o almacenamiento de energía previo a la época de reproducción (Le Cren, 1951)

41.6.3.9. Estados de madurez gonadal

Con relación al análisis reproductivo, fueron analizados 19 individuos. En términos generales, las especies analizadas fueron mayoritariamente machos y hembras en época reproductiva. Es decir, la mayoría de los individuos estuvieron en estado de madurez sexual EMS III y IV. Para el caso de *A. magdalenensis y T. banneaui* la mayoría de los individuos analizados se encontraban en época reproductiva durante el momento de la colecta, en cambio, *A. homodon* registró mayoritariamente juveniles en procesos de desarrollo gonadal (**Figura 820**).

Figura 820. *Frecuencia relativa de los EMS para hembras y machos de las especies análizadas. I=inmaduro, II=madurando, III= maduro, IV en reposo de la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña.*



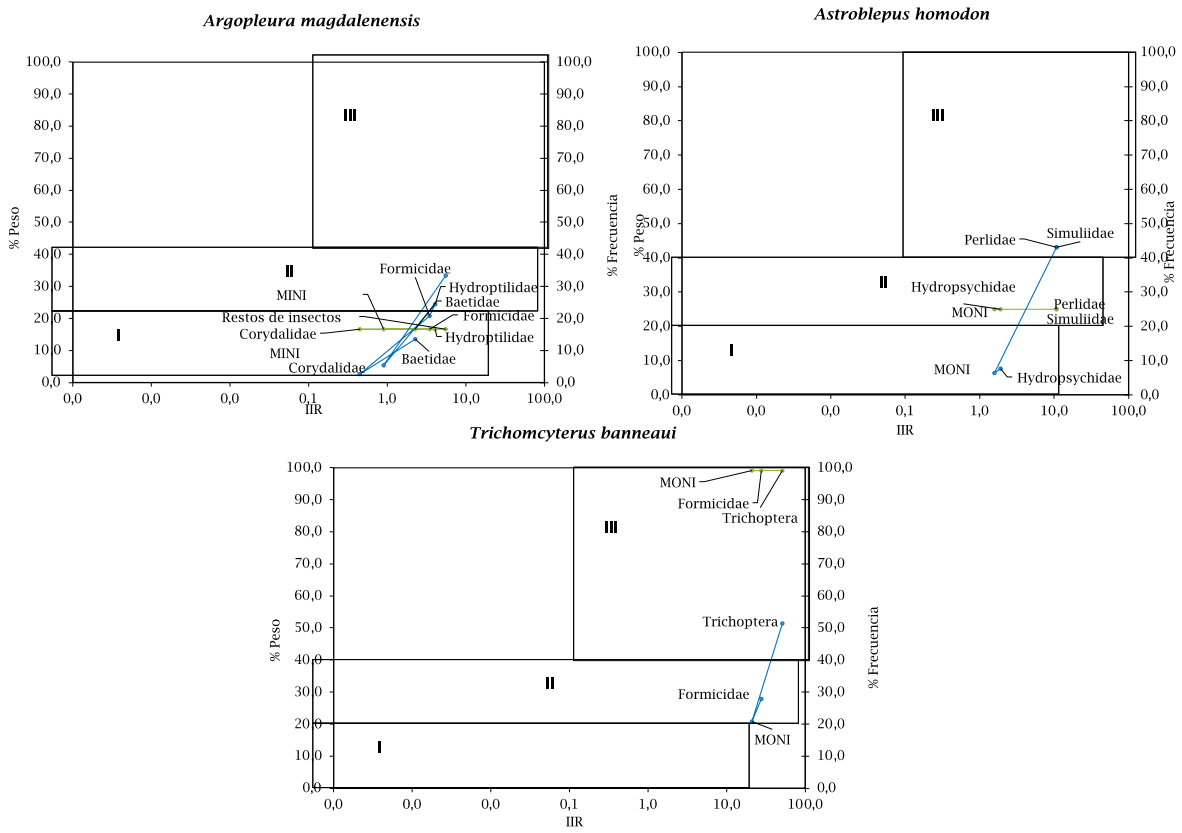
Fuente: Autores (2022).

41.6.3.10. Ecología trófica

Se analizaron 18 estómagos, de los cuales todos estuvieron llenos. El coeficiente de repleción fue de 1. En total, cinco ítems (MONI, Formicidae, Trichoptera, Simulidae y Perlidae) fueron considerados preferenciales y los restantes en correspondientes a grupos ocasionales o circunstanciales según (Yañez- Aranciba 1985, Lopez-Delgado, 2013). Es así, que basados en esta información y los resultados de la clasificación de

López-Delgado, 2013 podemos clasificar a las especies evaluadas como invertívora-insectívoras (*T. banneaui* y *A. magdalenensis*) e invertívora *(Astroblepus homodon)*. El primer gremio trófico hace referencia a un consumo de larvas de invertebrados acuáticos con cierta preferencia por organismo de la clase Insecta adultos. El segundo, son organismos que se alimentan preferencialmente de larvas de insectos acuáticos (Lopez-Delgado, 2013) (**Figura 821**).

Figura 821. *Espectro trófico de Astroblepus magdalenensis, Trichomycterus banneaui y Astroblepus homodon de la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña.*



Fuente: Autores (2022).

41.6.3.11. Especies de interés y categorías de amenaza

En términos generales, se observa que el 55 % de la ictiofauna de la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña son endémicas de Colombia. Asimismo, algunas especies son usadas para pesca, como es el caso de *Hoplias malabaricus* y ornamentales (*Poecilia caucana*) (**Tabla 619**). Por otro lado, una especie se encuentra en categoría de amenaza, Casi amenazada (Libro Rojo de Peces Dulceacuícolas de Colombia) (Mojica et al. 2012), una especie en preocupación menor. Adicionalmente, 22 especies son categorizadas en preocupación menor según UICN.

Tabla 619. *Especies de interés y categoría de amenaza de la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña.*

Especies	Endémica	Introducida	Migración	Usos	Categoría de amenaza		
					Libro Rojo de Peces de Colombia	UICN	
Andinoacara latifrons						C	L
Argopleura magdalenensis						C	L
Astroblepus grixalvii						C	L
Astroblepus homodon						C	L
Astroblepus sp.							
Cetopsorhamdia molinae							
Chaetostoma milesi				Pesca			
Chaetostoma thomsoni				Pesca | Ornamental		C	L
Characidium cf. *zebra*				Ornamental			
Creagrutus affinis						C	L
Creagrutus dulima							
Creagrutus magdalenae						C	L
Crossoloricaria variegata						C	L
Dupouyichthys sapito							
Geophagus steindachneri				Ornamental			
Gephyrocharax melanocheir						C	L
Hemibrycon sp.1							
Hemibrycon sp.2							
Heptapteridae gen.nov							
Hoplias malabaricus				Pesca | Ornamental		C	L
Imparfinis usmai						C	L
Kronoheros umbrifer				Pesca | Ornamental	Casi amenazada	C	L
Lasiancistrus caucanus						C	L
Microgenys minuta					Casi amenazada	C	L
Parodon magdalenensis						C	L
Pimelodella floridablancaensis							
Poecilia caucana				Ornamental		C	L
Rhamdia guatemalensis							

Roeboides dayi				C	L
Saccoderma hastata				C	L
Saccodon dariensis	Corta	Ornamental	Preocupación menor	C	L
Sternopygus aequilabiatus		Pesca		C	L
Sturisomatichthys leightoni		Ornamental		C	L
Trichomycterus banneaui				C	L

Fuente: Autores (2022).

Es así, que el presente monitoreo de caracterización íctica esencialmente dirigido al cauce principal y tributarios a lo largo de un gradiente altitudinal y ambiental revela que el río Saldaña y quebradas Pole y san Pedro son un importe hábitat para preservar y resguardar la diversidad de peces de la región. Altos valores de diversidad fueron asociados a estas estaciones.

De esta manera, los resultados son los datos de diversidad íctica más actualizados en la subzona hidrográfica del Medio Saldaña. Estudios anteriores (Lozano et al., 2009) sobre la cuenca del río Medio Saldaña, registran valores de riqueza de aproximadamente 22 especies. Valores inferiores al reportado en el presente estudio (34 spp).

De las estaciones evaluadas, se registraron 34 especies, la cuales representan un incremento de las especies del río Medio Saldaña (Lozano et al., 2009) y 30 % del Alto Magdalena (García- Alzate, et al., 2020) y por tanto claves, en términos de diversidad, establecimiento y resguardo de la ictiofauna.

En cuanto a la composición taxonómica registrada para el área de estudio, los órdenes con mayor abundancia y riqueza Characiformes (AR= 43 %), con 15 especies registró la mayor riqueza, seguido de Siluriformes (AR= 55 %) con 14 siendo un patrón, también encontrado en ensamblajes de peces en la cuenca del río Magdalena (Villa et al., 2003, Poveda-Cuellar, 2021).

Asimismo, se destaca la diversidad íctica registrada sobre quebradas debido que representaron el 36 % de la abundancia total, con especies exclusivas como *Hoplias malabaricus*. Esto denota la importancia de estos cuerpos de agua en resguardar la biodiversidad.

Esta especie es un depredador de ecosistemas acuáticos basando su alimentación en peces disponibles en el sistema (Vander Zanden & Vadeboncoeur, 2002). Sus atributos funcionales (p.e., dientes caninos, aumento en tamaños corporales e hidrodinámicos)

les permiten ser móviles y consumir presas más pequeñas. Por tanto, afecta los ciclos de nutrientes y dinámica energética dentro de los sistemas. En este sentido, la presencia de esta especie en el área de estudio denota un papel fundamental en el control poblacional de sus presas y estado de ecosistemas.

Con relación a diversidad de peces asociado a quebradas es necesario hacer énfasis sobre la combinación de atributos físicos (i.e., velocidad del agua, profundidad, sustratos y vegetación riparia) en la selección de especies con adaptaciones locales. Por ejemplo, la cobertura vegetal riparia provee material alóctono, semillas e insectos, que son fuente potencial de alimento de especies de Characidos (p.e., *Creagrutus* spp.). Además, establecen nuevos microhábitats como hojarasca o troncos sumergidos para algunos grupos como Loricaridos (p.e., *Chaetostoma* spp.*).* Así, el principal problema reconocido en estos sistemas loticos es la degradación física del hábitat asociada a la homogenización de hábitats, sustratos, contaminación por plásticos y aguas domésticas y reducción en columna de agua

Finalmente, se refleja la necesidad de ampliar los inventarios ictiológicos hacia otros tipos de hábitats, preferentemente zonas sin muestreos previos, tales como quebradas, pues como fue mencionado, son lugar clave para la conservación debido que resguarda una diversidad única de peces. Así mismo, estudios bioecológicos en especies ornamentales, exclusivas o comunes son fundamentales para entender la dinámica de las poblaciones en el río.

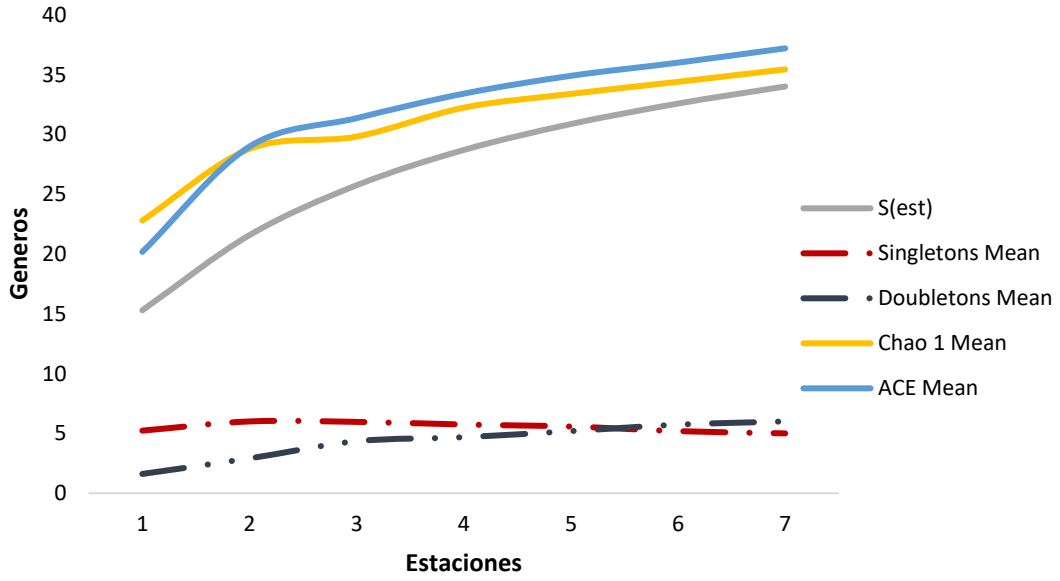
41.7. Subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña.

41.7.1. Perifiton

41.7.1.1. Representatividad

Con respecto a los estimadores de riqueza se registró un número total de 34 géneros observados (Sobs) en las14 estaciones evaluadas (7 en la subzona por cada temporada) estas especies corresponden al 91.4% del valor esperado con el estimador de riqueza ACE y el 96% para Chao 1 (Figura 822).

Figura 822. Curva de acumulación de la comunidad perifítica en la subzona hidrográfica del Río Bajo Saldaña.



Se estima un potencial máximo de 35 géneros. De acuerdo con los estimadores de riqueza se registró una riqueza de especies muy cercana la esperada durante los periodos de muestreo, lo que permite establecer que, para esta subzona hidrográfica, hubo una buena eficiencia de muestreo y los organismos registrados, representan correctamente los individuos que se registran en esta cuenca hidrográfica. Por otro lado, se registró un bajo número de taxones representados por un solo individuo (singletons), lo que sugiere que la mayoría de los taxones fueron observados durante los muestreos

41.7.1.2. Composición

Se colectaron 1026.85 individuos/mm2 distribuidos en siete filos, ocho clases, 2o órdenes, 25 familias y 34 taxones. A nivel de clase, presentaron mayor abundancia Bacillariophyceae con 653.1individuos/mm2, seguida de la clase Cyanophyceae con 355.4 individuos/mm2 las demás clases tuvieron una abundancia inferior a 10 individuos/mm2. Estos resultados con respecto a la abundancia siguen el patrón de composición que se presenta en las cuencas andinas, en los cuales las especies algales dominantes pertenecen a la clase Bacillariophycea (Pinilla, 1998; Ramírez & Viña, 1998; Ramírez, 2000; Martínez & Donato, 2003) (Tabla 620).

Con relación a los órdenes, *Oscillatoriales, Bacillariales, Naviculales, Bacillariales y Fragilariales* representaron aproximadamente el 79 % de los organismos registrados, los órdenes restantes registraron densidades menores al 4%.

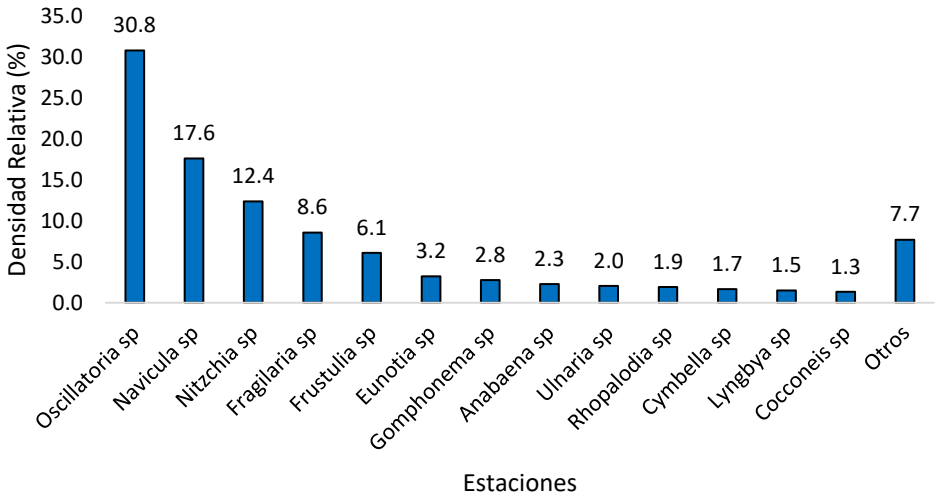
Tabla 620. Composición de la comunidad perifítica registrada en la subzona hidrográfica del Río Bajo Saldaña.

Filo	Clase	Orden	Familia	Especie	Densidad Ind/mm2
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Achnanthales	Achnanthaceae	*Achnanthes sp*	8.29
		Bacillariales	Bacillariaceae	*Nitzchia sp*	127.22
		Cocconeidales	Cocconeidaceae	*Cocconeis sp*	13.70
		Cymbellales	Cymbellaceae	*Cymbella sp*	16.99
				Pinnularia sp	6.76
			Gomphonemataceae	*Encyonema sp*	2.22
				Gomphonema sp	28.38
			Rhoicospheniaceae	*Rhoicosphenia sp*	6.94
		Eunotiales	Eunotiaceae	*Eunotia sp*	33.15
		Fragilariales	Fragilariaceae	*Fragilaria sp*	88.10
				Synedra sp	6.53
		Licmophorales	Ulnariaceae	*Hannaea sp*	1.67
				Ulnaria sp	20.93
		Mastogloiales	Achnanthaceae	*Achnanthidium sp*	5.69
		Naviculales	Amphipleuraceae	*Amphipleura sp*	6.85
				Frustulia sp	62.55
			Diploneidaceae	*Diploneis sp*	1.06
			Naviculaceae	*Caloneis sp*	2.31
				Gyrosigma sp	2.78
				Navicula sp	181.20
			Stauroneidaceae	*Stauroneis sp*	1.85
		Rhabdonematales	Tabellariaceae	*Tabellaria sp*	0.79
		Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	*Epithemia sp*	2.22
				Rhopalodia sp	19.68
		Surirellales	Surirellaceae	*Surirella sp*	5.23
	Coscinodiscophyceae	Melosirales	Melosiraceae	*Melosira sp*	3.94
Charophyta	Zygnematophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	*Mougeotia sp*	0.93
Chlorophyta	Trebouxiophyceae	Trebouxiophyceae	Trebouxiophyceae incertae sedis	*Crucigenia sp*	1.16
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocales	Nostocaceae	*Anabaena sp*	23.43
		Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	*Lyngbya sp*	15.28
				Oscillatoria sp	316.67
Euglenozoa	Euglenophyceae	Euglenida	Eugleninae	*Euglena sp*	1.16
Nematoda	Indeterminado	Indeterminado	Indeterminado	*Nematoda sp*	2.18
Protozoa	Lobosa	Arcellinida	Difflugiidae	*Difflugia sp*	9.03

De los 34 taxones registrados, los más abundantes fueron *Oscillatoria sp, Nitzchia sp, Navicula sp y Fragilaria sp*. Estos representaron aproximadamente el 70% de los individuos registrados. El taxon más abundante pertenece a la clase Cyanophyceae, esto se debe a que estos organismos son cosmopolitas, oportunistas y tiene capacidad

de adaptación a casi todos los hábitats acuáticos, ya que aprovechan cambios físicos y químicos en el ecosistema, especialmente relacionados con cambios en los nutrientes en el cuerpo de agua que ocasionan que durante algunos meses se registren altas densidades (Pinilla, 1998; Ramírez & Viña, 1998).

Figura 823. Densidad relativa de los géneros más abundantes colectados en la subzona hidrográfica del Río Bajo Saldaña.

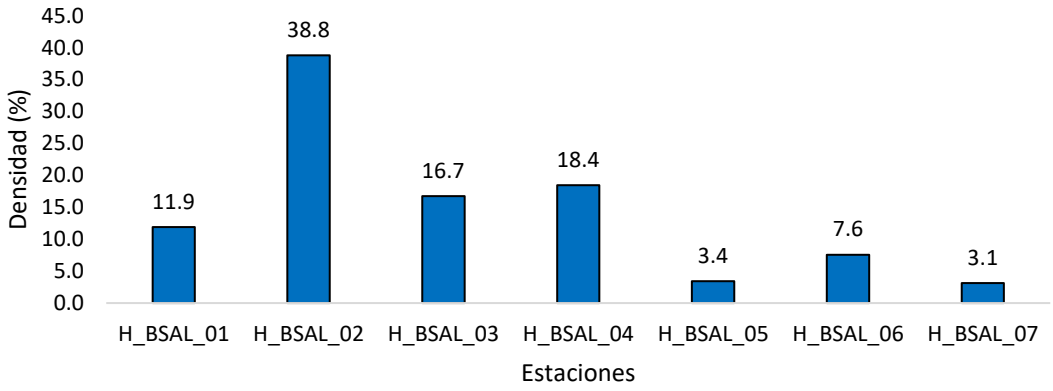


Los demás taxones mencionados pertenecen a la clase Bacillariophyceae, son muy comunes en ecosistemas lóticos siendo muy frecuentes y abundantes. Este hecho se debe posiblemente a que los organismos pertenecientes a esta clase se caracterizan principalmente por tener una nutrición heterotrófica facultativa, además son capaces de segregar estructuras mucilaginosas las cuales les permiten adherirse a los diferentes sustratos ofrecidos por el cuerpo de agua y así de esta manera soportar las fuertes corrientes las cuales son características de dichos ecosistemas (Pinilla, 1998; Bustamante et al., 2009).

41.7.1.3. Distribución espacial

Se evaluaron siete estaciones de muestreo en esta subzona, de las cuales la mayor densidad fue registrada en H_BSal_02 con un 38.8%, seguida por la estación H_BSal_04 con 18,4% y H_BSal_03 con 16,7% y a menor densidad se registró en H_BSal_07 y H_BSal_05. Estas ultimas presentaron menos densidades probablemente a las condiciones caracteristicas del cuerpo de agua y tambien como resultado de los cambios en el cuerpo de agua producto de ciclos hidrologicos (Figura 824).

Figura 824. Densidad relativa por estaciones de la subzona hidrográfica Río Bajo Saldaña.

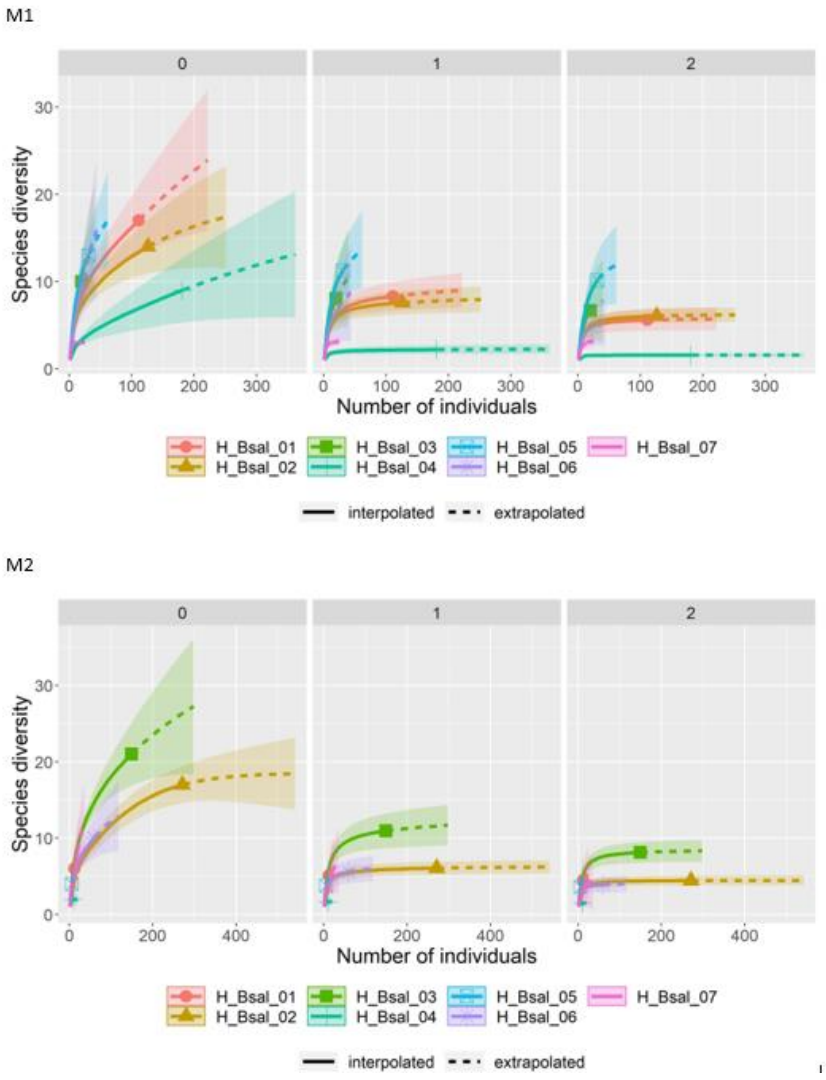


41.7.1.4. Diversidad

Teniendo en cuenta la extrapolación según la riqueza específica (0D), Para el muestreo M1, no se observaron diferencias estadísticamente significativas de la diversidad en las estaciones evaluadas. Con relación a las especies raras y poco frecuentes (1D) y especies dominantes (2D), se observa el mismo patrón que se presentó según 0D.

Para el segundo muestreo se observaron cambios en el patrón que se presentó en el muestreo uno, en esta temporada hubo aumento en la diversidad en la estación H_BSal_03 al tener en cuenta la riqueza de especie (0D), especies raras y poco frecuentes (1D), y especies dominantes (2D); son embargo al tener en cuenta 0D no se observan diferencias significativas entre las estaciones y, según los ordene 1D y 2D, se observan diferencias significativas entre los sitios H_BSal_02 con H_BSal_03. Durante este muestreo se presentó una disminución importante en la diversidad de la estación H_BSal_02. Adicionalmente, con los estimadores de riqueza se registró una cantidad inferior a lo esperado durante los dos periodos de muestreo en algunas de las estaciones, indicando que, para esta subzona hidrográfica, se debe incrementar el esfuerzo de muestreo, aumentando las réplicas en el tiempo. Los cambios a nivel temporal se pueden atribuir al efecto que tienen los periodos de lluvias en las estaciones de la cuenca, el cual modifica las condiciones y genera cambios en la diversidad de la comunidad perifitica. (Figura 825).

Figura 825. Diversidad Alfa en las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Bajo Saldaña. 0=Riqueza especifica, 1= Exponente de Shannon y 2= Inverso de Simpson

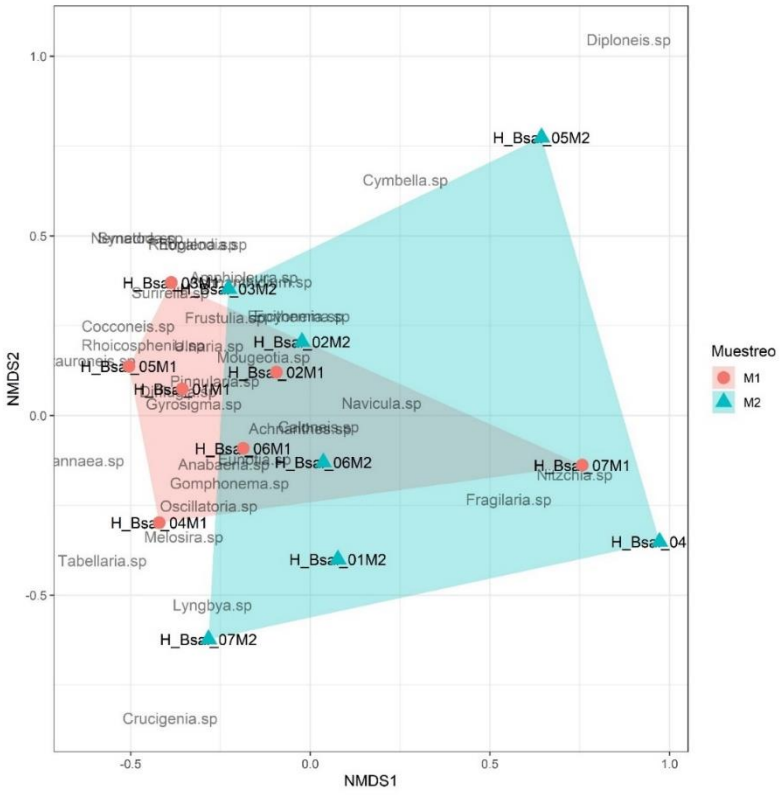


41.7.1.5. Ensamblaje

Los resultados del escalamiento no métrico multidimensional (EMNM), según la separación de las estaciones en el diagrama de ordenación permitieron evidenciar que las estaciones H_BSal_05, H_BSal_04, H_BSal_07, H_BSal_07 del muestreo M2 se estructuran diferente con taxones particulares de cada una. Adicionalmente, al tener en cuenta la similitud de Jaccard en cada una de las estaciones, no se forman grupos definidos para los dos periodos de muestreo (M1: Rojo y M2: Azul) ya que algunas estaciones se estructuran de manera similar. Al realizar la prueba estadística ANOSIM entre los grupos analizados, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas

(p= 0,8). Indicando que la comunidad perifitica no es diferente a nivel temporal y espacial. (Figura 826).

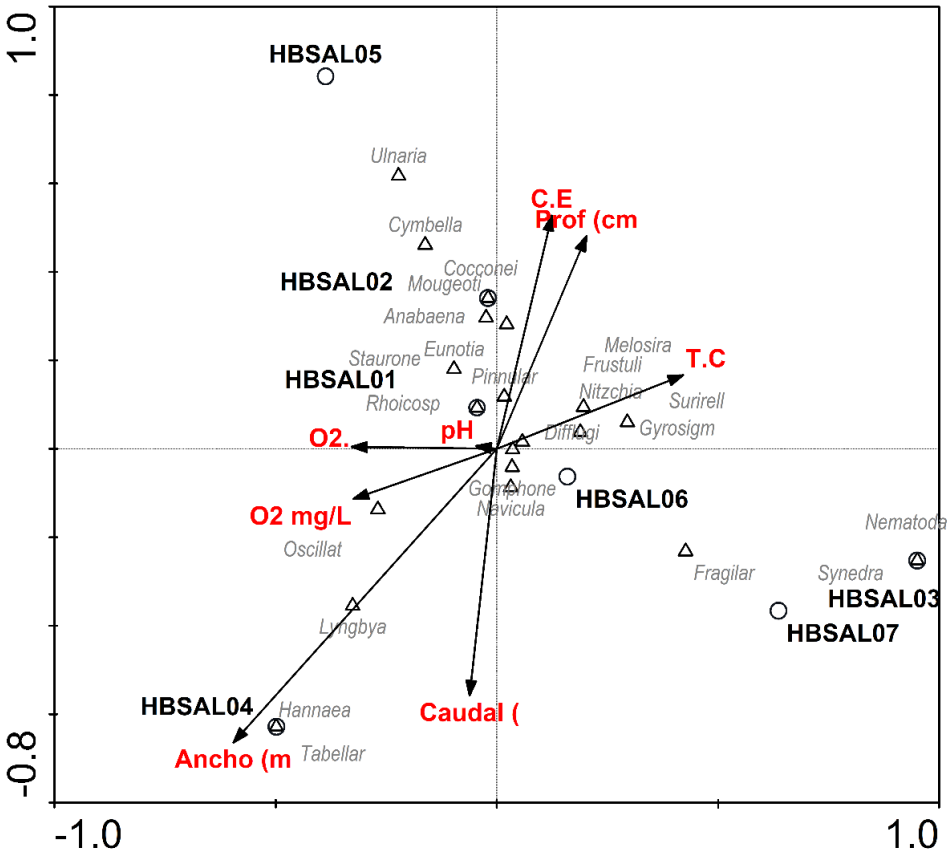
Figura 826. Diagrama de ordenación NMDS para las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Bajo Saldaña



41.7.1.6. Relación con variables fisicoquímicas

Según los resultados del análisis de correspondencia canónica (ACC), ninguna de las variables evaluadas influyó de manera significativa en la distribución de los taxones de la comunidad perifítica (p >0,005). Sin embargo, vale la pena resaltar que, en el diagrama de ordenación, se observó una separación en las estaciones evaluadas en la subzona hidrográfica del río bajo Saldaña. La estación H_BSAL_04, se separó de las restantes, por valores elevados de oxígeno disuelto, caudal y ancho. En esta, se registraron taxones como Tabellaria sp, Hannaea sp y Lyngbya sp los cuáles fueron característicos de este cuerpo de agua. La estación H_BSAL_01, se caracterizó por valores elevados de pH, porcentaje de saturación de oxígeno y taxones como Rhoicosphenia sp, Stauroneis sp y Eunotia sp (Figura 827).

Figura 827. Análisis de Correspondencia Canónica para las variables fisicoquímicas y la abundancia de los taxones de la comunidad perifítica registradas en la subzona hidrográfica del Río Bajo Saldaña



41.7.1.7. Índice diatómico genérico (IDG)

Según los resultados del índice Diatómico Genérico (IDG), las estaciones evaluadas presentaron un nivel de contaminación muy alto y alto. La estación H_Bsal_04 registro contaminación por materia orgánica alta. Para la segunda época de muestreo (M2), los niveles de contaminación disminuyeron en la mayoría de las estaciones pasando de contaminación muy alta a intermedia. Esto posiblemente se relaciona con las lluvias que generan un efecto de dilución en los cuerpos de agua mejorando temporalmente las condiciones de estos (Tabla 621).

Tabla 621. Índice diatómico genérico de las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Bajo Saldaña.

Cuerpo de agua	IDGM1	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica	IDGM2	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica
H_Bsal_01	1.7	Muy alta	Contaminación muy fuerte		3.1	Alta	Desaparición de especies	

Cuerpo de agua	IDGM1	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica	IDGM2	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica
							sensibles, contaminación fuerte	
H_Bsal_02	1.6	Muy alta	Contaminación muy fuerte		3.0	Intermedia	Contaminación media, eutrofización acentuada	
H_Bsal_03	1.3	Muy alta	Contaminación muy fuerte		3.0	Intermedia	Contaminación media, eutrofización acentuada	
H_Bsal_04	2.8	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte		3.4	Intermedia	Contaminación media, eutrofización acentuada	
H_Bsal_05	1.2	Muy alta	Contaminación muy fuerte		3.3	Intermedia	Contaminación media, eutrofización acentuada	
H_Bsal_06	1.5	Muy alta	Contaminación muy fuerte		3.1	Intermedia	Contaminación media, eutrofización acentuada	
H_Bsal_07	1.0	Muy alta	Contaminación muy fuerte		3.4	Intermedia	Contaminación media, eutrofización acentuada	

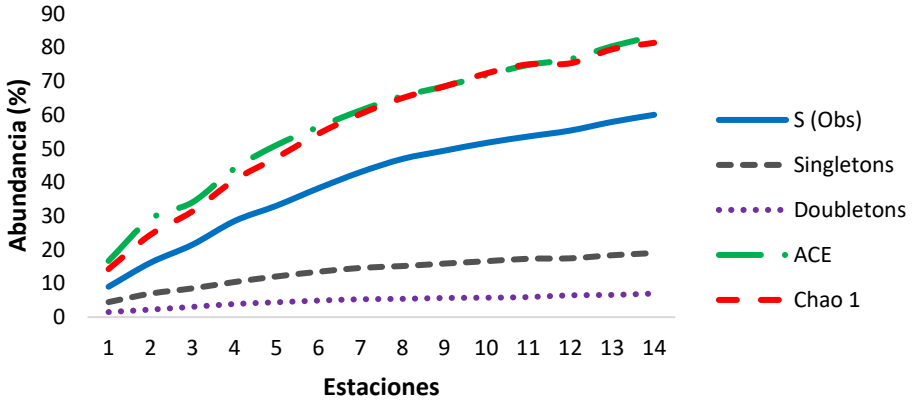
41.7.2. Macroinvertebrados acuáticos

41.7.2.1. Representatividad

Con respecto a los estimadores de riqueza se registró un número total de 60 géneros observados (Sobs) en las 14 estaciones evaluadas (siete en la subzona durante dos temporadas) para un total de 56 muestras que corresponden al 72% del valor esperado con el estimador de riqueza ACE y el 73.7% para Chao 1. Se estima un potencial máximo de 83 géneros (**Figura *828***).

Según los estimadores de riqueza se tuvo una representatividad media de muestreo, donde se logró detectar una cantidad considerable de los organismos que se pueden encontrar en esta subzona hidrográfica. El cauce del rio Saldaña es sumamente extenso, con una fuerte corriente y baja disponibilidad de sustratos, estas condiciones no permiten explorar en su totalidad la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, ya que no se tiene acceso a todas las partes del cuerpo de agua, adicionalmente durante los periodos de lluvias el caudal se incrementa de modo exponencial, lo que limita aún más la colecta. Aun cuando existen estas situaciones atenuantes se logró un porcentaje alto de colecta (Jara, 2017; Bazan, 2020).

Figura 828. *Curva de acumulación de Macroinvertebrados acuáticos colectados en la subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña.*



Fuente: Autores (2022)

En caso de ríos de gran amplitud, es normal registrar un bajo número de géneros, ya que estos animales al ser de tamaño tan reducido son sumamente sensibles al efecto de remoción que tiene el caudal, la mayoría de ellos no puede competir contra la fuerza del agua y tienden a ubicarse en zonas de remanso o corriente más moderada, donde existan sustratos firmemente fijados, lo cuales le sirven de refugio (Hanson et al., 2010).

41.7.2.2. Composición

Se colectaron 1099 organismos distribuidos en cuatro filos, cinco clases, 15 órdenes, 38 familias y 60 géneros (**Tabla 622**).

Tabla 622. *Composición de los macroinvertebrados acuáticos registrados en la subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña*

Filo	Clase	Orden	Familia	Genero	Abundancia
Platyhelminthes	Rhabditophora	Neoophora	Dugesiidae	*Girardia*	3
Annelida	Clitellata	Hirudinida	Glossiphoniidae	*Helobdella*	1
		Lumbriculida	Lumbriculidae	*	1
		Tubificida	Naididae	*Tubifex*	6
Mollusca	Bivalvia	Veneroida	Sphaeriidae	*Pisidium*	1
	Gastropoda	Neotaenioglossa	Thiaridae	*Thiara*	51
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Dytiscidae	*Laccophilus*	1
			Elmidae	*Cylloepus*	2
				Heterelmis	21
				Hexanchorus	3
				Macrelmis	23
				Microcylloepus	8

		Neoelmis	5
	Lutrochidae	*Lutrochus*	1
	Psephenidae	*Psephenops*	1
	Ptilodactylidae	*Anchytarsus*	1
	Scirtidae	*Elodes*	2
Diptera	Ceratopogonidae	*Alluaudomyia*	3
		Atrichopogon	1
	Chironomidae	Chironominae	86
		Orthocladiinae	49
		Tanypodinae	19
	Culicidae	*Culex*	2
	Muscidae	*Lispe*	1
	Simuliidae	*Simulium*	2
	Stratiomyidae	*Odontomyia*	1
	Tipulidae	*Hexatoma*	10
		Limonia	1
		Molophilus	2
Ephemeroptera	Baetidae	*Americabaetis*	11
		Baetodes	4
		Camelobaetidius	4
		Varipes	1
	Leptohyphidae	*Allenhyphes*	1
		Leptohyphes	39
		Tricorythodes	6
	Leptophlebiidae	*Terpides*	19
		Thraulodes	138
		Traverella	7
Hemiptera	Gerridae	*Potamobates*	1
		Trepobates	16
		Trepobatoides	4
	Hebridae	*Hebrus*	2
	Mesoveliidae	*Mesovelia*	1
	Naucoridae	*Ambrysus*	1
		Limnocoris	20
	Notonectidae	*Martarega*	22
	Veliidae	*Rhagovelia*	391
Lepidoptera	Crambidae	*Petrophila*	1
Megaloptera	Corydalidae	*Corydalus*	14
Odonata	Coenagrionidae	*Argia*	4
	Libellulidae	*Macrothemis*	3
	Platystictidae	*Palaemnema*	2
Plecoptera	Perlidae	*Anacroneuria*	25
Trichoptera	Hydropsychidae	*Leptonema*	15
		Smicridea	25
	Hydroptilidae	*Leucotrichia*	1
	Leptoceridae	*Atanatolica*	1
		Grumichella	3
	Philopotamidae	*Chimarra*	9

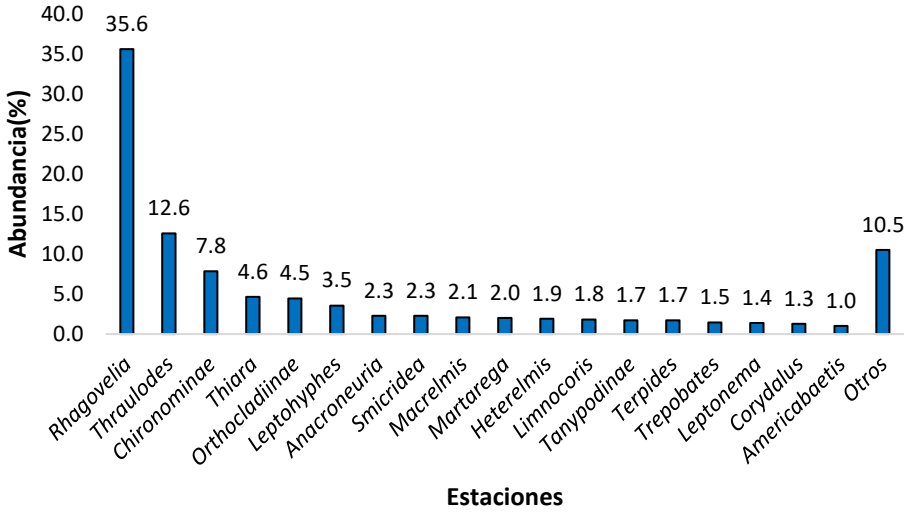
A nivel de orden, los que tuvieron mayor abundancia fueron Ephemeroptera con 105 organismos (36.7%), Diptera con 49 organismos (17.1%) y Neotaenioglossa con 40 organismos (14%). Para las cuencas de alta montañas de gran porte es común encontrar esta estructura de la comunidad, donde los dípteros y efemerópteros dominan la composición taxonómica de macroinvertebrados acuáticos, ya que presentan un amplio espectro de adaptaciones morfológicas y ecológicas que les permite habitar en ecosistemas de corriente fuerte (Tamaris et al., 2013).

En cuanto a familias, las más abundantes fueron Leptophlebiidae (30.4%), Chironomidae (15%) y Thiaridae (13.9%) mientras que Platystictidae, Scirtidae, Simuliidae, Tipulidae, Mesoveliidae, Glossiphoniidae, Ceratopogonidae, Libellulidae, Dytiscidae, Lumbriculidae, Philopotamidae, Sphaeriidae y Stratiomyidae presentaron la menor cantidad de organismos (>1%).

A nivel de géneros, los más abundantes fueron *Rhagovelia* (35.6%), seguido de *Thraulodes* (12.6%) y Chironominae sp (7.8%). De los 60 géneros registrados 19 de ellos registran un valor inferior al 1%, estos son *Camelobaetidius, Hexatoma, Palaemnema, Simulium, Allenhyphes, Atrichopogon, Baetodes, Chimarra, Cylloepus, Cyphon, Elodes, Helobdella, Laccophilus, Lumbriculidae sp, Macrothemis, Mesovelia, Odontomyia, Pisidium, Varipes* (**Figura 829**).

La subzona hidrográfica del rio Bajo Saldaña es un rio de gran tamaño, esto implica un aumento de la corriente y la profundidad, así como la reducción de sustratos específicos, donde se puedan desarrollar organismos pocos comunes.

Figura 829. *Abundancia relativa de los géneros más abundantes colectados en la subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña.*



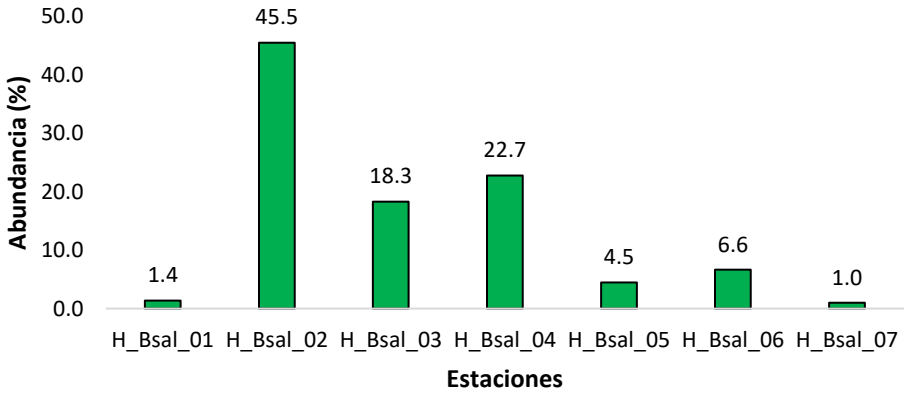
No obstante, se observa una gran cantidad de taxones reportados para esta subzona hidrográfica, la mayoría de ellos son cosmopolitas y de amplia distribución geográfica, capaces de soportar múltiples tensores ambiental, también se encontraron algunos organismos poco comunes, estos fueron encontrados en su mayoría en sus tributarios que son quebradas medianas y pequeñas, presentan una mayor estabilidad de sustratos en particular se resalta la presencia de hojarasca, lo cual permite el desarrollo de una comunidad más grande y diversa.

El factor lluvias también es un factor por considerar ya que impide el desarrollo de una colecta apropiada, lo cual limita la detección de la totalidad de la comunidad (Quesada et al., 2020)

41.7.2.3. Distribución espacial

Se establecieron siete estaciones de muestreo, cuatro en el cauce principal del rio Saldaña y tres en los tributarios quebrada Jabonera, quebrada Meche y quebrada Lemaya, se registró la mayor abundancia en la quebrada Jabonera (H_BSal_02) con 500 organismos (45.5%), seguido del Rio Saldaña (H_BSal_04) con 250 organismos (22.7%) (**Figura 830**).

Figura 830. *Abundancia relativa por estaciones de la subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña.*



Fuente: Autores (2022).

Las estaciones del rio Saldaña al ser un cuerpo de agua amplio, los efectos de las variables físicas tienen un efecto superior sobre la dinámica de las poblaciones, donde la fuerza de la corriente es un factor de tensión para los macroinvertebrados acuáticos. Esto se refleja en las bajas abundancias registradas allí, sumado a ello existen disturbios de origen antrópico provenientes de varios poblados aledaños al cauce, principalmente en la localidad de Coyaima y Saldaña.

En cuanto a los géneros registrados *Thraulodes, Heterelmis,* Chironominae, Tanypodinae, *Leptohyphes* y Orthocladiinae, se colectaron en la mayoría de las estaciones de la subzona hidrográfica del rio Bajo Saldaña, estos taxones son cosmopolitas y con amplia distribución, por lo tanto, es común detectarlos en los monitoreos (**Tabla 623**). Del material colectado los géneros *Chimarra, Cyphon, Elodes, Helobdella, Laccophilus,* Lumbriculidae, *Martarega, Mesovelia, Neoelmis, Odontomyia, Pisidium, Smicridea, Thiaridae sp, Trepobatoides* y *Tubifex* indicaron una distribución restringida a una sola estación.

Tabla 623. *Distribución espacial de los macroinvertebrados acuáticos registrados en la subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña.*

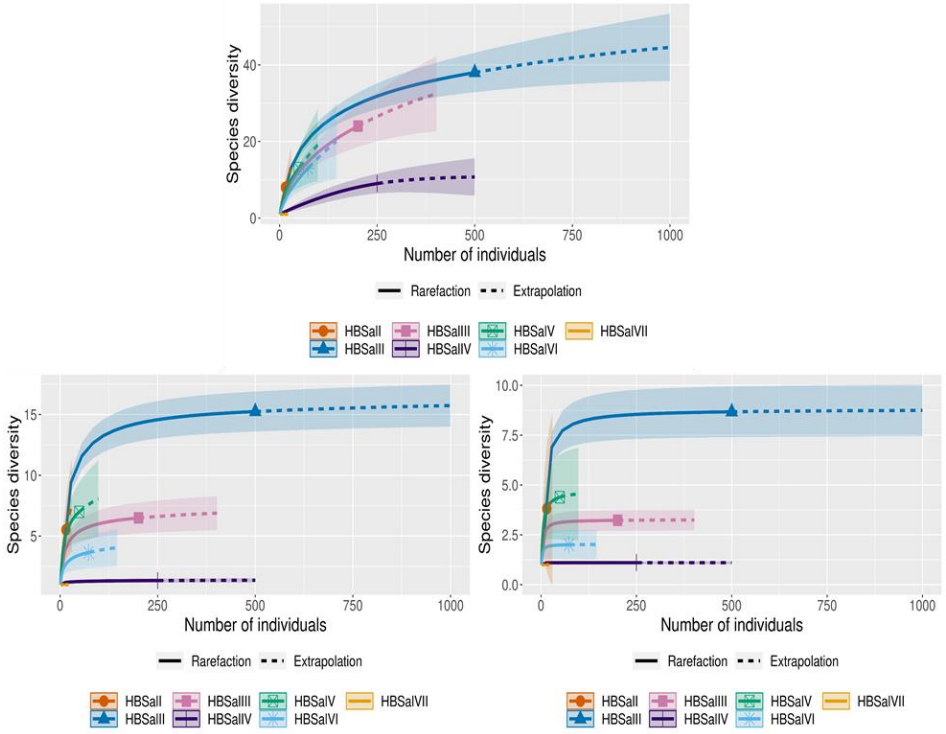
Genero	H_Bsal_01	H_Bsal_02	H_Bsal_03	H_Bsal_04	H_Bsal_05	H_Bsal_06	H_Bsal_07
Allenhyphes	0	1	0	0	0	0	0
Americabaetis	0	0	4	0	1	0	0
Anacroneuria	0	4	0	0	0	0	0
Argia	0	1	2	0	0	1	0
Atrichopogon	0	1	0	0	0	0	0
Baetodes	0	1	0	0	0	0	0
Camelobaetidius	0	1	0	0	1	0	0
Chimarra	0	0	0	0	1	0	0
Chironominae	0	8	2	1	5	3	0
Corydalus	0	5	2	0	1	0	0
Cylloepus	0	1	0	0	0	0	0
Cyphon	0	0	1	0	0	0	0
Elodes	1	0	0	0	0	0	0
Helobdella	0	0	0	0	0	1	0
Heterelmis	0	9	0	0	0	0	0
Hexatoma	0	1	0	0	1	0	0
Laccophilus	0	0	1	0	0	0	0
Leptohyphes	1	7	0	0	0	0	0
Leptonema	1	3	0	0	3	0	0
Limnocoris	0	2	1	0	0	0	0
Lumbriculidae sp.	0	0	0	0	0	1	0
Macrelmis	0	4	1	0	1	0	0
Macrothemis	0	1	0	0	0	0	0
Martarega	0	0	4	0	0	0	0
Mesovelia	0	0	1	0	0	0	0
Neoelmis	0	0	0	0	5	0	0
Odontomyia	0	0	0	0	0	1	0
Orthocladiinae	1	7	4	1	0	0	0
Palaemnema	0	2	0	0	0	0	0
Pisidium	0	0	0	0	0	1	0
Rhagovelia	1	3	6	3	1	0	2
Simulium	1	1	0	0	0	0	0
Smicridea	0	0	0	0	6	0	0
Tanypodinae	0	8	0	0	1	2	0
Terpides	0	7	3	0	0	0	0
Thiaridae sp.	0	0	0	0	0	40	0
Thraulodes	0	68	2	0	2	0	0
Traverella	0	5	0	0	0	0	0
Trepobatoides	0	0	4	0	0	0	0
Tubifex	0	0	1	0	0	3	0
Varipes	0	1	0	0	0	0	0

Fuente: Autores (2022).

41.7.2.4. Diversidad

Según lo observado en la extrapolación de número de géneros en las estaciones de la subzona hidrográfica del rio Bajo Saldaña, se puede establecer que los valores de riqueza (0D) registrados oscilaron entre los 3 a 25 géneros, siendo las estaciones con mayor número de géneros la quebrada Jabonera (H_BSal_02) con 25 y la quebrada Meche (H_BSal_01) con 18 (**Figura 831**).

Figura 831. *Diversidad Alfa en las estaciones de la subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña.*



Fuente: Autores (2022).

La grafica de diversidad para la riqueza según sus intervalos de confianza, se encuentra solapados por lo que se indica que no existen diferencias significativas, aun cuando hay una variación significativa en la cantidad de géneros registrada para cada estación, en general es muy baja.

Para el rio Saldaña en todas sus estaciones, la extrapolación muestra que aún existe la posibilidad de encontrar un mayor número de taxones, por lo que se recalca que se debe muestrear más para alcanzar la totalidad de la riqueza. Los valores relacionados a los taxones típicos o comunes (1D), indican que los valores en las siete estaciones tienden a ser similares sobre todo se agrupan en función de la altitud, las estaciones de zonas altas se encuentran menor número de organismos comunes, mientras que las

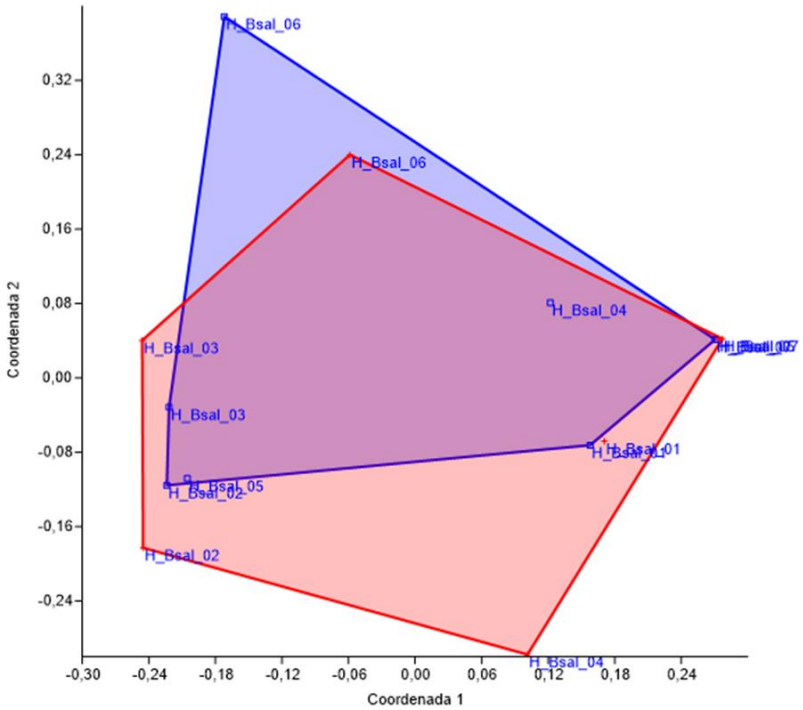
estaciones de baja montaña registran el mayor valor con 11.6. De acuerdo con el número de taxones dominantes (2D), se observa un comportamiento relativamente homogéneo en las cinco estaciones, teniendo en cuenta la baja riqueza encontrada, los valores de taxones dominantes se son bajos también.

La diversidad en la subzona hidrográfica del rio Bajo Saldaña y sus tributarios es baja y no muestra diferencias en la extensión evaluada, los tensores naturales y artificiales que presenta este rio dificultan el desarrollo de una comunidad mayor, en esta subzona se compone principalmente por organismos comunes con amplia distribución y una resistencia alta a las condiciones físicas de los ríos grandes. Por tamaño del rio es baja la probabilidad de encontrar organismos raros o poco comunes, sin embargo, pueden existir ambientes más estables que provean las condiciones adecuadas para su desarrollo (Gonzales et al., 2020).

41.7.2.5. Ensamblaje

Los resultados del análisis de similitud teniendo en cuenta la presencia de los géneros (Jaccard) en cada una de las estaciones, muestra agrupamientos parcialmente definidos para los dos periodos de muestreo (**Figura 832**).

Figura 832. *Diagrama de ordenación NMDS para las estaciones de la subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña.*



Fuente: Autores (2022).

El diagrama indica una similaridad entre las estaciones de un 40%, en los clusters se observa una independencia parcial según la temporalidad, en cuanto a los cambios espaciales, también se observan cambios grandes en la composición taxonómica.

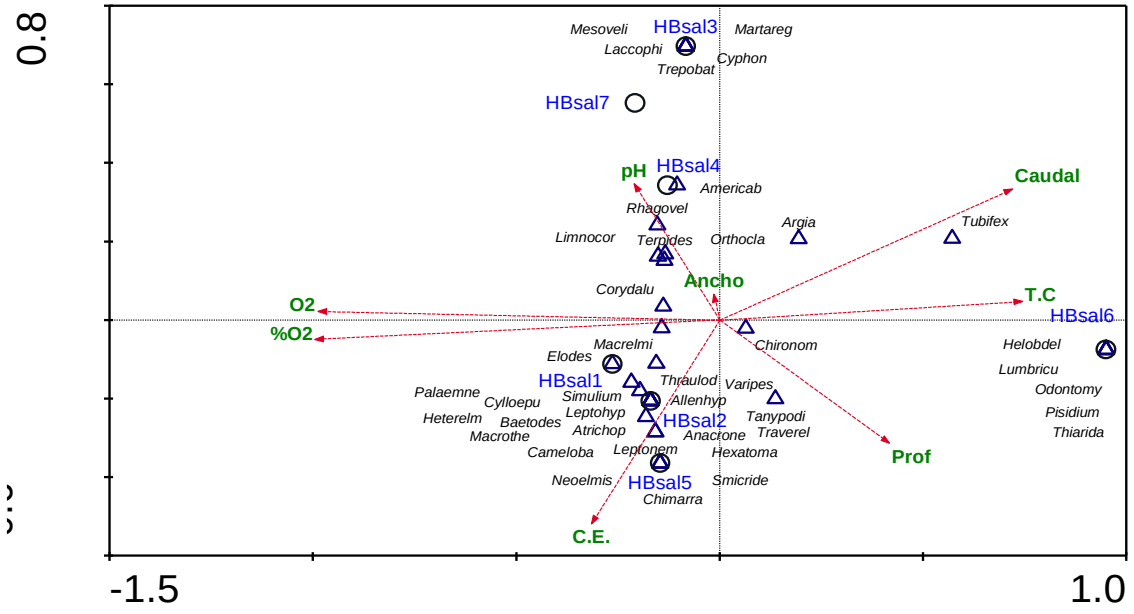
Para ambos periodos de muestreo la composición varia significativamente entre estaciones, lo que da un bajo porcentaje de similaridad, lo cual implica que las condiciones de algunos ambientes son adversas lo que se refleja en la disminución en la diversidad de organismos y la persistencia de taxones comunes que pueden sobrevivir en diferentes escenarios poco aptos para el desarrollo de estos (Sevilla y Villar, 2008)

41.7.2.6. Relación con variables fisicoquímicas

Según el ACC y la prueba de Monte Carlo, la temperatura del agua, saturación de oxígeno, Oxígeno disuelto, Caudal y pH presentan efectos condicionantes sobre la distribución de los organismos (**Figura 833**).

En general no se encuentran asociaciones definida entre los taxones registrados y las estaciones y variables evaluadas, se observa que la mayoría de las localidades se encuentran alejadas, al igual que los géneros, esto indica que la composición en estas zonas es bastante similar (Ramirez y Viña, 1998).

Figura 833. *Análisis de Correspondencia Canónica para las variables fisicoquímicas y la abundancia de los taxones de macroinvertebrados acuáticos registrados en la subzona hidrográfica del rio Bajo Saldaña.*



41.7.2.7. Índice de calidad Ambiental BMWP/Col

Se determinó la calidad de agua basado en la cantidad de familias y el puntaje BMWP/Col, las estaciones de la subzona hidrográfica del Bajo Saldaña exhiben un comportamiento heterogeneo en cuanto al estado ecológico de sus aguas en los dos periodos de muestreo, apuntando hacia calidades de agua dudosas y poco conservadas (**Tabla 624** y **Tabla 589**).

Tabla 624. *Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica del rio Bajo Saldaña.*

Cuerpo de agua	BMWP/Col	Calidad	Clase	BMWP/Col	Clase	Calidad
Río Saldaña	39	Dudosa	III	29	Critica	IV
Q. Jabonera	93	Aceptable	II	120	Buena	I
Q. Meche	89	Aceptable	II	55	Dudosa	III
Río Saldaña	10	Muy Critica	V	49	Dudosa	III
Río Saldaña	57	Dudosa	III	8	Muy Critica	V
Q. Lemaya	27	Critica	IV	31	Critica	IV
Río Saldaña	8	Muy Critica	V	8	Muy Critica	V

Fuente: Autores (2022).

La calidad de agua registrada para las estaciones de esta subzona vario en los dos muestreos, esto puede darse en función de las características morfológicas, físicas y químicas de los ríos, de este modo al ser ríos de gran porte es difícil colectar los organismos, ya que los ambientes propicios para su desarrollo son limitados. La calidad de agua se reduce considerablemente para el segundo muestreo, en el cual se presentaron lluvias que reconfiguran las densidades poblaciones por efecto de la deriva en el pulso de inundación (Roldan, 2003).

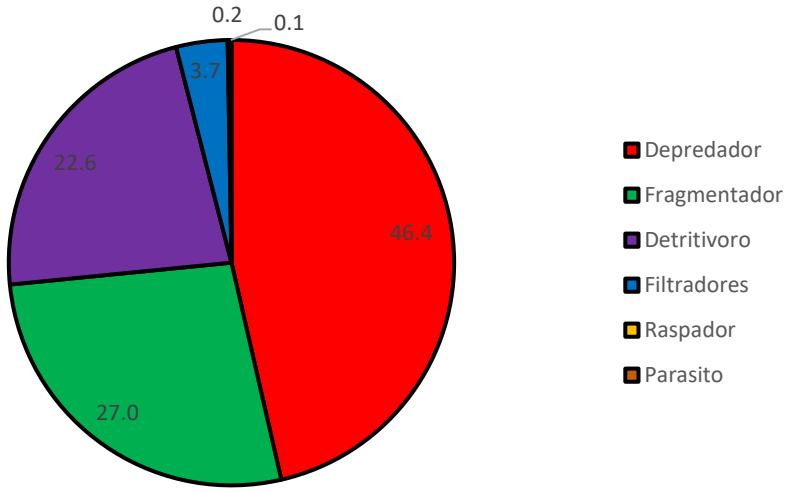
41.7.2.8. Gremios tróficos

Se identificaron cinco gremios tróficos de los cuales el Depredador fue el más abundante (46.4%), seguido de Fragmentador (27%), detritivoro (22.6%), filtrador (3.7%) y por último raspador (0.3%) (**Figura 834**).

La abundancia registrada en esta subzona evidencia que los organismos herbívoros como fragmentadores y detritívoros tienen la mayor presencia dentro de estos cuerpos de agua, en los ríos de esta cuenca se produce un gran transporte de material vegetal y detritos orgánicos provenientes de las actividades domésticas, lo cual aporta un recurso constante a estos animales (Sevilla y Villar, 2008).

Con el aumento de los organismos herbívoros se incrementa el número de los depredadores ya que también tienen una oferta variada de presas para capturar. Por otro lado, las condiciones físicas parecen limitar el crecimiento del perifiton el cual es el alimento de los raspadores, por esta razón este gremio es tan poco representativo en estos ríos (Hanson et al., 2010)

Figura 834. *Distribución de los gremios tróficos de macroinvertebrados acuáticos de la subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña.*



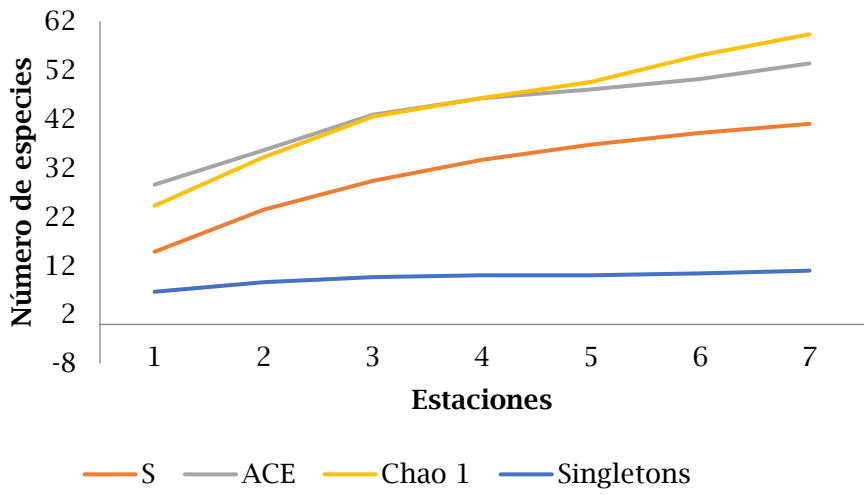
41.7.3. Ictiofauna

41.7.3.1. Representatividad

Las curvas de acumulación de especies muestran un incremento sucesivo a lo largo del muestreo realizado en la subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña. Es así que el porcentaje de especies capturadas (S) fue bajo. Según los estimadores de riqueza ACE y Chao 1, se evidencia que el número de especies observada (S = 41) corresponde al 77 % y 70 % de las especies esperadas, es decir, 53 y 59 especies, respectivamente. Esto puede explicarse porque los estimadores de riqueza son sensibles en comunidades donde hay muchas especies con baja frecuencia de captura, es decir abundancia. Según Colwell & Elsensohn (2014) las especies de una muestra con menos de 10 individuos pueden considerarse como raras. Tal es el caso de nueve especies que fueron colectadas una sola vez (singletons) (*Cetopsis othonops*, *Chaetostoma brevilabiatum*, *Crossoloricaria variegata*, *Cyphocharax magdalenae*, *Hypostomus* sp., *Ichthyoelephas longirostris*, *Spatuloricaria gymnogaster*, *Roeboides dayi* y *Trichomycterus* sp.1). Por lo

tanto, se recomienda aumentar el esfuerzo de muestreo para utilizar los datos registrados y así hacer comparaciones de diversidad y riqueza entre los cuerpos de agua, debido a que el porcentaje de representatividad de las especies de peces que se encuentran en el área de estudio fue bajo (**Figura 835**).

Figura 835. *Curva de acumulación de especies ícticas en las estaciones de la subzona hidrográfica río Bajo Saldaña.*



Fuente: Autores (2022)

41.7.3.2. Composición

En la subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña se colectaron 642 individuos, pertenecientes a 41 especies, distribuidas en cuatro órdenes y 18 familias. El orden Siluriformes con 18 especies registró la mayor riqueza, seguido de Characiformes con 16, Blenniiformes (AR= 9 %) con cuatro y Gymnotiformes con tres. Con relación a la abundancia por familia, Characidae registró 349 individuos, seguida de Heptapteridae con 90, Loricariidae con 77 individuos y las demás familias con menos de 10 % de abundancia relativa (**Tabla 625**).

Tabla 625. *Composición íctica registrada en la subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña.*

Orden	Familia	Genero	Especie	Abundancia
Blenniiformes	Cichlidae	*Andinoacara*	*Andinoacara latifrons*	14
		Caquetaia	*Caquetaia kraussi*	1
		Geophagus	*Geophagus steindachneri*	36
	Poeciliidae	*Poecilia*	*Poecilia caucana*	3
Characiformes	Characidae	*Argopleura*	*Argopleura magdalenensis*	56
		Astyanax	*Astyanax magdalenae*	4

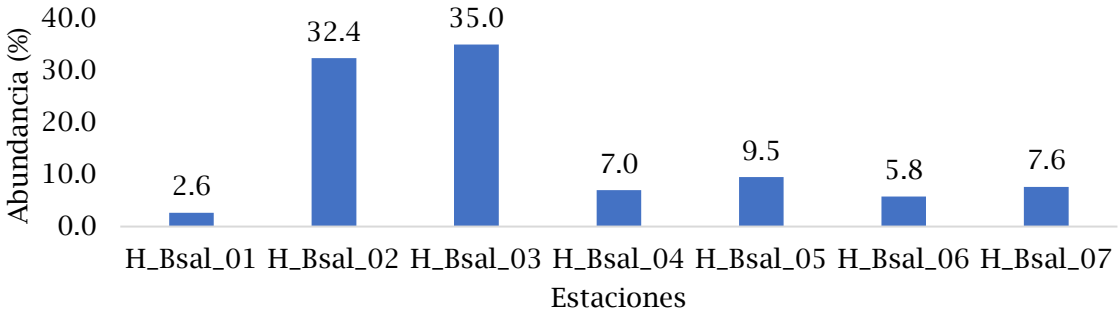
			Astyanax sp.	30
		Creagrutus	*Creagrutus affinis*	70
			Creagrutus magdalenae	108
		Gephyrocharax	*Gephyrocharax melanocheir*	10
		Hemibrycon	*Hemibrycon* sp. 1	25
		Microgenys	*Microgenys minuta*	26
		Roeboides	*Roeboides dayi*	4
		Saccoderma	*Saccoderma hastata*	16
	Crenuchidae	*Characidium*	*Characidium* cf. *zebra*	20
	Curimatidae	*Cyphocharax*	*Cyphocharax magdalenae*	1
	Erythrinidae	*Hoplias*	*Hoplias malabaricus*	8
	Gasteropelecidae	*Gasteropelecus*	*Gasteropelecus maculatus*	1
	Parodontidae	*Parodon*	*Parodon magdalenensis*	2
	Prochilodontidae	*Ichthyoelephas*	*Ichthyoelephas longirostris*	1
Gymnotiformes	Apteronotidae	*Apteronotus*	*Apteronotus eschmeyeri*	1
			Apteronotus milesi	2
	Sternopygidae	*Sternopygus*	*Sternopygus aequilabiatus*	3
Siluriformes	Aspredinidae	*Dupouyichthys*	*Dupouyichthys sapito*	6
	Astroblepidae	*Astroblepus*	*Astroblepus homodon*	10
	Cetopsidae	*Cetopsis*	*Cetopsis othonops*	1
	Heptapteridae	*Cetopsorhamdia*	*Cetopsorhamdia molinae*	7
		Heptapteridae	Heptapteridae gen. nov.	60
		Imparfinis	*Imparfinis usmai*	10
		Pimelodella	*Pimelodella floridablancaensis*	13
	Loricariidae	*Chaetostoma*	*Chaetostoma brevilabiatum*	1
			Chaetostoma milesi	11
			Chaetostoma thomsoni	15
		Crossoloricaria	*Crossoloricaria variegata*	1
		Hypostomus	*Hypostomus* sp.	1
		Lasiancistrus	*Lasiancistrus caucanus*	41
		Spatuloricaria	*Spatuloricaria gymnogaster*	1
		Sturisomatichthys	*Sturisomatichthys leightoni*	6
	Pimelodidae	*Pimelodus*	*Pimelodus yuma*	11
	Trichomycteridae	*Trichomycterus*	*Trichomycterus banneaui*	4
			Trichomycterus sp.1	1

Fuente: Autores (2022).

41.7.3.3. Distribución espacial

Con respecto a la distribución de las abundancias entre las estaciones evaluados, es posible observar que H-Bsal-03 registró la mayor abundancia con AR= 35 %, seguido de H-Bsal-02 con AR= 32 %, ambas ubicadas en la zona de cabecera del rio Alto Saldaña. Seguido se encuentran H-Bsal-05 con AR= 9 %, H-Bsal-07 con AR= 7.6 % y H-Bsal-04 con AR= 7%. Las demás estaciones registran abundancias relativas inferiores al 3 % entre quebradas y puntos sobre el río Bajo Saldaña. Es relevante mencionar las quebradas son un resguardo de una alta diversidad de peces y valores altos de abundancia debido que representan aproximadamente el 77 % de la abundancia total (**Figura 836**).

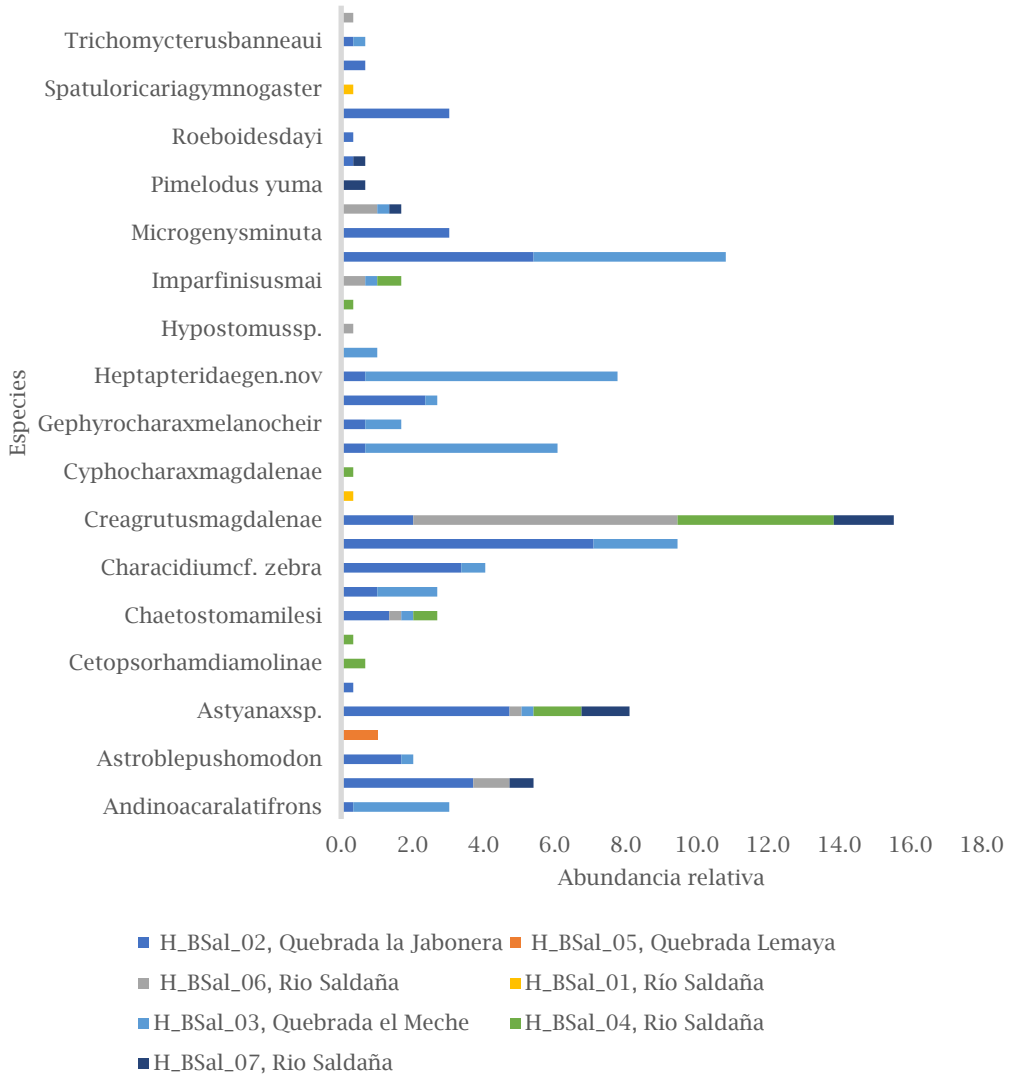
Figura 836. *Abundancia relativa por estaciones de la subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña.*



Fuente: Autores (2022).

Por otro lado, en cuanto a la distribución espacial de las especies, es posible observar cinco especies dominantes, *Creagrutus magdalenae, Creagrutus affinis, Lasuancistrus caucanus,* Heptapteridae gen nov. y *Astyanax* sp., representando el 51 % de la abundancia total. Sin embargo, *Astyanax* sp. y *Creagrutus magdalenae* registran en cuatro o cinco de las siete estaciones sobre la subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña. Asimismo, 14 especies (*Trichomycterus* sp.1., *Sternopygus aequilabiatus*, *Spatuloricaria gymnogaster*, *Roeboides dayi*, *Pimelodus yuma*, *Microgenys minuta*, *Ictioelephas longirostris*, *Hypostomus* sp., *Hoplias* malabaricus, *Cyphocharax magdalenae*, *Crossoloricaria variegata*, *Chaetostoma brevilabiatum*, *C. molinae*, *Cetopsis othonops* y *Astyanax magdalenae*), son exclusivas de al menos una estación. Las demás se distribuyen dos estaciones (**Figura 837**).

Figura 837. *Abundancia relativa por especies de la subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña.*



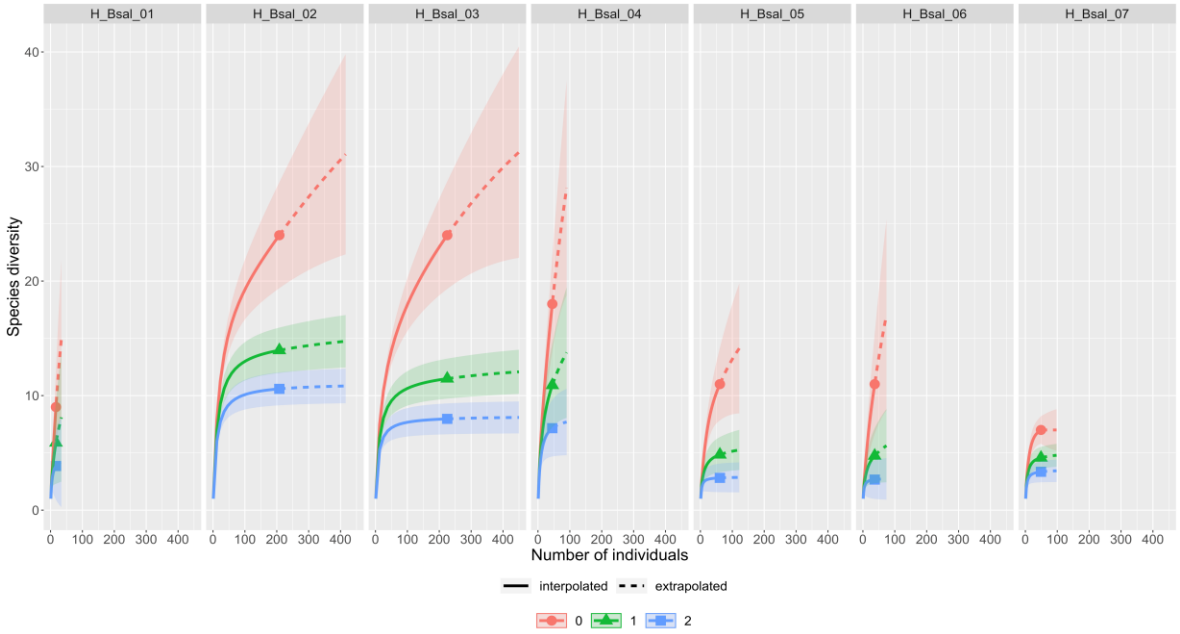
Lo anterior refleja una evidente variación en la tolerancia y establecimiento diferencial de las especies registradas a lo largo del río Bajo Saldaña. Para el caso de las especies exclusivas el mantenimiento de condiciones óptimas con clave para preservarlas. Por ejemplo, rápidos, remansos, cobertura riparia y heterogeneidad de sustratos son microhábitat y nichos de algunas de estas especies.

41.7.3.4. Diversidad

En cuanto a la diversidad de especies usando los números de Hill, se observó que la riqueza de especies (q=0) fue mayor en las estaciones ubicadas en H-Bsal-02 con valores de riqueza de 24 especies, seguido de H-Bsal-03 con 21, H-Bsal-04 con 18 y H-

Bsal-05, H-Bsal-06 con valores de 11,11 respectivamente, y finalmente la estaciones con menor número de especies registradas en H-Bsal-07 y H-Bsal-01. Con respecto al número de especies comunes (q=1) y número de especies dominantes (q=2), se observó una tendencia similar a la anteriormente mencionada, es así como las estaciones más diversas se observan en H-Bsal-02 (primer grupo), H-Bsal-03, H-Bsal-04 (segundo grupo) y H-Bsal-01, H-Bsal-06 y H-Bsal-07 (tercer grupo). Por ejemplo, con la medida de diversidad de orden 1 se encontró que la estaciones con mayore valores de diversidad se encuentran en primer grupo, tienen una diversidad promedio igual a la que tendría una comunidad teórica de 11,4 especies; segundo grupo 4,8 especies y el tercer grupo 1,5 especies donde todas ellas tuvieran la misma abundancia (**Figura 838**).

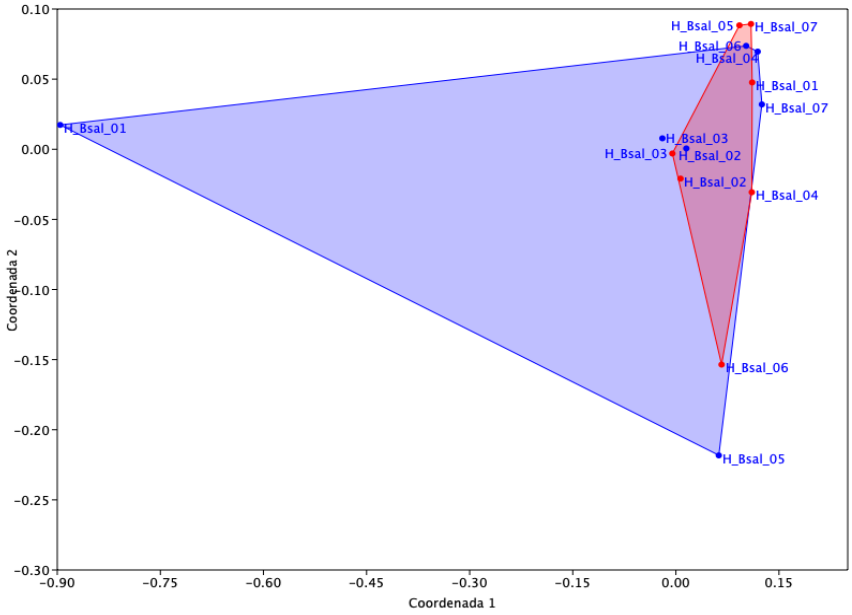
Figura 838. *Diversidad Alfa en las estaciones de la subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña.*



41.7.3.5. Ensamblaje

De acuerdo con los resultados obtenidos por el NMDs (Non-metric multidimensional scaling) (stress = 0.01), permitieron observar que no existen diferencias en las abundancias de los ensamblajes de especies entre las estaciones evaluadas. Según el diagrama de ordenación, se observa regiones solapadas entre las estaciones evaluadas. Es decir, la composición de algunas estaciones registra al menos una especie exclusiva o variaciones de lasabundancia entre el ensamblaje. Las demás estaciones comparten algunas de sus especies con las demás estaciones (**Figura 839**).

Figura 839. *Diagrama de ordenación NMDS para las estaciones de la subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña.*



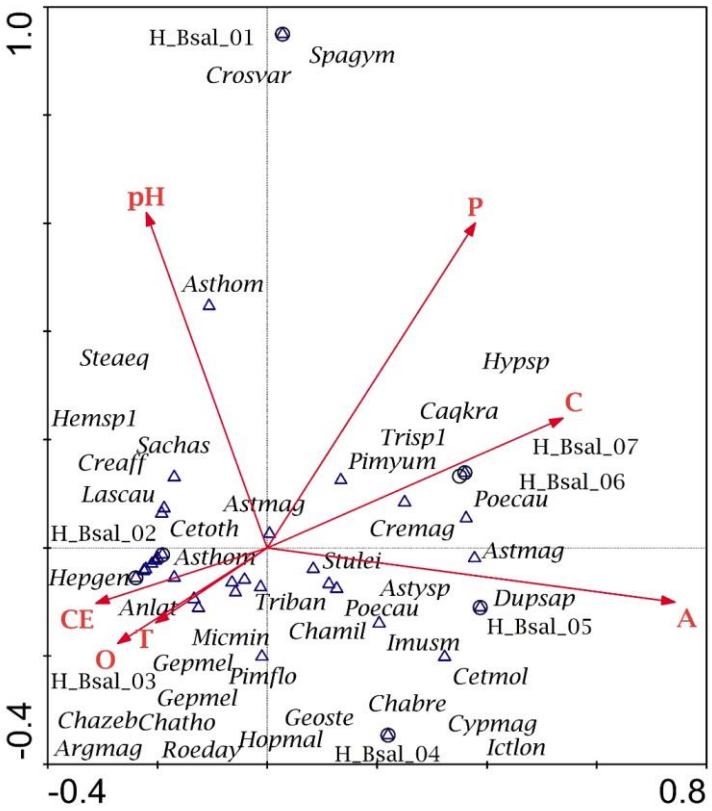
Fuente: Autores (2022).

41.7.3.6. Relación con variables fisicoquímicas

En el análisis de correspondencia canónica (ACC) los dos primeros ejes explicaron el 47 % de la variación total de los datos. En el eje x, pH influyó forma significativa en la composición y la estructura de la ictiofauna. Además, se asoció positivamente con H-Bsal-01 y Crossoloricaria variegata y Stapuloricaria gymnogaster. Esta estacion registro valores de pH = 8,8 es decir, se encuentran dentro de los valores que generalmente reportan los ríos neotropicales, se considera que el cuerpo hídrico presenta una concentración óptima para la proliferación y desarrollo de la vida acuática (Reinoso et al., 2008).

Además, la estación se caracterizó por tener orillas de arena con raíces sumergidas lo cual favoreció registrar Crossoloricaria variegata y Stapuloricaria gymnogaster debido que es su hábitat preferencial. Por otro lado, en el eje y, ninguna variable influyó de forma significativa en la composición y la estructura de la ictiofauna.

Figura 840. *Análisis de Correspondencia Canónica para las variables fisicoquímicas y la abundancia de peces registrados en la subzona hidrográfica del rio Bajo Saldaña. Temperatura (T), Ancho (A), Profundidad (P), Caudal (C), pH, Oxígeno disuelto (O), Conductividad eléctrica (CE).*



Fuente: Autores (2022).

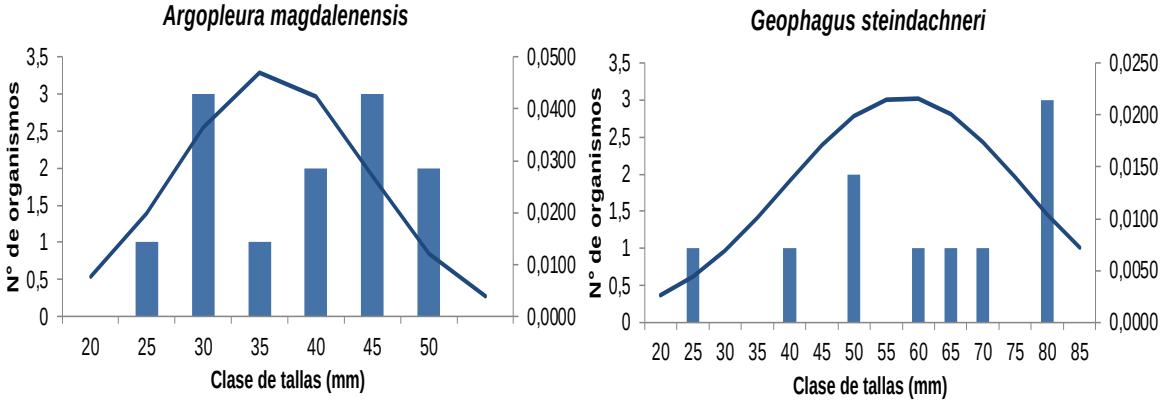
41.7.3.7. Distribución de frecuencias de tallas

Se analizó un total de 23 individuos durante los monitoreos realizados en la subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña, con una distribución de tallas cada 5 mm de longitud estándar (LE). Para *Argopleura magdalenensis*, se obtuvo valores de longitud y peso promedio de 36,0 mm LE y 0,65 g, respectivamente. Y, *Geophagus steindachneri* registró valores promedios de longitud (57,7 mm) LE y peso (6,7 g).

En general, existen variaciones de clases de talla entre las especies estudiadas. Y se registraron juveniles y adultos. Para el caso de *Argopleura magdalenensis* la distribución de las tallas no se ajustó a una distribución normal y se agruparon en seis clases. Los individuos se distribuyen con mayor frecuencia en las tallas 30 y 45 mm es decir, juveniles. En cuanto a *Geophagus steindachneri,* se registraron seite clases de talla, siendo los tamaños de 80 mm (adultos). Esta información se corroboró examinando las gónadas de algunos individuos.

Lo anterior, aporta información valiosa para entender las dinámicas poblacionales que está relacionado con el mantenimiento de las especies. Es posible que algunos atributos del hábitat tales como refugios, alimentos, competencia, depredación, entre otros permitan estos procesos. El buen estado de una población conta de juveniles y adultos. Esta dinámica se relaciona con el reclutamiento, que varía a lo largo del tiempo. Según, Doherty (2002) estas oscilaciones en los patrones de asentamiento y reclutamiento pueden tener un fuerte componente estocástico o cambios en ciertas conductas reproductivas relacionadas con ciclos anuales o estacionales (Ault y Johnson, 1998).

Figura 841. *Distribución de frecuencias de talla de las especies dominantes de la subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña.*



Fuente: Autores (2022).

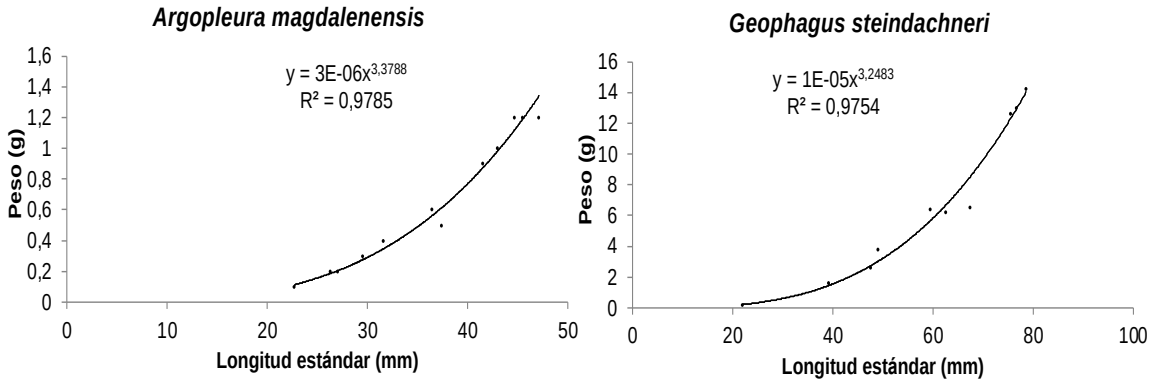
41.7.3.8. Relación longitud-peso

La relación longitud-peso y el factor de condición (K) son indicadores poblacionales o del bienestar de las especies, debido que proporcionan información sobre el estado nutricional, actividad reproductiva y crecimiento de las especies (Cifuentes et al., 2012). Su uso, permite realizar comparaciones entre poblaciones y así crear modelos para predecir el comportamiento de poblaciones de interés (McCallum, 2000). Existen tres relaciones de crecimiento entre longitud y aumento de la masa de los peces. Primera, la relación que mantendría un balance entre la longitud y el peso del individuo, población y/o especie sería igual a 3. Segunda, alométrico negativo ($b < 3$) peces delgados, posiblemente por condiciones adversas en el medio, gasto energético en reproducción o individuos jóvenes cuya inversión energética se prioriza en longitud y posteriormente en masa corporal. Y tercera, alométrico positivo ($b > 3$) indicarían un estado robusto del pez, lo cual podría obedecer a oferta alimenticia abundante o

almacenamiento de energía previo a la época de reproducción (Le Cren, 1951). A continuación, se detallan los resultados de la relación longitud – peso de tres especies.

En cuanto a la relación longitud y peso dado específicamente por los valores de coeficiente de crecimiento b permitiendo evaluar cualitativamente el grado de bienestar de las especies, reflejando las condiciones alimenticias recientes. Para dos especies (*Argopleura magdalenensis* y *Geophagus steindachneri*) los valores del coeficiente de crecimiento b > 3, en ambos casos se muestra que la especie presenta un crecimiento alométrico positivo, es decir presenta un estado robusto, lo cual podría obedecer a oferta alimenticia abundante o almacenamiento de energía previo a la época de reproducción (Le Cren, 1951) (**Figura 842**).

Figura 842. *Relación longitud – peso de las especies dominantes de la subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña.*



Fuente: Autores (2022).

41.7.3.9. Estados de madurez gonadal

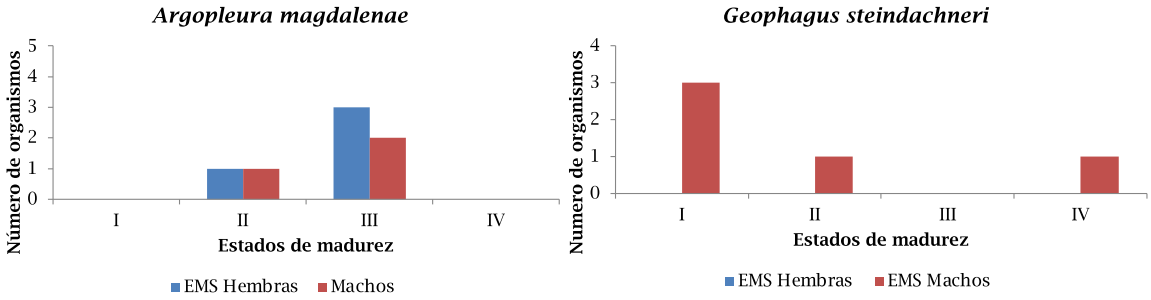
Con relación al análisis reproductivo, fueron analizados 12 individuos. En términos generales, las especies analizadas fueron mayoritariamente machos en época de reproducción. Es decir, la mayoría de los individuos estuvieron en estado de madurez sexual EMS III. Para el caso de *Argopleura magdalenensis* algunos juveniles se encontraban en desarrollo gonadal próximos a etapa de reproducción, mientras *Geophagus steindachneri*, registró individuos en etapas tempranas de desarrollo gonadal. (**Figura 843**).

41.7.3.10. Ecología trófica

Se analizaron 18 estómagos, de los cuales todos estuvieron llenos. El coeficiente de repleción fue de 1. En total, tres ítems (Semillas, MONI y Restos de insectos) fueron considerados preferenciales y los restantes en correspondientes a grupos ocasionales o

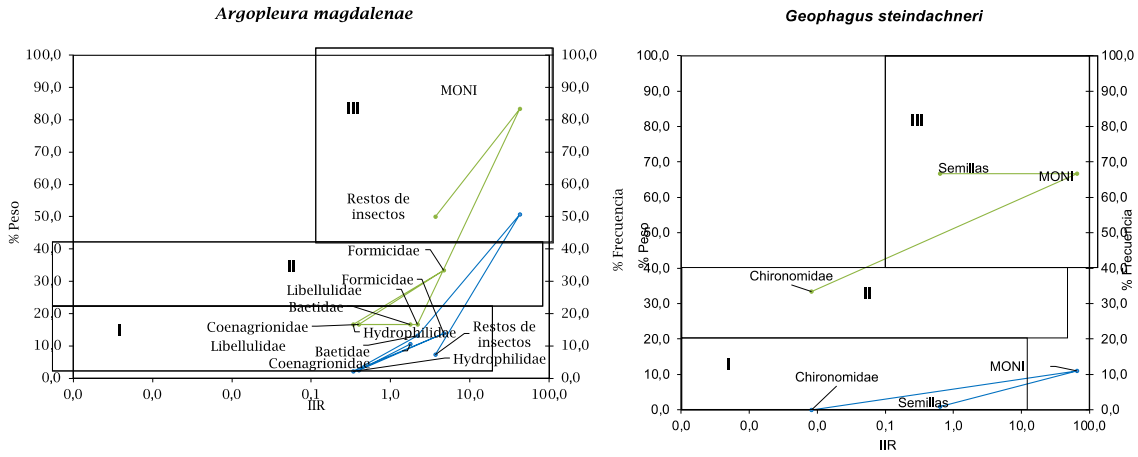
circunstanciales según (Yañez- Aranciba 1985, Lopez-Delgado, 2013). Es así, que basados en esta información y los resultados de la clasificación de López-Delgado, 2013 podemos clasificar a las especies evaluadas como insectívoras, es decir, organismos que se alimentan de miembros de la clase Insecta en estado adulto dado los aportes alóctonos de la vegetación riparia (Lopez-Delgado, 2013) (**Figura 844**).

Figura 843. *Frecuencia relativa de los EMS para hembras y machos de las especies analizadas. I=inmaduro, II=madurando, III= maduro, IV en reposo de la subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña.*



Fuente: Autores (2022).

Figura 844. *Espectro trófico de Argopleura magdalenensis y Geophagus steindachneri de la subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña.*



Fuente: Autores (2022).

41.7.3.11. Especies de interés y categorías de amenaza

En términos generales, se observa que el 59 % de la ictiofauna de la subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña son endémicas de Colombia. Asimismo, algunas especies son usadas para pesca, como es el caso de los cuchos (*Chaetostoma thomsoni*)

y sardinas (*Astyanax* sp.) y ornamentales (**Tabla 626**). Asimismo, se registran especies d importancia comercial en la pesca tales como *Ichthyoelephas longirostris* y *Pimelodus yuma.* Esto representa una alternativa económica que tienen las comunidades locales, pero también demuestra la vulnerabilidad que puede presentar el recurso, sino existe un apropiado programa de monitoreo de las especies comercializadas. Por otro lado, una especie se encuentra en categoría de amenaza, Peligro (Libro Rojo de Peces Dulceacuícolas de Colombia) (Mojica et al. 2012) y dos en categoría Casi amenazada. Adicionalmente, 20 especies son categorizadas en preocupación menor según UICN. Finalmente, se reporta la presencia de una especie introducida.

Tabla 626. *Especies de interés y categoría de amenaza de la subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña.*

Especies	Endémica	Introducida	Migración	Usos	Categoría de amenaza	
					Libro Rojo de Peces de Colombia	UICN
Andinoacara latifrons	*					LC
Argopleura magdalenensis	*					LC
Astroblepus homodon	*					LC
Astyanax sp.				Pesca		
Cetopsis othonops	*					LC
Cetopsorhamdia molinae	*					
Chaetostoma brevilabiatum	*					LC
Chaetostoma milesi	*			Pesca		
Chaetostoma thomsoni	*			Pesca | Ornamental		LC
Characidium cf. *zebra*				Ornamental		
Creagrutus affinis						LC
Creagrutus magdalenae	*					LC
Crossoloricaria variegata						LC
Cyphocharax magdalenae			Corta	Pesca		LC
Geophagus steindachneri				Ornamental		
Gephyrocharax melanocheir	*					LC
Hemibrycon sp.1						
Heptapteridae gen.nov	*					
Hypostomus sp.						
Ichthyoelephas longirostris	*			Pesca	En Peligro	U V
Imparfinis usmai	*					LC
Kronoheros umbrifer				Pesca | Ornamental	Casi amenazada	LC
Microgenys minuta	*				Casi amenazada	LC
Pimelodella floridablancaensis	*					
Pimelodus yuma	*		Media na			

Poecilia caucana			Ornamental	LC
Poecilia reticulata		*		
Saccoderma hastata	*			LC
Spatuloricaria gymnogaster	*			LC
Sternopygus aequilabiatus			Pesca	LC
Trichomycterus banneaui	*			LC
Trichomycterus sp.1 "mogotensis"				

Es así, que el presente monitoreo de caracterización íctica esencialmente dirigido al cauce principal y tributario a lo largo de un gradiente altitudinal y ambiental revela que las quebradas Jabonera y El Meche son cuerpos de agua caracterizados por altos valores de diversidad íctica y por tanto importantes para preservar y resguardar la diversidad de peces de la región.

De esta manera, los resultados son los datos de diversidad íctica más actualizados en la subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña. No existen estudios anteriores disponibles sobre la diversidad íctica sobre la cuenca del río Bajo Saldaña. De las estaciones evaluadas, se registraron 32 especies, la cuales representan el 28 % del Alto Magdalena (García- Alzate, et al., 2020) y por tanto claves, en términos de diversidad, establecimiento y resguardo de la ictiofauna.

En cuanto a la composición taxonómica registrada para el área de estudio, los órdenes con mayor abundancia y riqueza Siluriformes (AR= 33 %), con 16 especies registró la mayor riqueza, seguido de Characiformes (AR= 56 %) con 14 siendo un patrón, también encontrado en ensamblajes de peces en la cuenca del río Magdalena (Villa et al., 2003, Poveda-Cuellar, 2021). Asimismo, se destaca la presencia de *Megaleporinus muyscorum* y considerada de importancia comercial y en categoría de vulnerable. Esta es considerada omnívora con tendencia a herbívora con dominancia se semillas e insectos. También es una especie migratoria (Lasso et al., 2011). Lo anterior, denota la importancia de mantener hábitats adecuados para la alimentación y procesos migratorios para garantizar su permanencia en los ecosistemas.

Por otra parte, la presencia de especies nativas y migratorias como la capaniza (*Cyphocharax magdalenae*) en el ecosistema es de suma importancia, ya que se encargan del transporte de nutrientes-carbono-minerales y transporte de energía a distintos niveles temporales y espaciales, constituyendo un papel importante al actuar como “conexiones móviles” entre los ecosistemas de agua dulce (Jiménez-Segura & Lasso, 2020); en el caso particular de *Cyphocharax magdalenae*, esta reside tanto en ambientes lénticos como lóticos y en los sustratos fangosos, realizando migraciones cortas, las cuales están relacionadas con su ciclo reproductivo el cual completan en ecosistemas lénticos como lagunas y ciénagas, debido a las condiciones físicas y ambientales que estas proveen para llevar a cabo su reproducción (Blanco et al., 2005);

de esta forma transportan energía desde las llanuras inundables en las partes bajas, hacia los tributarios y el cauce principal en las partes medias y altas, de igual manera que en los procesos de transferencia pasiva y activa de materia y energía (Jiménez-Segura & Lasso, 2020).Otras especies de importancia ecológica es *Hoplias malabaricus*, debido que es un depredador de ecosistemas acuáticos basando su alimentación en peces disponibles en el sistema (Vander Zanden & Vadeboncoeur, 2002). Sus atributos funcionales (p.e., dientes caninos, aumento en tamaños corporales e hidrodinámicos) les permiten ser móviles y consumir presas más pequeñas. Por tanto, afecta los ciclos de nutrientes y dinámica energética dentro de los sistemas. En este sentido, la presencia de esta especie en el área de estudio denota un papel fundamental en el control poblacional de sus presas y estado de ecosistemas.

Con relación a diversidad de peces asociado a quebradas es necesario hacer énfasis sobre la combinación de atributos físicos (i.e., velocidad del agua, profundidad, sustratos y vegetación riparia) en la selección de especies con adaptaciones locales. Por ejemplo, la cobertura vegetal riparia provee material alóctono, semillas e insectos, que son fuente potencial de alimento de especies de Characidos (p.e., *Astyanax* spp.). Además, establecen nuevos microhábitats como hojarasca o troncos sumergidos para algunos grupos como Loricaridos (p.e., *Chaetostoma* spp.*).* Así, el principal problema reconocido en estos sistemas loticos es la degradación física del hábitat asociada a la homogenización de hábitats, sustratos, contaminación por plásticos y aguas domésticas y reducción en columna de agua. Finalmente, se refleja la necesidad de ampliar los inventarios ictiológicos hacia otros tipos de hábitats, preferentemente zonas sin muestreos previos, tales como quebradas, pues como fue mencionado, son lugares claves para la conservación debidos que resguardan una diversidad única de peces. Así mismo, estudios bioecológicos en especies ornamentales, exclusivas o comunes son fundamentales para entender la dinámica de las poblaciones en el río.

41.8. Subzona hidrográfica del río Anchique y otros directos al Magdalena.

41.8.1. Perifiton

41.8.1.1. Representatividad

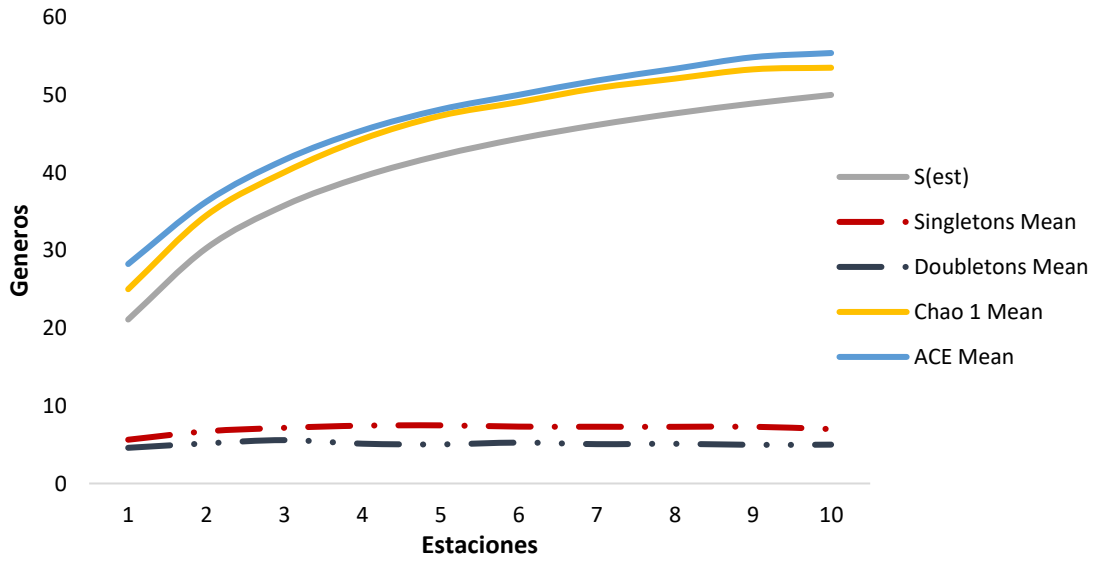
Con respecto a los estimadores de riqueza se registró un número total de 50 géneros observados (Sobs) en diez estaciones evaluadas, estas especies representan el 90.3% de las esperadas teniendo en cuenta el estimador de riqueza ACE y el 93.5% para Chao 1. Se estima un potencial máximo de 54 géneros. Estos resultados son indicativos de una muy buena eficiencia de muestreo y por ende los taxones reportados en esta subzona representan las especies que allí se encuentran (Figura 845).

41.8.1.2. Composición

Se colectaron 3181 individuos/mm^2 distribuidos en ocho filos, 11 clases, 27 órdenes, 38 familias y 50 géneros (Tabla 620).

A nivel de clase, presentaron mayor abundancia Bacillariophyceae con 1799 individuos/mm^2, seguida de la clase Cyanophyceae con 1284 individuos/mm^2, registraron el 95% del total de individuos. Esta configuración de abundancia sigue el patrón de composición que se presenta en las cuencas andinas, en los cuales las especies algales dominantes pertenecen a la clase Bacillariophycea (Pinilla, 1998; Ramírez & Viña, 1998; Ramírez, 2000; Martínez & Donato, 2003). Con relación a los órdenes Fragilariales, Oscillatoriales, Cybmellales y Naviculales representaron aproximadamente el 75% de los organismos registrados. Los órdenes restantes registraron densidades inferiores al 10% (Tabla 627).

Figura 845. *Curva de acumulación de la comunidad perifítica en la subzona hidrográfica del*



Río Anchique y otros directos al Magdalena

.

Tabla 627. *Composición de la comunidad perifítica registrada en la subzona hidrográfica del Río Anchique y otros directos al Magdalena*

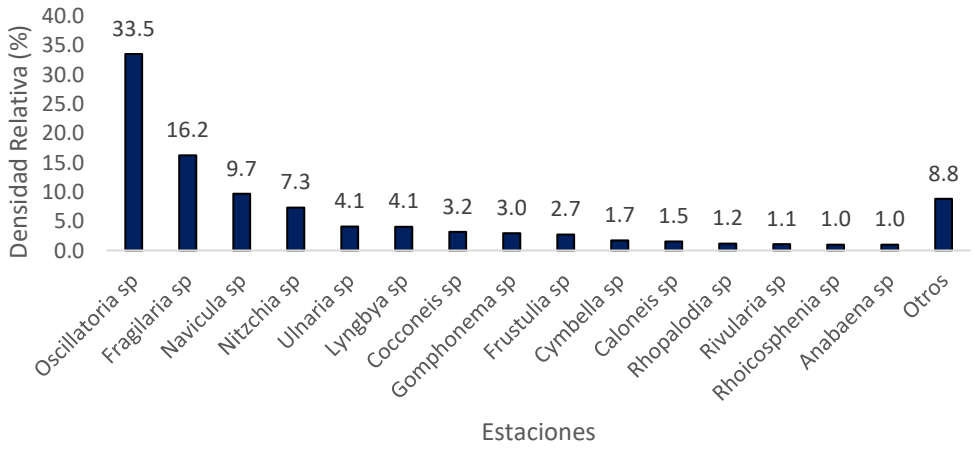
Clase	Orden	Familia	Especie	Densidad Ind/mm2
Bacillariophyceae	Achnanthales	Achnanthaceae	*Achnanthes sp*	14.5
	Bacillariales	Bacillariaceae	*Hantzschia sp*	2.1
			Nitzchia sp	232.8
	Cocconeidales	Cocconeidaceae	*Cocconeis sp*	100.9

Clase	Orden	Familia	Especie	Densidad Ind/mm2
	Cymbellales	Cymbellaceae	*Cymbella sp*	54.9
			Pinnularia sp	28.6
		Gomphonemataceae	*Encyonema sp*	10.3
			Gomphonema sp	94.0
		Rhoicospheniaceae	*Rhoicosphenia sp*	31.7
	Eunotiales	Eunotiaceae	*Eunotia sp*	18.6
	Fragilariales	Fragilariaceae	*Fragilaria sp*	516.1
			Synedra sp	18.7
	Licmophorales	Ulnariaceae	*Ulnaria sp*	130.1
	Mastogloiales	Achnanthaceae	*Achnanthidium sp*	15.9
	Naviculales	Amphipleuraceae	*Frustulia sp*	86.7
		Diploneidaceae	*Diploneis sp*	1.9
		Naviculaceae	*Caloneis sp*	49.2
			Gyrosigma sp	11.9
			Navicula sp	307.6
		Stauroneidaceae	*Stauroneis sp*	8.5
	Rhabdonematales	Tabellariaceae	*Meridion sp*	14.4
			Tabellaria sp	3.8
	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	*Rhopalodia sp*	38.0
	Surirellales	Surirellaceae	*Surirella sp*	7.0
	Thalassiophysales	Catenulaceae	*Amphora sp*	1.1
Coscinodiscophyceae	Melosirales	Melosiraceae	*Melosira sp*	12.2
Mediophyceae	Eupodiscales	Eupodiscaceae	*Pleurosira sp*	2.0
Conjugatophyceae	Desmidiales	Desmidiaceae	*Cosmarium sp*	3.1
Chlorophyceae	Oedogoniales	Oedogoniaceae	*Bulbochaete sp*	6.5
			Oedogonium sp	1.0
	Sphaeropleales	Microsporaceae	*Microspora sp*	4.0
		Scenedesmaceae	*Coelastrum sp*	2.1
			Desmodesmus sp	0.8
		Selenastraceae	*Monoraphidium sp*	30.1
			Selenastrum sp	2.3
Trebouxiophyceae	Trebouxiophyceae ordo incertae sedis	Trebouxiophyceae incertae sedis	*Crucigenia sp*	1.1
Cyanophyceae	Nostocales	Nostocaceae	*Anabaena sp*	31.3
		Rivulariaceae	*Rivularia sp*	34.0
	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	*Lyngbya sp*	129.1
			Oscillatoria sp	1065.7
			Phormidium sp	6.9
	Spirulinales	Spirulinaceae	*Spirulina sp*	10.1
	Synechococcales	Merismopediaceae	*Merismopedia sp*	5.3
		Pseudanabaenaceae	*Pseudanabaena sp*	1.1
Euglenophyceae	Euglenida	Euglenidae	*Trachelomonas sp*	2.5
Indeterminado	Indeterminado	Indeterminado	*Nematoda sp*	1.2
Lobosa	Arcellinida	Arcellidae	*Arcella sp*	7.1

Clase	Orden	Familia	Especie	Densidad Ind/mm2
		Centropyxidae	*Centropyxis sp*	3.0
		Difflugiidae	*Difflugia sp*	17.8
Bdelloidea	Indeterminado	Indeterminado	*Bdelloidea sp*	1.0
				3180.6

De los 50 taxones registrados, los más abundantes fueron *Oscillatoria* sp, *Fragillaria* sp, y Navicula sp. Estos representaron aproximadamente el 60% de los individuos registrados. El taxon más abundante pertenece a la clase Cyanophyceae, comúnmente conocidos como cianobacterias y es característico de ambientes enriquecidos en nutrientes y con altas descargas de aguas residuales, los restantes a la clase Bacillariophyceae comun en ecosistemas lóticos como: ríos, riachuelos y pequeños arroyos, debido a que pueden generar estructuras mucilaginosas que les permiten adherirse a las rocas y troncos (Figura 846).

Figura 846. Densidad relativa de los géneros más abundantes colectados en la subzona

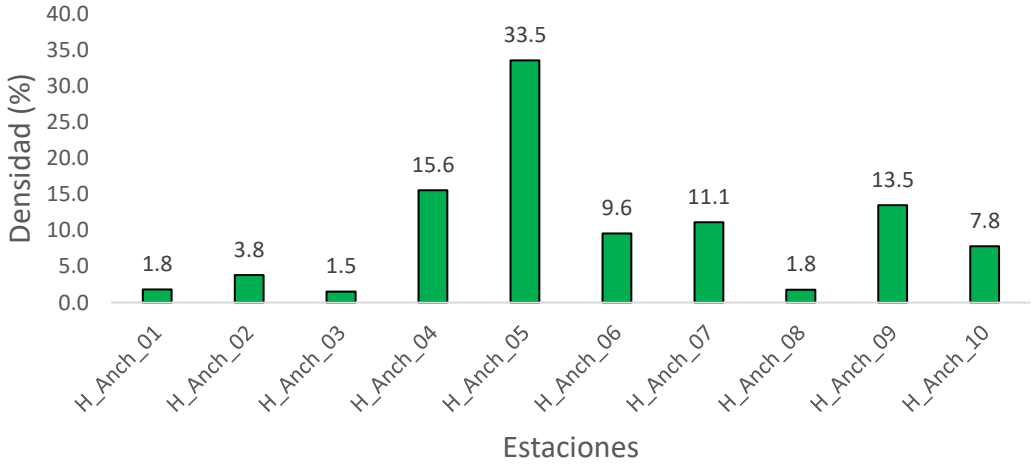


hidrográfica del Río Anchique y otros directos al Magdalena.

41.8.1.3. Distribución espacial

Se evaluaron diez estaciones de muestreo, de las cuales la mayor densidad fue registrada en H_Anch_05 (Río Hilarco) con un 33.5%, seguida por la estación H_Anch_04 (Río Hilarco) con 15.6% y H_Anch_09 (Río Anchique) con 13.5%. La estación H_Anch_03 (Río Chenche), registro los valores más bajos de densidad (Figura 847).

Figura 847. *Densidad relativa por estaciones de la subzona hidrográfica Río Anchique y otros directos al Magdalena.*

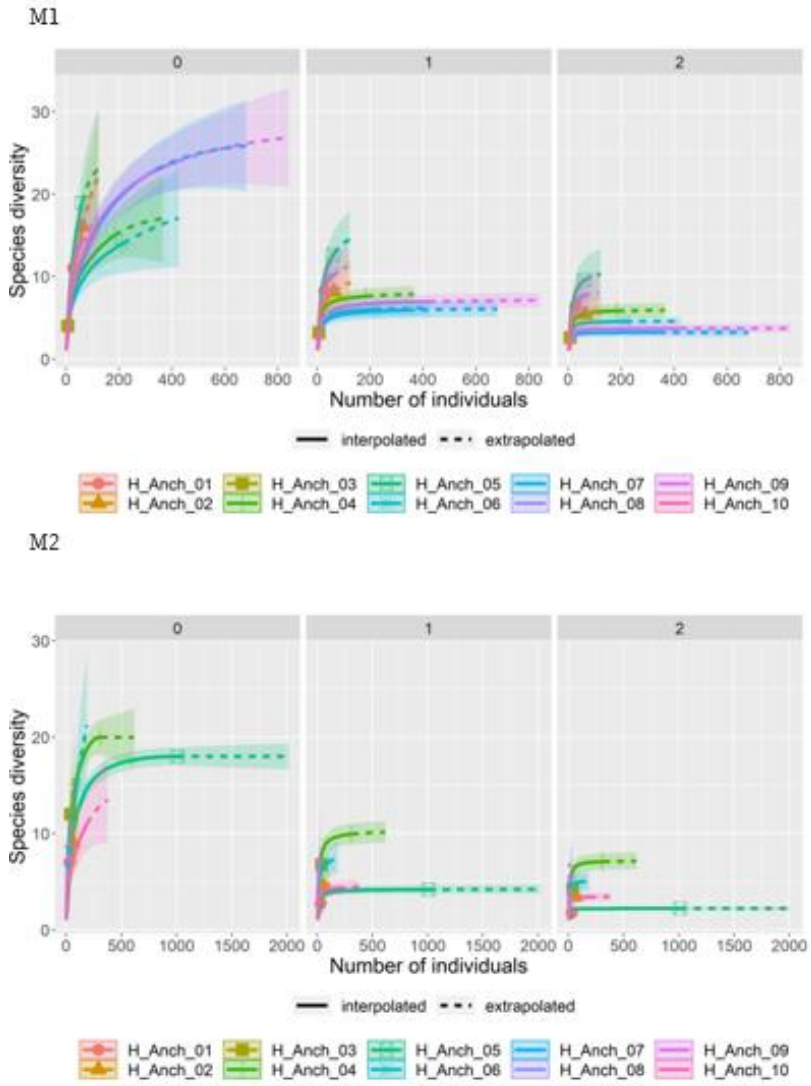


41.8.1.4. Diversidad

Para el muestreo M1, a partir de la extrapolación del número de especies no se registraron diferencias estadísticamente significativas teniendo en cuenta la riqueza especifica (0D), sin embargo, teniendo en cuenta el número de especies típicas (1D) y especies dominantes (2D), las estaciones H_Anch_09 (Río Anchique) y H_Anch_07 (Río Anchique) fueron significativamente menos diversas.

Para el segundo muestreo la diversidad cambio drásticamente, las estaciones H_Anch_04 (Río Hilarco) y H_Anch_06 (Q. Guagarco) registraron el mayor número de especies efectivas teniendo en cuenta la riqueza específica (0D), número de especies típicas (1D) y especies dominantes (2D). Las estaciones H_Anch_05 (Río Hilarco) fueron significativamente menos diversa. A nivel general se observa un mayor número efectivo de especies durante el muestreo M1 correspondiente a bajas precipitaciones. (Figura 848).

Figura 848. *Diversidad Alfa en las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Anchique y otros directos al Magdalena. 0=Riqueza especifica, 1= Exponente de Shannon y 2= Inverso de*



Simpson

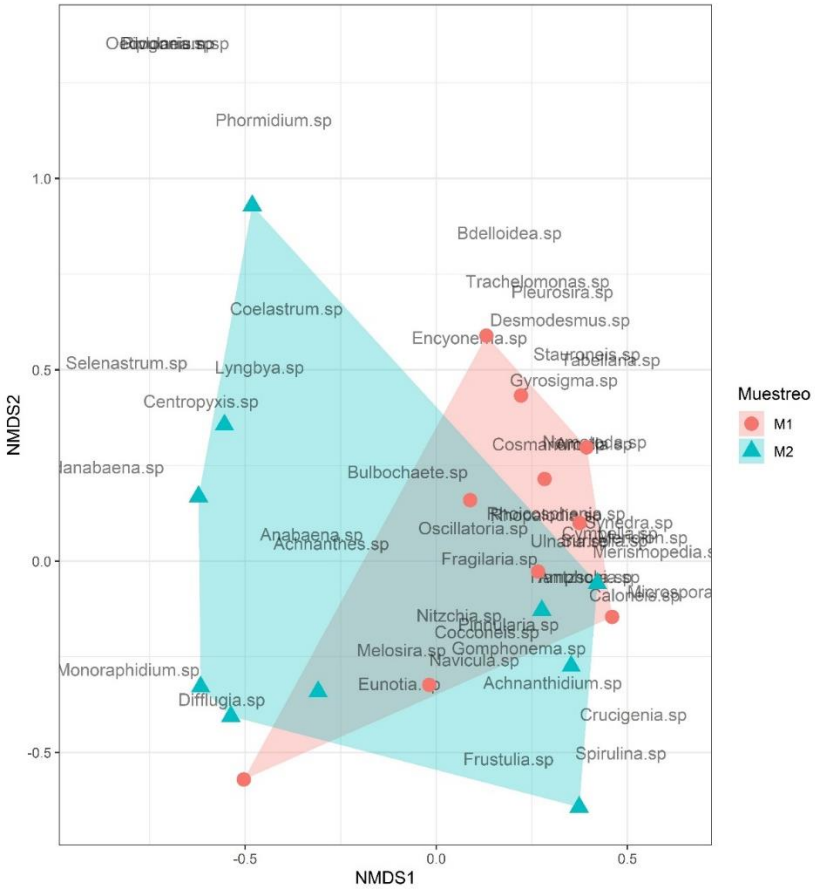
41.8.1.5. Ensamblaje

Los resultados del análisis NMDS teniendo en cuenta la presencia de los géneros (Jaccard) en cada una de las estaciones, no muestra agrupamientos definidos para los dos periodos de muestreo (M1: Rojo y M2: Azul). Al realizar la prueba estadística ANOSIM entre los grupos analizados, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas (p= 0,5) (Figura 849).

Los resultados del EMNM permitieron evidenciar que las estaciones H_Anch_03 y H_Anch_01 presentan una composición y/o taxones característicos, debido a que se

separaron de las restantes en el diagrama de ordenación. La primera se caracterizó por la presencia de *Eunotia* sp y la segunda por taxones como *Achnanthidium* sp, *Melosira* sp y *Cosmarium* sp. Las estaciones restantes se agruparon en el diagrama de ordenación ya que comparten un gran número de taxones.

Figura 849. *Diagrama de ordenación NMDS para las estaciones del Río Anchique y otros*



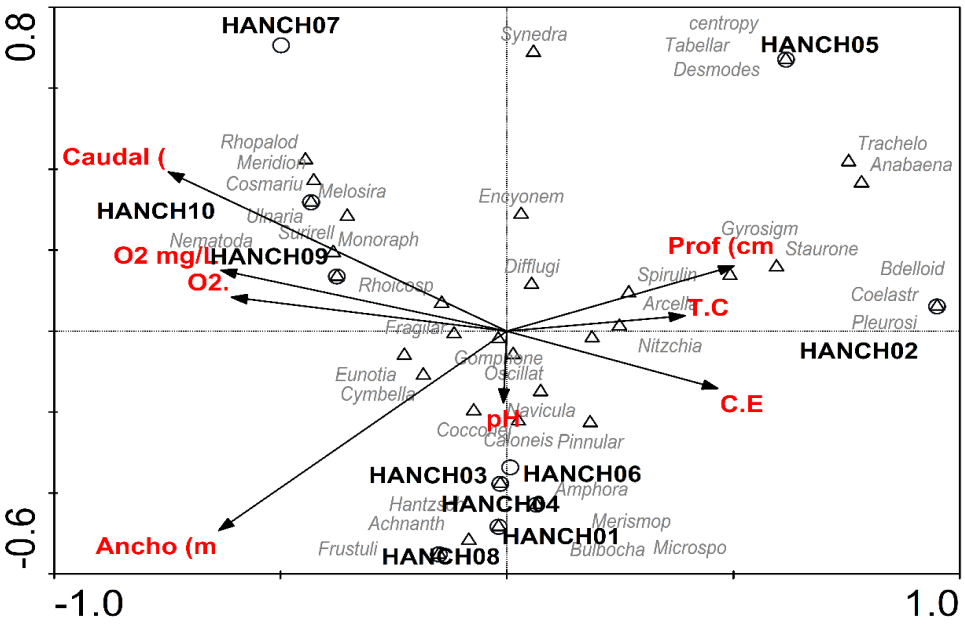
directos al Magdalena

41.8.1.6. Relación con variables fisicoquímicas

Según los resultados del análisis de correspondencia canónica (ACC), el caudal y el ancho influyeron de manera significativa en la distribución de los taxones de la comunidad perifítica. El caudal junto con el oxígeno disuelto y porcentaje de saturación de oxígeno obtuvieron valores elevados en las estaciones H_Anch_10 y H_Anch_09, las cuales se caracterizaron por la presencia de taxones como Nematoda sp, Melosira sp, Ulnaria sp, Meridion sp y Cosmarium sp. La estación H_Anch_05, se caracterizó por valores elevados de profundidad y temperatura. En esta, se registraron taxones como: Centropyxis sp, Tabellaria sp y Desmodesmu sp. H_Anch_02 registro valores elevados de conductividad eléctrica. Variable que se asoció de manera positiva

con taxones como Pleurosira sp y Coelastrum sp. Las estaciones restantes se separaron de las demás y se agruparon por presentar un acho mayor y valores elevados de pH. (Figura 850).

Figura 850. Análisis de Correspondencia Canónica para las variables fisicoquímicas y la abundancia de los taxones de la comunidad perifítica registradas en la subzona del Río Anchique



y otros directos al Magdalena

41.8.1.7. Índice diatómico genérico (IDG)

Según los resultados del índice Diatómico Genérico (IDG) a nivel general, las estaciones evaluadas presentaron un nivel de contaminación muy alto a intermedio. Durante el muestreo M1, las estaciones H_Anch_02 y H_Anch_04, registraron valores de contaminación intermedio, H_Anch_01, H_Anch_03, H_Anch_05 y H_Anch_06 valores de contaminación alta, con desaparición de especies sensibles y contaminación fuerte, las estaciones restantes registraron valores de contaminación muy alta.

Para el segundo muestreo M2, los valores de contaminación variaron entre alto y muy alto. Estaciones como H_Anch_02 y H_Anch_04 incrementaron el nivel de contaminación, mientras que H_Anch_07, H_Anch_08 y H_Anch_10, disminuyeron de muy alta a alta, en las estaciones restantes los valores se mantuvieron estables en las dos épocas. (Tabla ***628***).

Tabla 628. *Índice diatómico genérico de las estaciones de la subzona del Río Anchique y otros directos al Magdalena*

Cuerpo de agua	IDGM 1	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica	IDGM 2	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica
H_Anch_01	2.5	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte		2.9	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Anch_02	3.3	Intermedio	Contaminación media		3.0	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Anch_03	2.9	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte		3.1	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Anch_04	3.5	Intermedio	Contaminación media		2.0	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Anch_05	2.3	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte		2.1	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Anch_06	2.3	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte		2.5	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Anch_07	1.8	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.1	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Anch_08	1.6	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.4	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Anch_09	1.9	Muy alta	Contaminación muy fuerte		1.9	Muy alta	Contaminación muy fuerte	
H_Anch_10	1.4	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.5	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	

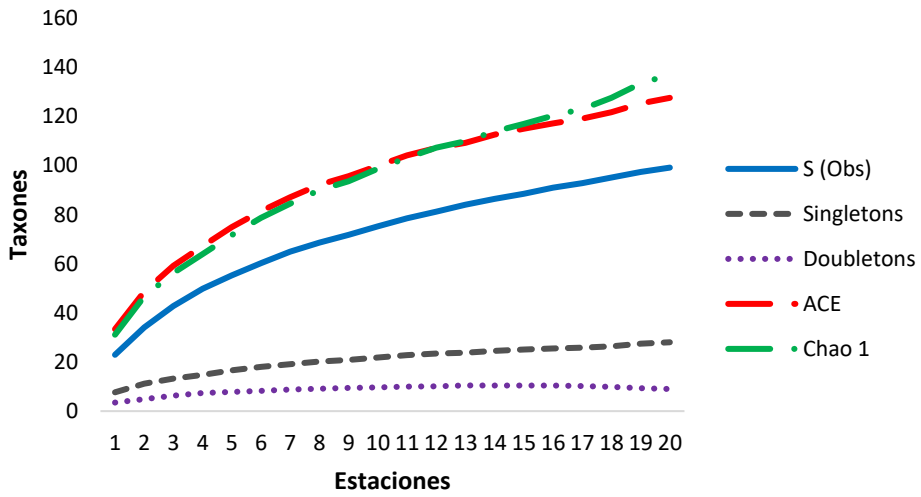
41.8.2. Macroinvertebrados acuáticos

41.8.2.1. Representatividad.

Con respecto a los estimadores de riqueza se registró un número total de 99 géneros observados (Sobs) en las veinte estaciones evaluadas (diez en la subzona durante dos temporadas) para un total de 80 muestras que corresponden al 77.7% del valor esperado con el estimador de riqueza ACE y el 72.4% para Chao 1. Se estima un potencial máximo de 127 géneros.

Se registró una cantidad alta de taxones y organismos durante los monitoreos, sin embargo, según los indicadores de riqueza se estima una mayor cantidad de géneros, lo cual se relaciona con la gran variedad de habitas y recursos que se presentan en los cuerpos de agua perteneciente a esta subzona hidrográfica del río Anchique. Esto se debe principalmente a que la mayoría de los cuerpos de agua evaluados son relativamente pequeños y con mayor estabilidad, que permiten una vasta heterogeneidad espacial traducida en sustratos óptimos que son colonizados. Muchos de los géneros reportados son cosmopolitas, sin embargo, se hallaron una cantidad considerable de taxones restringidos. Al momento de las colectas se presentaron eventos de lluvias fuertes sobre todo en el río Anchique que reducen las poblaciones de invertebrados, estos factores limitan la detección de múltiples taxones, lo cual impide lograr la asíntota para esta cuenca (Reinoso et al., 2007; Tamariz et al., 2007).

Figura 851. *Curva de acumulación de Macroinvertebrados acuáticos colectados en la subzona hidrográfica del río Anchique y otros directos al Magdalena.*



Fuente: Autores (2022)

41.8.2.2. Composición

Se colectaron 4151 organismos distribuidos en cuatro filos, siete clases, 17 órdenes, 55 familias y 75 géneros.

A nivel de orden, los que tuvieron mayor abundancia fueron Diptera con 1015 organismos (46.1%), seguido de Ephemeroptera con 466 organismos (19.5%) y Trichoptera con 319 organismos (13.3%). El patrón de abundancia observado se ajusta al observado en este tipo de cuencas y en lo reportado por Reinoso et al. (2007), donde estos ordenes son los más representativos y dominan la composición en densidad y numero de géneros, además que su gran variedad les permite tener un amplio rango de tolerancias a las condiciones ambientales, lo que les permite colonizar y desarrollarse en gran cantidad de ambientes (Vásquez y Ramos, 2012)

Tabla 629. *Composición de los Macroinvertebrados acuáticos registrados en la subzona hidrográfica del río Anchique y otros directos al Magdalena.*

Filo	Clase	Orden	Familia	Genero	Abundancia
Platyhelminthes	Rhabditophora	Neoophora	Dugesiidae	*Girardia*	63
Annelida	Clitellata	Tubificida	Naididae	*Tubifex*	5
Mollusca	Bivalvia	Veneroida	Mycetopodidae	*Anodontites*	3
			Sphaeriidae	*Pisidium*	4
	Gastropoda	Architaenioglossa	Ampullaridae	*Pomacea*	2
		Basommatophora	Physidae	*Physa*	4
		Neotaenioglossa	Thiaridae	*Thiara*	3
Arthropoda	Euchelicerata	Araneae	Lycosidae	*	1
	Malacostraca	Decapoda	Palaemonidae	*Macrobrachium*	1
			Trichodactylidae	*Trichodactylidae sp.*	1
	Insecta	Coleoptera	Dryopidae	*Dryops*	22
			Dytiscidae	*Laccophilus*	1
			Elmidae	*Austrolimnius*	33
				Cylloepus	13
				Heterelmis	246
				Hexacylloepus	3
				Hexanchorus	1
				Huleechius	41
				Macrelmis	111
				Microcylloepus	32
				Neoelmis	3
				Phanocerus	7
				Xenelmis	2
			Gyrinidae	*Gyretes*	17
			Hydrophilidae	*Berosus*	2
				Crenitulus	6
				Derallus	3
			Lampyridae	*	4
			Psephenidae	*Psephenops*	3
			Scarabeidae	*	1
			Scirtidae	*Elodes*	1

Diptera	Ceratopogonidae	*Alluaudomyia*	9
		Atrichopogon	1
	Chironomidae	Chironominae	439
		Orthocladiinae	131
		Tanypodinae	139
	Muscidae	*	1
	Psychodidae	*Clogmia*	1
	Simuliidae	*Simulium*	43
	Tabanidae	*Chrysops*	1
		Tabanus	2
	Tipulidae	*Hexatoma*	8
		Limonia	2
		Molophilus	5
Ephemeroptera	Baetidae	*Americabaetis*	191
		Baetodes	15
		Camelobaetidius	89
		Varipes	7
	Caenidae	*Caenis*	6
	Leptohyphidae	*Haplohyphes*	3
		Leptohyphes	47
		Tricorythodes	52
		Vacupernius	16
	Leptophlebiidae	*Farrodes*	103
		Terpides	250
		Thraulodes	689
		Traverella	2
	Polymitarcyidae	*Campsurus*	1
Hemiptera	Belostomatidae	*Belostoma*	1
	Gerridae	*Brachymetra*	9
		Halobatopsis	2
		Limnogonus	1
		Platygerris	1
		Potamobates	25
		Rheumatobates	4
		Trepobates	1
		Trepobatoides	15
	Mesoveliidae	*Mesovelia*	2
	Naucoridae	*Ambrysus*	6
		Cryphocricos	3
		Limnocoris	83
		Procryphocricos	1
	Nepidae	*Ranatra*	1
	Notonectidae	*Martarega*	1
		Notonecta	1
	Ochteridae	*Ochterus*	1
	Veliidae	*Rhagovelia*	180
Lepidoptera	Crambidae	*Petrophila*	8
Megaloptera	Corydalidae	*Corydalus*	22
Odonata	Calopterygidae	*Hetaerina*	5
	Coenagrionidae	*Argia*	22
	Gomphidae	*Progomphus*	3
	Libellulidae	*Dythemis*	1
		Elasmothemis	4

		Macrothemis	2
		Sympetrum	1
	Platystictidae	*Palaemnema*	1
Plecoptera	Perlidae	*Anacroneuria*	22
Trichoptera	Calamoceratidae	*Phylloicus*	1
	Glossosomatidae	*Culoptila*	13
	Hydrobiosidae	*Atopsyche*	1
	Hydropsychidae	*Leptonema*	46
		Smicridea	453
	Hydroptilidae	*Leucotrichia*	3
		Oxyethira	1
	Leptoceridae	*Atanatolica*	3
		Triplectides	3
	Philopotamidae	*Chimarra*	305
	Polycentropodidae	*Polycentropus*	1

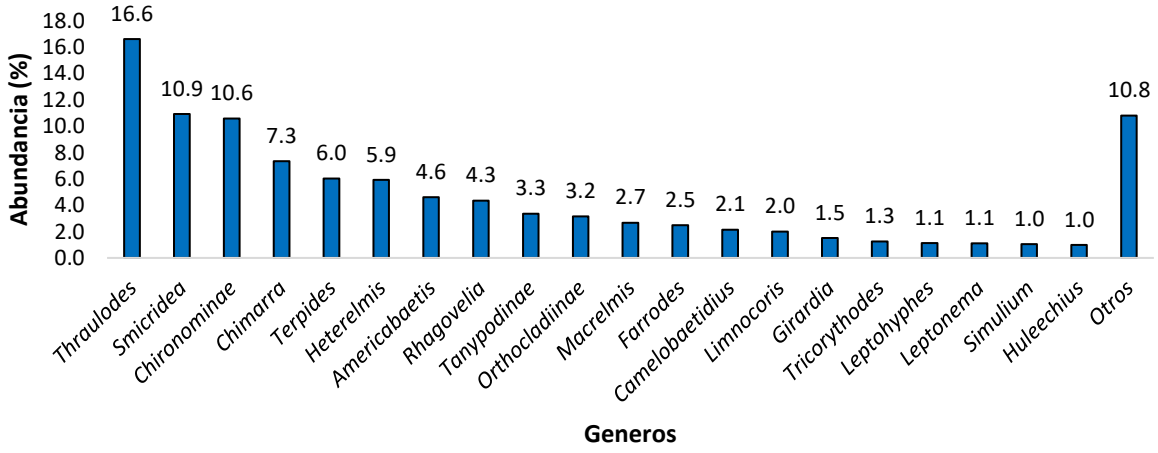
Fuente: Autores (2022).

En cuanto a familias, las más abundantes fueron Leptophlebiidae (33.4%), Chironomidae (17.2%) y Elmidae (9.9%) mientras que Caenidae Hidrophilidae, Mycetopodidae, Crambidae, Lampyridae, Tabanidae, Belostomatidae, Dytiscidae, Glossosomatidae, Gomphidae, Hydrobiosidae, Mesoveliidae, Muscidae, Naididae, Palaemonidae, Polycentropodidae, Polymitarcyidae, Psephenidae, Scarabeidae y Sphaeriidae presentaron la menor abundancia (>0.1%).

A nivel de géneros, los más abundantes fueron *Thraulodes* (16.6%), seguido de *Smicridea* (10.9%) y Chironominae (10.6%). De los 99 generos registrados 58 de ellos registran un valor inferior al 1%, estos son *Leptonema, Anacroneuria, Corydalus, Trepobatoides, Girardia, Microcylloepus, Baetodes, Gyretes, Cylloepus, Dryops, Argia, Varipes, Hexatoma, Phanocerus, Hetaerina, Molophilus, Alluaudomyia, Ambrysus, Brachymetra, Elasmothemis, Rheumatobates, Anodontites, Caenis, Cryphocricos, Farrodes, Neoelmis, Derallus, Haplohyphes, Hexacylloepus, Lampyridae sp, Limonia, Macrothemis, Petrophila, Tabanus, Traverella, Xenelmis, Atopsyche, Atrichopogon, Austrolimnius, Belostoma, Berosus, Campsurus, Culoptila, Dythemis, Hexanchorus, Laccophilus, Limnogonus, Macrobrachium, Mesovelia, Muscidae sp, Pisidium, Platygerris, Polycentropus, Progomphus, Psephenops, Scarabeidae sp, Sympetrum* y *Tubifex* (**Figura *852***).

La gran cantidad de géneros con solo un organismo nos indica que pese a los tensores que afectan la comunidad, los cuerpos de agua aun tratan de mantener su delicado equilibrio ecológico, que gracias a factores como un abundante bosque ripario y la heterogeneidad de sustratos proveen los recursos necesarios para que una mayor cantidad de entidades diferentes puedan colonizar y alcanzar nuevos nichos, que impactan directamente en la salud general de los ríos (Thomazi et al., 2008).

Figura 852. *Abundancia relativa de los géneros más abundantes colectados en la subzona hidrográfica del Anchique y otros directos al Magdalena.*

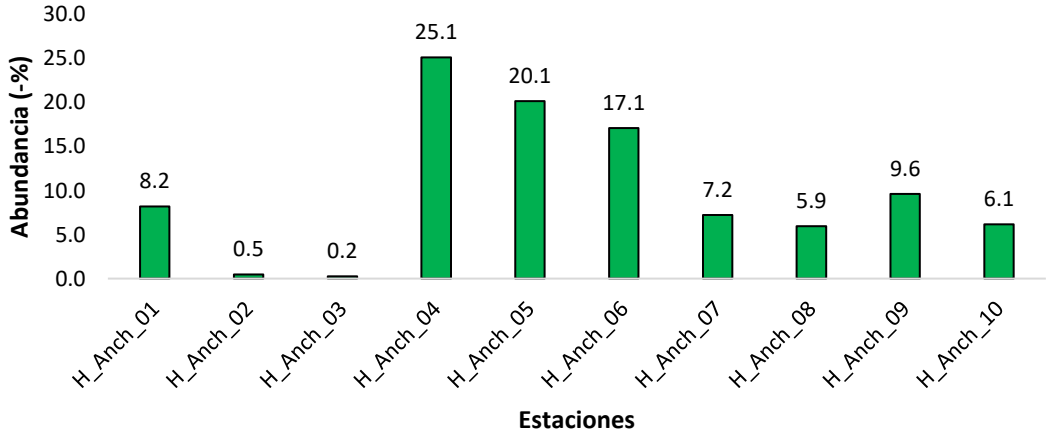


Fuente: Autores (2022).

41.8.2.3. Distribución espacial

Se establecieron diez estaciones de muestreo, donde el rio Hilarco (H_Anch_04), fue la que presento mayor abundancia relativa con un 25.1%, seguido por el río Hilarco (H_Anch_05) con 20.1%. Por otro lado, las estaciones que obtuvieron menor porcentaje de abundancia fueron el rio Chenche (H_Anch_2) con el 0.5% y el río Chenche (H_Anch_03) con el 0.2% (**Figura 853**).

Figura 853. *Abundancia relativa por estaciones de la subzona hidrográfica del río Anchique y otros directos al Magdalena.*



Fuente: Autores (2022).

En cuanto a la abundancia existen cambios significativos en cuanto a la abundancia, lo cual se comprueba según el resultado del kruskal wallis ($p<0.05$). Esta subzona es extensa y cuenta con múltiples cuerpos de agua de gran porte que podrían contener una fauna acuática importante. Por otra parte, las tres primeras estaciones se ven afectadas por la represa zanja honda la cual corta el flujo de nurtientes y animales, razón por la cual las estaciones 2 y 3 presentan tan bajas abundancias.

Según lo observado los ríos y quebradas de esta zona presentan importantes densidades de macroinvertebrados y funcionan como reservorios de biomasa y diversidad de esta comunidad, estos cuerpos de agua albergan una biota considerable a pesar de tener fuertes impactos que afectan su dinámica como ecosistema (Reinoso et al., 2007).

Pese a los resultados obtenidos y el considerable número de organismos registrados, se evidencia que la comunidad de macroinvertebrados está bastante afectada en el sentido de que la detección de organismos sensibles es limitada y que las poblaciones son relativamente pequeñas teniendo en cuenta el grupo evaluado, esto se da en consecuencia de las afectaciones directas e indirectas que afectan la dinámica hidrológica, fisicoquímica y ecológica de los ríos (Rodríguez et al., 2006).

En cuanto a los géneros registrados Thraulodes, *Terpides, Americabaetis, Chironominae, Chimarra, Tanypodinae, Smicridea, Rhagovelia* se distribuyeron ampliamente en la zona y en la mayoría de los cuerpos de agua evaluados (**Figura 741**). Del material colectado 20 géneros indicaron una distribución restringida a un solo sitio, estos fueron: *Macrobrachium, Macrothemis, Mesovelia, Molophilus, Muscidae sp, Neoelmis, Petrophila, Phanocerus, Pisidium, Platygerris, Polycentropus, Rheumatobates, Scarabeidae sp, Tabanus, Traverella, Trepobatoides, Tricorythodes, Tubifex, Varipes, Xenelmis*

Tabla 630. *Distribución espacial de los macroinvertebrados acuáticos registrados en la subzona hidrográfica del río Anchique y otros directos al Magdalena.*

Genero	HAnch1	HAnch2	HAnch3	HAnch4	HAnch5	HAnch6	HAnch7	HAnch8	HAnch9	HAnch10
Alluaudomyia	3	0	0	0	1	2	0	0	3	0
Ambrysus	1	0	0	0	0	0	1	1	2	1
Americabaetis	20	0	0	85	15	18	0	24	17	12
Anacroneuria	1	0	0	0	0	1	5	13	0	2
Anodontites	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
Argia	11	0	0	3	1	1	1	1	3	1
Atanatolica	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Atopsyche	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Atrichopogon	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Austrolimnius	1	0	0	5	0	27	0	0	0	0
Baetodes	0	1	0	0	0	1	7	1	3	2
Belostoma	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Berosus	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Brachymetra	0	5	0	4	0	0	0	0	0	0
Caenis	0	0	0	3	0	1	0	0	1	1

Camelobaetidius	12	0	0	1	2	4	37	22	8	3
Campsurus	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Chimarra	53	0	0	74	25	86	8	1	26	32
Chironominae	16	2	0	82	89	159	8	10	38	35
Chrysops	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Clogmia	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Corydalus	2	0	0	1	0	2	7	3	4	3
Crenitulus	0	0	0	5	0	0	0	0	0	1
Cryphocricos	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0
Culoptila	1	0	0	1	10	0	1	0	0	0
Cylloepus	0	0	0	2	0	7	4	0	0	0
Derallus	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Dryops	6	0	0	3	6	6	1	0	0	0
Dythemis	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Elasmothemis	0	0	0	1	1	0	0	0	2	0
Elodes	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Farrodes	3	0	0	26	49	25	0	0	0	0
Girardia	4	0	0	1	17	36	1	1	3	0
Gyretes	0	3	0	0	0	11	0	2	1	0
Halobatopsis	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Haplohyphes	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0
Hetaerina	0	0	0	2	0	0	0	0	3	0
Heterelmis	47	0	2	29	106	33	4	8	9	8
Hexacylloepus	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0
Hexanchorus	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Hexatoma	1	0	0	0	0	1	2	1	1	2
Huleechius	0	0	0	17	20	1	0	2	0	1
Laccophilus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Lampyridae sp.	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Leptohyphes	10	0	0	5	0	2	5	9	11	5
Leptonema	2	0	0	2	30	3	1	0	7	1
Leucotrichia	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1
Limnocoris	9	0	0	51	0	2	3	12	6	0
Limnogonus	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Limonia	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Lycosidae sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Macrelmis	1	0	0	0	1	60	23	2	10	14
Macrobrachium	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Macrothemis	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Martarega	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mesovelia	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Microcylloepus	2	0	1	8	7	10	0	1	0	3
Molophilus	0	0	0	0	0	1	2	2	0	0
Muscidae sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Neoelmis	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0
Notonecta	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Ochterus	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Orthocladiinae	21	0	0	5	52	17	5	7	11	13
Oxyethira	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Palaemnema	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Petrophila	0	0	0	0	2	2	1	1	0	2
Phanocerus	1	0	0	0	1	3	0	0	1	1
Phylloicus	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Physa	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0
Pisidium	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
Platygerris	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Polycentropus	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pomacea	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Potamobates	0	5	1	2	3	3	0	9	0	2
Procryphocricos	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Progomphus	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
Psephenops	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Ranatra	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Rhagovelia	22	2	2	34	54	3	29	8	11	15
Rheumatobates	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0
Scarabeidae sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Simulium	3	0	0	15	4	2	3	2	5	9
Smicridea	35	0	1	47	170	93	12	3	63	29
Sympetrum	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Tabanus	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Tanypodinae	11	0	0	58	30	20	3	6	9	2
Terpides	6	0	0	178	1	11	4	32	7	11
Thiara	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
Thraulodes	11	0	0	269	87	46	100	35	106	35
Traverella	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Trepobates	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Trepobatoides	0	1	0	0	3	0	0	8	0	3
Trichodactylidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Tricorythodes	6	0	0	11	2	0	15	7	10	1
Triplectides	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
Tubifex	3	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Vacupernius	0	0	0	0	14	1	1	0	0	0
Varipes	0	0	0	0	0	0	1	5	1	0
Xenelmis	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0

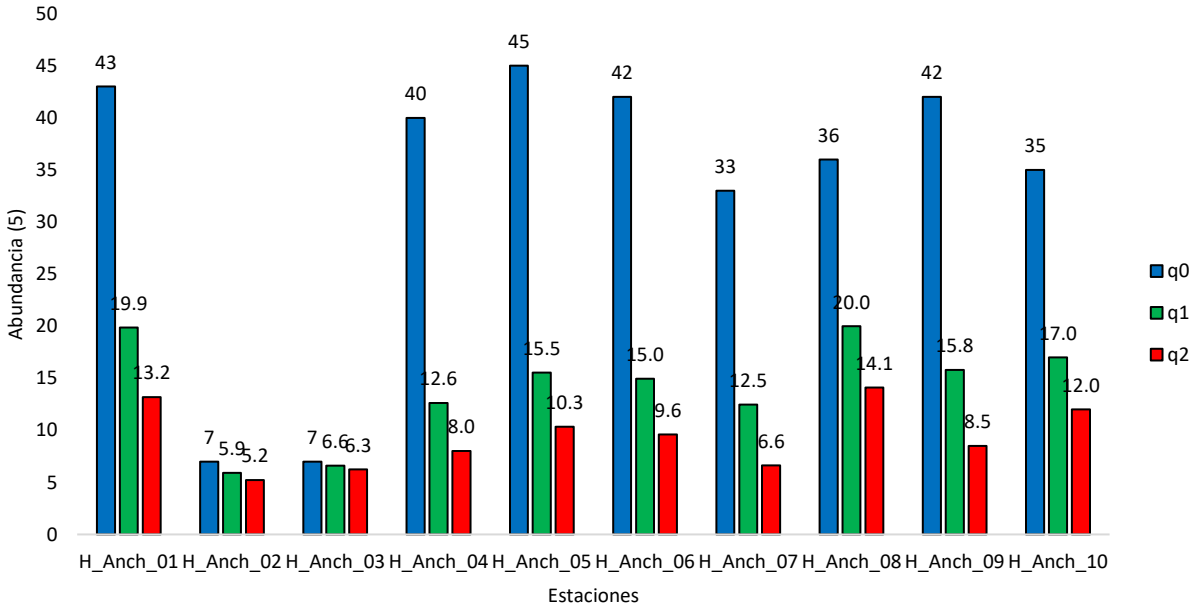
Fuente: Autores (2022).

Muchos de los organismos de distribución restringida poseen características específicas tanto en gremio trófico, como en preferencia de sustrato o tipo de corriente, lo cual reduce las probabilidades de hábitat que pueden colonizar, este especialización es particularmente susceptible a las modificaciones que se presentan temporal y espacialmente, ya que eventos como el periodo pluviométrico que juega un papel crucial en los cambios hidrológicos y sedimentológicos de los ambientes acuáticos y las perturbaciones adicionales que se producen por efecto de la ganadería, agricultura y urbanización, suponen fuertes limitaciones en el desarrollo de animales pequeños (Vasquez y Reinoso, 2007).

41.8.2.4. Diversidad

Según lo observado en la extrapolación de número de géneros en las estaciones de la subzona hidrográfica del rio Anchique, se puede establecer que los valores de riqueza más altos (0D) se dieron en las estaciones rio Anchique (H_Anch_08) donde se hallaron 33 géneros, en el rio Anchique (H_Anch_09) con 31 géneros y el rio Hilarco (H_Anch_04) con 30 (**Figura *854***). Al observar los intervalos de confianza, estos se encuentran superpuestos unos con otros lo que parece indicar que no existen cambios significativos en la riqueza observada.

Figura 854. *Diversidad Alfa en las estaciones de la subzona hidrográfica del río Anchique y otros directos al Magdalena*



Fuente: Autores (2022).

Los valores relacionados a los taxones típicos o comunes (1D), indican un valor más alto en la estación rio Anchique (H_Anch_08) con 17,8 géneros y una posible diferencia con las demás estaciones, dado que los intervalos de confianza no se sobreponen a los demás contrario a esto las estaciones muestran valores cercanos e intervalos sobrepuestos lo que parece indicar que la comunidad de macroinvertebrados acuáticos de estas zonas e homogénea y está compuesta principalmente por géneros comunes y ampliamente distribuidos (Dominguez y Fernandez, 2009).

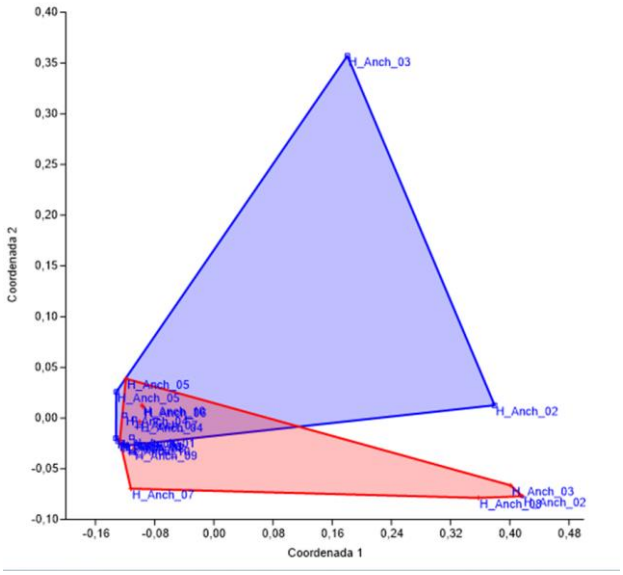
Por último, de acuerdo con el número de taxones dominantes (2D), se observa que el río Anchique (H_Anch_08) registra el valor más alto con 12.49 géneros, y como en el caso anterior las demás estaciones se encuentran en valores cercanos lo que indica uniformidad en la comunidad, dominada por organismos cosmopolitas de gran abundancia, específicamente Chironominae sp, Orthocladiinae sp, los cuales prosperan fácilmente en cualquier ecosistema incluso si está altamente perturbado

41.8.2.5. Ensamblaje

Los resultados del análisis de similitud teniendo en cuenta la presencia de los géneros (Jaccard) en cada una de las estaciones, no muestra agrupamientos definidos para los dos periodos de muestreo (**Figura *855***).

El diagrama indica una similaridad entre las estaciones que oscila entre el 20 y 70%, sin embargo, no se observan diferencias intergrupales e intergrupales ya que los clusterse encuentran solapados y muchas de las estaciones se encuentran muy cercanas, esta idea se sustenta en la cantidad de taxones que comparten entre cada uno de las estaciones, lo que sugiere que las localidades de estudio presentan condiciones ecológicas similares y estas sometidas a presiones parecidas (Gutierrez et al., 2006).

Figura 855. *Diagrama de NMDS para las estaciones de la subzona hidrográfica del río Anchique y otro directos al Magdalena.*



Fuente: Autores (2022).

41.8.2.6. Relación con variables fisicoquímicas

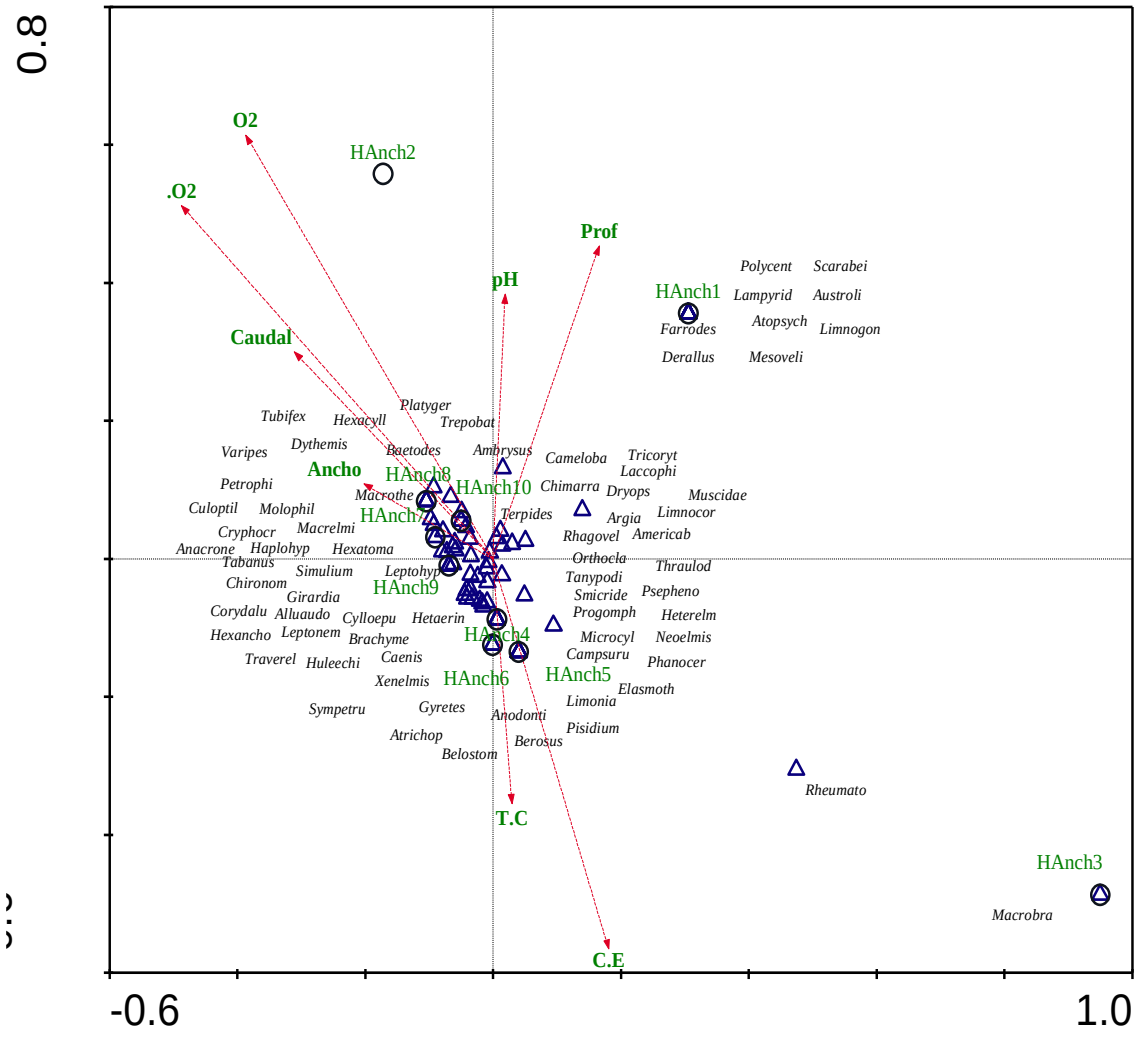
Según el ACC y la prueba de Monte Carlo, las variables Saturación de oxígeno, oxígeno disuelto, caudal, ancho, ph, profundidad, temperatura y conductividad eléctrica presentan efectos condicionantes sobre la distribución de los organismos dentro de las estaciones evaluadas (**Figura 856**).

En general las asociaciones no se observan claramente, las estaciones H_Anch_04, H_Anch_05, H_Anch_06, H_Anch_07, H_Anch_08, H_Anch_09 y H_Anch_10 se encuentran muy cercanas por lo que se asume que están condicionadas por el efecto de las mismas variables fisicoquímicas que en este caso serían la profundidad, el caudal, el oxígeno disuelto y la saturación de oxígeno, así mismo se relacionan directamente con más del 70% de los géneros presentes en esa cuenca. Las estaciones

H_Anch_01, H_Anch_02 y H_Anch_03 se separan del grupo principal y no se relacionan con las variables, ni géneros específicos.

La subzona hidrográfica del rio Anchique es bastante extensa y cuenta con una gran cantidad de tributarios que presentan dinámicas particulares que pueden o no converger unas con otras, de este modo es difícil establecer las relaciones existentes en la dinámica de los macroinvertebrados acuáticos, sin embargo, se evidencia que existen alteraciones en el ciclo de nutrientes y material de sedimentación (Ramírez y Viña, 1998).

Figura 856. *Análisis de Correspondencia Canónica para las variables fisicoquímicas y la abundancia de los taxones de macroinvertebrados acuáticos registrados en la subzona hidrográfica del rio Anchique y otros directos al Magdalena.*



Fuente: Autores (2022).

41.8.2.7. Índice de calidad Ambiental BMWP/Col

Se determinó la calidad de agua basado en la cantidad de familias y el puntaje BMWP/Col, las estaciones de la subzona hidrográfica del rio Anchique, exhiben un carácter homogeneo en cuanto al estado ecológico de sus aguas.

Tabla 631. *Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica del río Anchique y otros directos al Magdalena.*

Cuerpo de agua	BMWP/Col	Calidad	Clase	BMWP/Col	Clase	Calidad
Río Chenche	120	Buena	I	146	Buena	I
Río Chenche	25	Critica	IV	25	Critica	IV
Río Chenche	37	Critica	IV	16	Critica	IV
Río Hilarco	154	Buena	I	128	Buena	I
Río Hilarco	94	Aceptable	II	144	Buena	I
Q. Guaguarco	113	Buena	I	126	Buena	I
Río Anchique	108	Buena	I	87	Aceptable	II
Río Anchique	116	Buena	I	39	Dudosa	III
Río Anchique	108	Buena	I	125	Buena	I
Q. Yaco	107	Buena	I	94	Aceptable	II

Fuente: Autores (2022).

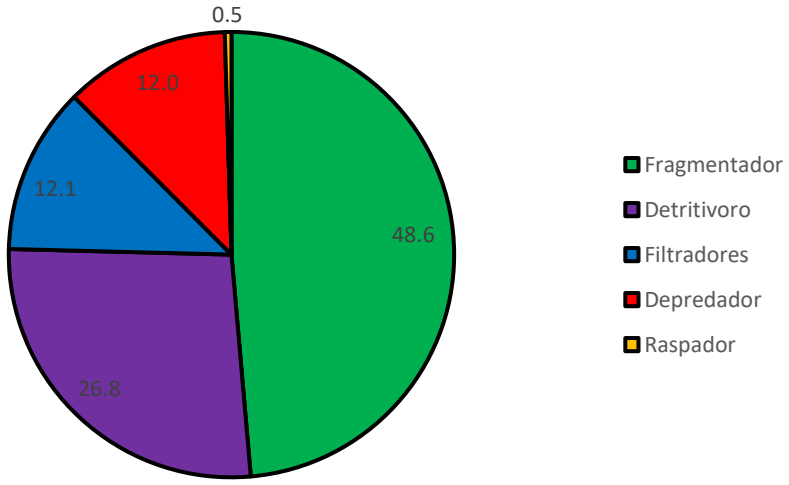
En el muestreo 1 se denota que la calidad buena es la que predomina, esto, indica que el estado ecológico de la subzona durante este periodo es óptimo, en contraste la calidad de agua en el muestreo 2 varia significativamente y denota que la mitad de las estaciones cuenta con calidad de agua dudosa.

Los datos obtenidos según el índice de bioindicación muestran que la calidad de agua está relacionada con el pulso de inundación, que genera cambios en la presencia de taxones. Aun cuando las presiones antrópicas son evidentes, en particular el embalse en el río Chenche, se establece que la calidad de agua en estos ríos que componen la subzona son aceptables, lo que se traduce en que mantienen una salud apropiada para el mantenimiento de esta biota acuática, además se constata la presencia de las familias Perlidae, Lymnessiidae, Psephenidae, Blephariceridae, Oligoneuriidae, Gomphidae, Lampyridae y Ptilodactylidae que son sensibles, de alta especificidad y bioindicadores de buena calidad de agua (Roldan, 2003).

41.8.2.8. Gremios tróficos

Se identificaron cinco gremios tróficos de los cuales el Fragmentador fue el más abundante (48.6%), seguido de detritívoro (26.8%), filtrador (12.1%), depredador (12%) y el raspador (0.5%) (**Figura *857***).

Figura 857. *Distribución de los gremios tróficos de macroinvertebrados acuáticos de la subzona hidrográfica del río Anchique y otros directos al Magdalena.*



La abundancia de estos gremios se relacionan con la oferta de material alóctono en forma de hojarasca, proveniente de la abundante vegetación que bordea todos estos ecosistemas, esto aumenta la densidad de organismos herbívoros en este caso los fragmentadores, por otra parte los detritívoros se relacionan con la cantidad de detritos orgánicos disponibles en el ambiente que son subproducto de la degradación de hojarasca y el ingreso al agua de sustancias provenientes de actividades domésticas, agrícolas, ganaderas e industriales (Perez et al., 2004).

El gremio depredador aumenta su densidad directamente a medida que aumentan los otros gremios que son su oferta alimenticia, además que algunos de ellos se pueden alimentar de peces y renacuajos. Los organismos filtradores se ven beneficiados en ríos que trasportan material en suspensión, que realmente son detritos más finos captados por redes de filtrado. El gremio raspador se compone de organismos herbívoros que se alimentan de Perifiton que constituye el material autóctono, sin embargo, al ser un componente vivo tiende a cambiar con el tiempo y por último se tiene al gremio omnívoro y parasito que están pobremente, dado que son difíciles de detectar y colectar (Hanson et al., 2010).

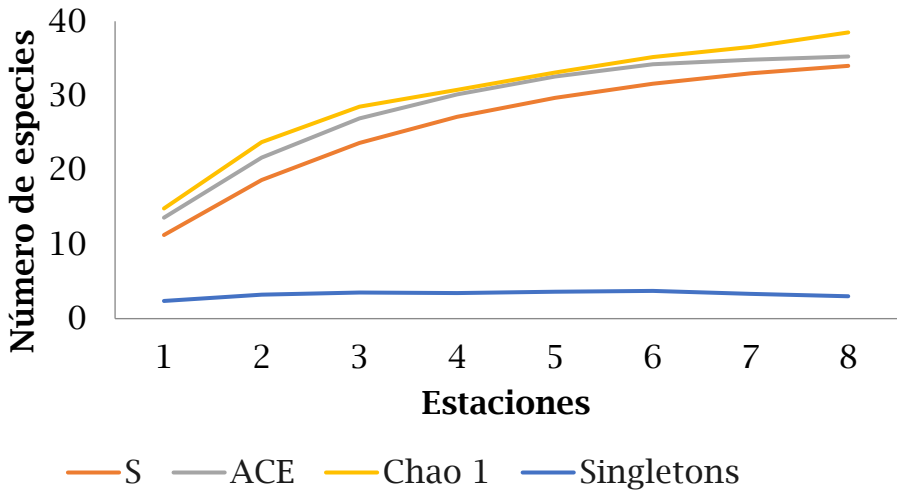
41.8.3. Ictiofauna

41.8.3.1. Representatividad

Las curvas de acumulación de especies muestran un incremento sucesivo a lo largo del muestreo realizado en la subzona hidrográfica del río Anchique. Según los estimadores de riqueza ACE y Chao 1, se evidencia que el número de especies

observada (S = 50) corresponde al 82 % y 78 % de las especies esperadas, es decir, 50 y 52 especies, respectivamente. Esto puede explicarse porque los estimadores de riqueza son sensibles en comunidades donde hay muchas especies con baja frecuencia de captura, es decir abundancia. Las especies de una muestra con menos de 10 individuos pueden considerarse como raras (Colwell & Elsensohn, 2014). Tal es el caso de tres especies que fueron colectadas una sola vez (singletons) (*Apteronotus eschmeyeri*, *Astyanax magdalenae*, *Chaetostoma thomsoni*, *Ctenolucius hujeta*, *Hyphessobrycon natagaima*, *Hyphessobrycon proteus*, *Hyphessobrycon* sp., *Kronoheros umbrifer*, *Megaleporinus muyscorum*, *Poecilia reticulata* y *Spatuloricaria gymnogaster*). Por lo tanto, es posible utilizar los datos registrados para hacer comparaciones de diversidad y riqueza entre los cuerpos de agua, debido a que el porcentaje de representatividad de las especies de peces que se encuentran en el área de estudio fue relativamente alto (**Figura 858**).

Figura 858. *Curva de acumulación de especies ícticas en las estaciones de la subzona hidrográfica río Anchique.*



Fuente: Autores (2022).

41.8.3.2. Composición

En la subzona hidrográfica del río Anchique se colectaron 1147 individuos, pertenecientes a 50 especies, distribuidas en cinco órdenes y 169familias. El orden Characiformes con 22 especies registró la mayor riqueza, seguido de Siluriformes con 16 especies y los demás ordenes con valores inferiores al 8 %.

Con relación a la abundancia por familia, Characidae registró 792 individuos, seguido de Loricariidae con 102 individuos, Heptapteridae con 74 individuos y las demás familias con menos de 3% de abundancia relativa (**Tabla *632***).

Con respecto a la abundancia de las especies, *Creagrutus affinis* con (AR= 21 %) fue la más abundante con 241 individuos seguida de *Astyanax* sp. (AR= 16%), *Mirogenys minuta* (AR= 13%). Las demás especies registran abundancias relativas inferiores al 6 % y, adicionalmente, se registraron 12 especies con un solo individuo, entre las que se mencionan *Astyanax magdalenae, Chaetostoma thomsoni, Kronoherons umbrifer*. En relación a los cuerpos de agua evaluados, es importante mencionar que el río Chenche (19 spp.), río Hilarco (29 spp.), Quebrada Guaguarco (23 spp.), río Anchique (31 spp.) y Quebrada Yaco (24 spp.) son tributaríos directos del río Magdalena.

Tabla 632. *Composición íctica registrada en la subzona hidrográfica del río Anchique*

Orden	Familia	Genero	Especie	Abundancia
Blenniiformes	Cichlidae	*Andinoacara*	*Andinoacara latifrons*	55
		Caquetaia	*Caquetaia kraussi*	2
		Geophagus	*Geophagus steindachneri*	41
		Kronoheros	*Kronoheros umbrifer*	3
	Poeciliidae	*Poecilia*	*Poecilia caucana*	9
			Poecilia reticulata	1
Characiformes	Anostomidae	*Megaleporinus*	*Megaleporinus muyscorum*	3
	Characidae	*Argopleura*	*Argopleura magdalenensis*	62
		Astyanax	*Astyanax magdalenae*	7
			Astyanax sp.	190
		Creagrutus	*Creagrutus affinis*	241
			Creagrutus magdalenae	37
		Gephyrocharax	*Gephyrocharax melanocheir*	23
		Hemibrycon	*Hemibrycon* sp. 1	7
		Hyphessobrycon	*Hyphessobrycon natagaima*	14
			Hyphessobrycon ocasoensis	2
			Hyphessobrycon proteus	1
			Hyphessobrycon sp.	1
		Microgenys	*Microgenys minuta*	148
		Roeboides	*Roeboides dayi*	35
		Saccoderma	*Saccoderma hastata*	24
	Cichlidae	*Geophagus*	*Geophagus steindachneri*	1
	Ctenoluciidae	*Ctenolucius*	*Ctenolucius hujeta*	2
	Curimatidae	*Cyphocharax*	*Cyphocharax magdalenae*	1
	Erythrinidae	*Hoplias*	*Hoplias malabaricus*	6
	Gasteropelecidae	*Gasteropelecus*	*Gasteropelecus maculatus*	5

	Parodontidae	*Parodon*	*Parodon magdalenensis*	10
	Prochilodontidae	*Prochilodus*	*Prochilodus magdalenae*	5
Cichliformes	Cichlidae	*Oreochromis*	*Oreochromis niloticus*	1
Gymnotiformes	Apteronotidae	*Apteronotus*	*Apteronotus eschmeyeri*	1
			Apteronotus milesi	1
	Auchenipteridae	*Trachelyopterus*	*Trachelyopterus insignis*	1
	Sternopygidae	*Eigenmannia*	*Eigenmannia camposi*	1
		Sternopygus	*Sternopygus aequilabiatus*	10
Siluriformes	Heptapteridae	*Cetopsorhamdia*	*Cetopsorhamdia molinae*	31
		Heptapteridae	Heptapteridae gen. nov.	16
		Pimelodella	*Pimelodella floridablancaensis*	18
		Pimelodus	*Pimelodus yuma*	3
		Rhamdia	*Rhamdia guatemalensis*	6
	Loricariidae	*Chaetostoma*	*Chaetostoma brevilabiatum*	8
			Chaetostoma milesi	20
			Chaetostoma sp.	4
			Chaetostoma thomsoni	1
		Dasyloricaria	*Dasyloricaria filamentosa*	1
		Hypostomus	*Hypostomus* sp.	5
		Lasiancistrus	*Lasiancistrus caucanus*	8
		Spatuloricaria	*Spatuloricaria gymnogaster*	2
		Sturisomatichthys	*Sturisomatichthys leightoni*	53
	Pimelodidae	*Pimelodus*	*Pimelodus yuma*	17
	Trichomycteridae	*Trichomycterus*	*Trichomycterus tetuanensis*	3

Fuente: Autores (2022).

41.8.3.3. Distribución espacial

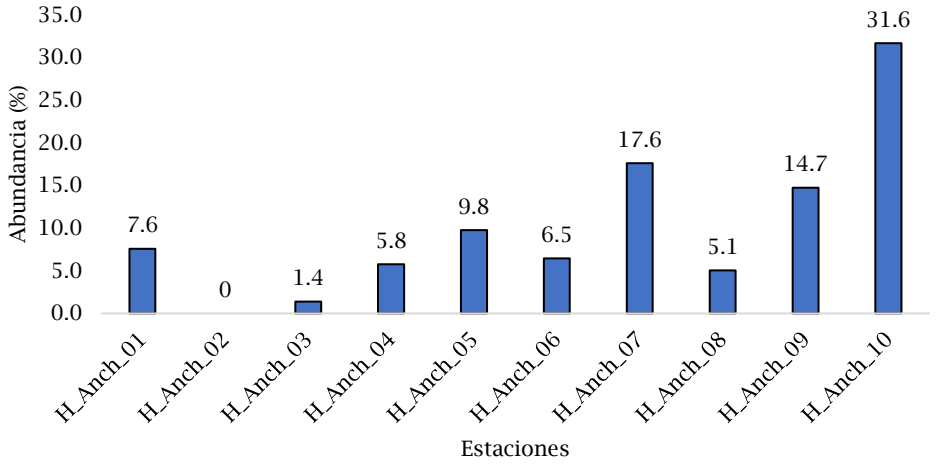
Con respecto a la distribución de las abundancias entre las estaciones evaluadas, es posible observar que H-Anch-10 y H-Anch-07 representan el 48 % del de la abundancia total. Es importante mencionar que la quebrada Yaco, Guacuarco, rio Hilarco, Chenche y Anchique son tratados como sistemas lóticos diferenciados pues son tributarios directos del río Magdalena. Es decir, el pool regional de especies estas estaciones son el río Magdalena y no el río Anchique.

Asimismo, se observa que para el caso de las estaciones del río Anchique, H-Anch-09 registró la mayor abundancia con AR= 14 %, seguido de H-Anch-08 con AR= 5,1 % y H-Anch-07 con AR= 17%. Por otro lado, las estaciones sobre el río Hilarco, ANCH-05 registró la mayor abundancia con AR= 9,8 %, seguido de H-Anch-04 con AR= 5,8 %. Y finalmente, río Chenche, ANCH-01 registró la mayor abundancia con AR= 7,6 %, seguido de H-Anch-03 con AR= 1,4 %. Es relevante mencionar las quebradas y ríos son

un resguardo de una alta diversidad de peces y valores altos de abundancia debido que representa la ictifauna del río Magdalena (**Figura 859**).

Por otro lado, en cuanto a la distribución espacial de las especies, es posible observar dos especies dominantes, Astyanax sp. y Creagrutus affinis, a lo largo de la subzona hidrográfica del río Anchique. Es decir, es registrada en la mayoría de estaciones analizadas y con altos valores de abundancia relativa, por ejemplo, Astyanax sp. en la estación H-Anch-10 representa el 38% de la abundancia total.

Figura 859. *Abundancia relativa por estaciones de la subzona hidrográfica del río Anchique.*



Fuente: Autores (2022).

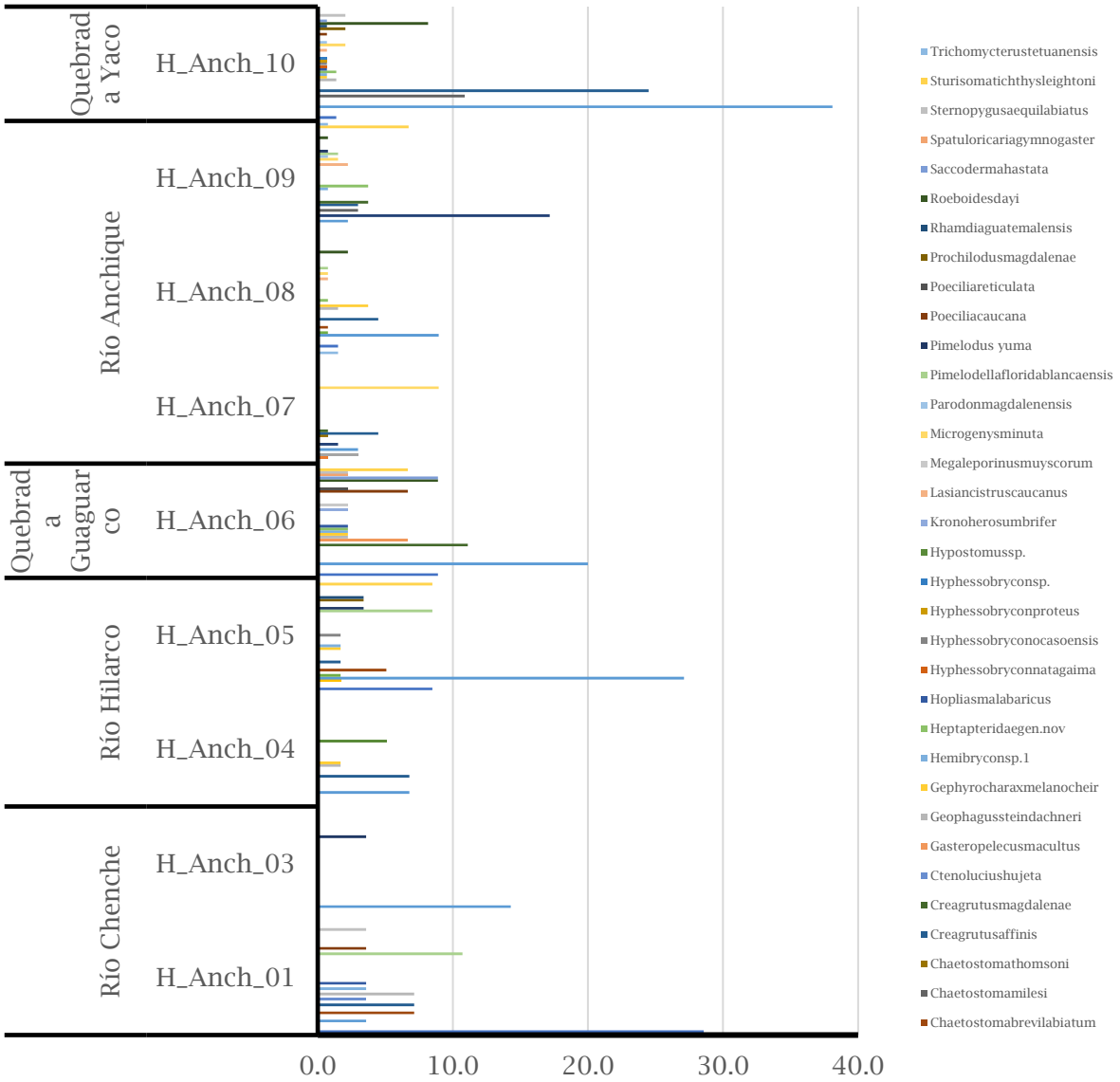
Y, once especies (*Apteronotus eschmeyeri*, *Astyanax magdalenae*, *Chaetostoma thomsoni*, *Ctenolucius hujeta*, *Hyphessobrycon natagaima*, *Hyphessobrycon proteus*, *Hyphessobrycon* sp., *Kronoheros umbrifer*, *Megaleporinus muyscorum*, *Poecilia reticulata* y *Spatuloricaria gymnogaster*), son exclusivas de al menos una estación. Las demás se distribuyen dos, tres o cuatro estaciones.

Lo anterior refleja una evidente variación en la tolerancia y establecimiento diferencial de las especies registradas a lo largo de la subzona hidrográfica del río Anchique. Para el caso de las especies con presencia exclusivas el mantenimiento de condiciones óptimas con clave para preservarlas. Por ejemplo, rápidos, remansos, cobertura vegetal riparia y heterogeneidad de sustratos de roca y arena son algunos de los microhábitats y nichos de algunas de estas especies (**Figura 860**).

En relación a la variación temporal se observan cambios en la abundancia de las especies entre las épocas climáticas. Durante la época de altas lluvias se registran los mayores valores de abundancia entre las estaciones avaluadas siendo H-Anch-10, H-

Anch-07 y H-Anch-09 las más destacadas. Es importante mencionar que en ambos muestreos se presentaron continuas lluvias que alteraron el caudal de varias estaciones evaluadas afectando la distribución de la Ictiofauna.

Figura 860. *Abundancia relativa por especies de la subzona hidrográfica del río Anchique.*



Fuente: Autores (2022).

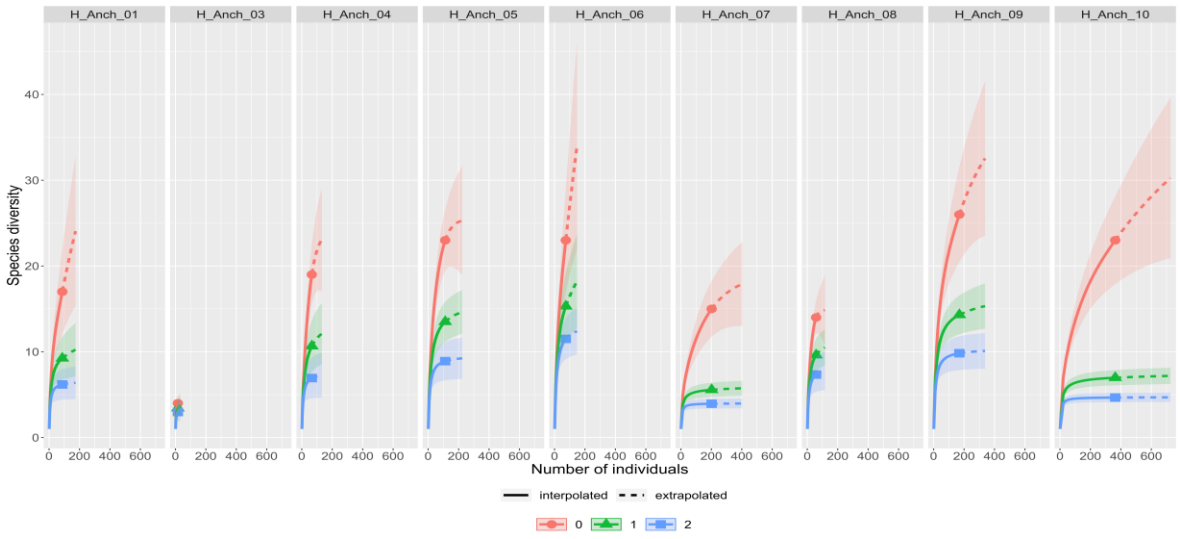
En relación a las especies, *Astroblepus* sp. y *Creagrutus affinis* registraron la mayor abundancia durante ambas épocas climáticas, es decir amplia distribución espacio-temporal, debido a que estas estaciones proporcionan condiciones físicas (p.e., rápidos y cobertura riparia) que permiten es establecimiento y proliferación de estas especies.

Por ejemplo, *Creagrutus affinis* se alimenta del material alóctono (i.e., semillas e insectos).

41.8.3.4. Diversidad

En cuanto a la diversidad de especies usando los números de Hill, se observó que la riqueza de especies (q=0) fue mayor en las estaciones ubicadas en las quebradas H-Anch-09 con 26 spp., seguido de H-Anch-10, H-Anch-06 y H-Anch-05 con 23spp cada una y finalmente las estaciones con menor número de especies registradas H-Anch-07, H-Anch-08, H-Anch-04, H-Anch-01 y H-Anch-03, con valores inferiores a 17 spp. Con respecto al número de especies comunes (q=1) y número de especies dominantes (q=2), se observó una tendencia similar a la anteriormente mencionada, excepto para la estación H-Anch-10 debido que a pesar de registrar una alta riqueza se observan bajos valores de q=1 debido que la comunidad está conformada por especies dominantes como Astyanax sp. que representan mayoritariamente la abundancia total.

Figura 861. *Diversidad Alfa en las estaciones de la subzona hidrográfica del río Anchique.*



Fuente: Autores (2022).

Por ejemplo, con la medida de diversidad de orden 1 se encontró que la estaciones con mayores valores de diversidad se encuentran en H-Anch-06 tienen una diversidad igual a la que tendría una comunidad teórica de 15,3 donde todas ellas tuvieran la misma abundancia. Por su parte, las demás estaciones tienen una diversidad igual de H-Anch-03 (q1=3,3), H-Anch-10 (q1=6,9) y las demás estaciones con valores inferiores a 10 especies.

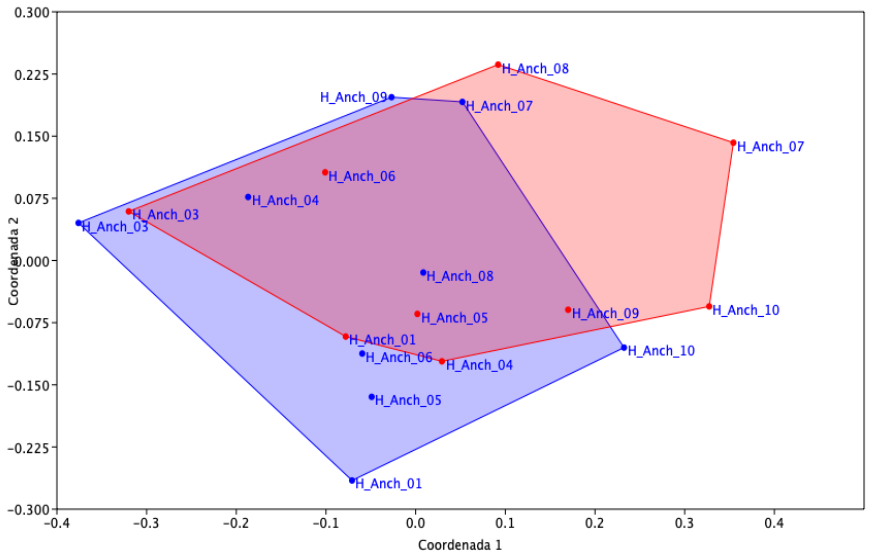
Al expresar estas equivalencias, se concluye que las estaciones H-Anch-06 del monitoreo es en promedio 3,3 veces más diversa en especies de peces que las H-Anch-

05 y H-Anch-10. Lo anterior se soporta por medio de los intervalos de confianza y las curvas de rarefacción e interpolación, dado que no se observaron intervalos solapados entre las estaciones en estas relaciones, y por tanto se establecen diferencias significativas. (**Figura 861**).

41.8.3.5. Ensamblaje

De acuerdo con los resultados obtenidos por el NMDs (Non-metric multidimensional scaling) (stress = 0.17), permitieron observar que no existen diferencias en las abundancias de los ensamblajes de especies entre las estaciones evaluadas. Según el diagrama de ordenación, se observa que las estaciones sobre el río Anchique, quebrada Yaco y quebrada Guaguarco la composición de la ictiofauna no es diferencial, es decir, registra especies compartidas como *Astyanax* sp., la identidad y número de la mayoría de las especies es similar entre cada uno de los cuerpos de agua. Esto no sucede lo mismo con las estaciones H-Anch-07 y H-Anch-10 que registra especies exclusivas (**Figura 862**)

Figura 862. *Diagrama de ordenación NMDS para las estaciones de la subzona hidrográfica del río Anchique.*

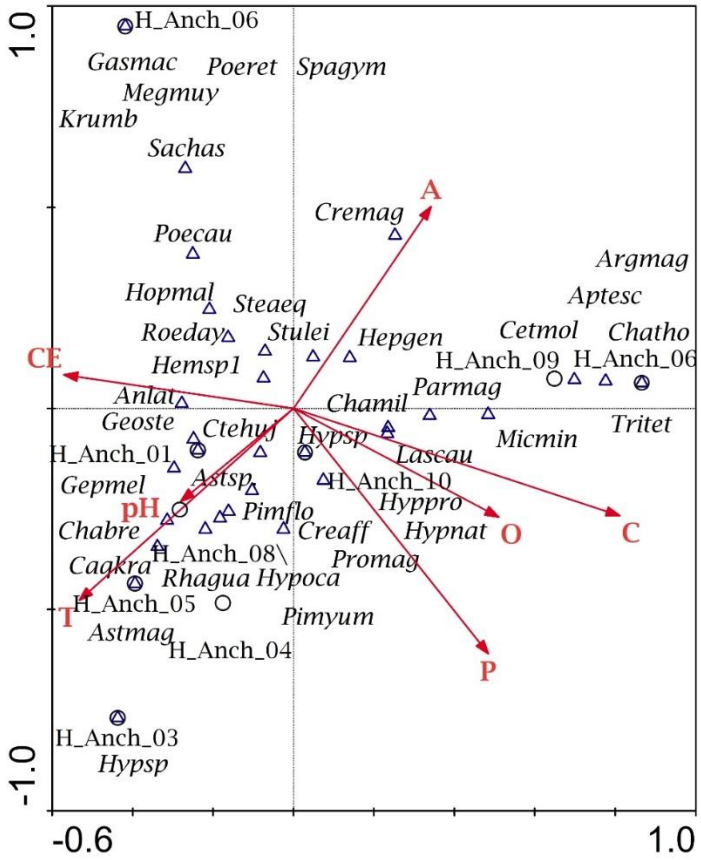


Fuente: Autores (2022).

41.8.3.6. Relación con variables fisicoquímicas

En el análisis de correspondencia canónica (ACC) los dos primeros ejes explicaron el 45 % de la variación total de los datos. En el eje x, la variable caudal (C) (p-valor<0.05) influyó de forma significativa en la composición y la estructura de la ictiofauna.

Figura 863. *Análisis de Correspondencia Canónica para las variables fisicoquímicas y la abundancia de peces registrados en la subzona hidrográfica del rio Anchique. Temperatura (T), Ancho (A), Profundidad (P), Caudal (C), pH, Oxígeno disuelto (O), Conductividad eléctrica (CE).*



Fuente: Autores (2022).

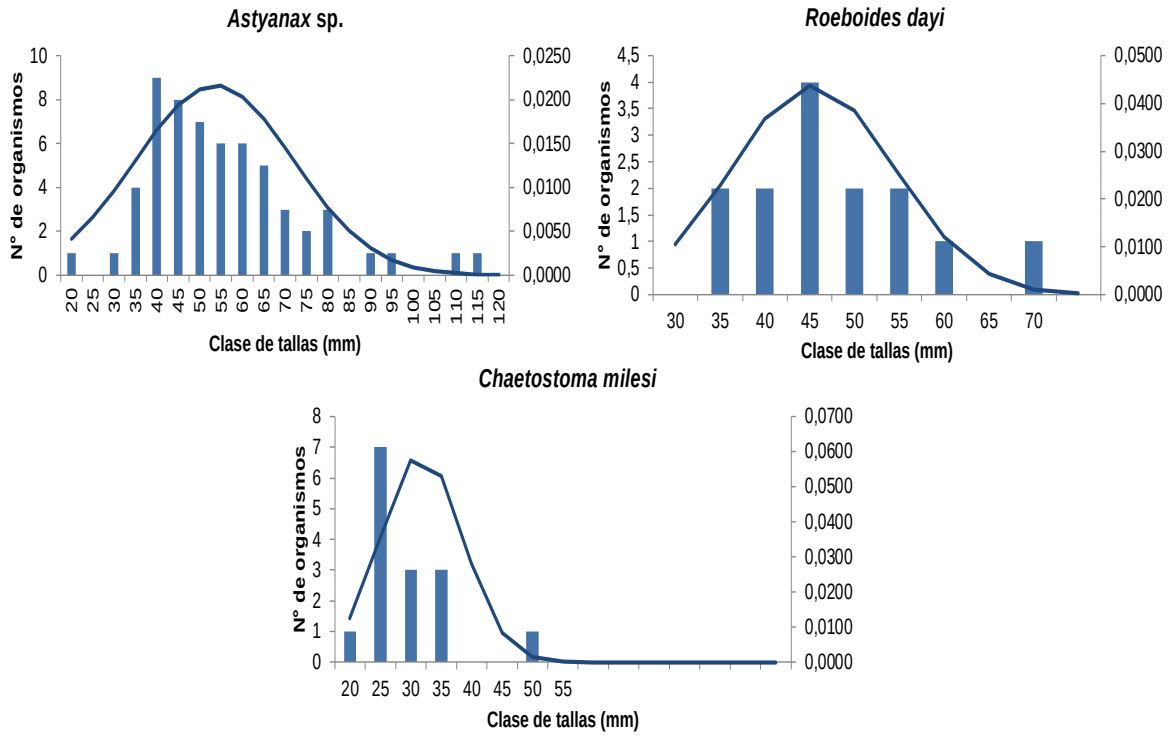
Además de asoció positivamente a las estaciones H-Anch-06 y H-Anch-09 y las especies, por ejemplo, *Argopleura magdalenensis*, *Apteronotus eschmeyeri*, *Chaetostoma thomsoni* y *Trichomycterus tetuanensis*. Hay un mayor flujo del agua. Esto se relaciona con la profundidad, velocidad del agua y ancho. Asimismo, fueron estaciones con cobertura vegetal riparia con aporte de insectos y semillas, que a su vez sirvió de alimento alóctono para especies como *Argopleura magdalenensis*

Por otro lado, en el eje y, el ancho (A) se asoció positivamente con las estaciones H-ANCH-06 y las especies, por ejemplo, Gasteropelecus maculatus, Poecilia reticulata, Megaleporinus muyscorum. Es decir, fue la estación con mayor distancia entre orilla-orilla y profunda. Esto podría explicar la presencia de una especie migratoria como Megaleporinus muyscorum que precisa de un flujo constante de agua y ríos quebradas los suficientemente profundas para llevar a cabo estos procesos migratorios.

41.8.3.7. Distribución de frecuencias de tallas

Se analizó un total de 91 individuos durante los monitoreos realizados en la subzona hidrográfica del río Anchique, con una distribución de tallas cada 5 mm de longitud estándar (LE). Para *Astyanax* sp., se obtuvo valores de longitud y peso promedio de 53,6 mm LE y 4,5 g, respectivamente. *Roeboides dayi* registró valores promedios de longitud (45,3 mm) LE y peso (1,5 g). Y, *Chaetostoma milesi* con valores promedios de longitud (26,7 mm) y peso (0,53 g).

Figura 864. *Distribución de frecuencias de talla de las especies dominantes de la subzona hidrográfica del río Anchique.*



Fuente: Autores (2022).

En general, existen variaciones de clases de talla entre las especies estudiadas. Y se registraron juveniles y adultos. Para el caso de *Astyanax* sp. la distribución de las tallas

se ajustó a una distribución normal y se agruparon en 16 clases. Los individuos se distribuyen con mayor frecuencia en las tallas 40 y 45 mm es decir, juveniles. En cuanto a *Roeboides dayi,* se registraron siete clases de talla, siendo los tamaños de 45 mm (juveniles). Finalmente, *Chaetostoma milesi* se agrupó en cinco clases, siendo las tallas 25 (juveniles) mm los más frecuentes. La mayoría d individuos analizados fueron juveniles. Esta información se corroboró examinando las gónadas de algunos individuos.

Lo anterior, aporta información valiosa para entender las dinámicas poblacionales que está relacionado con el mantenimiento de las especies. Es posible que algunos atributos del hábitat tales como refugios, alimentos, competencia, depredación, entre otros permitan estos procesos. El buen estado de una población consta de juveniles y adultos, los cuales fueron registrados sobre la subzona hidrográfica del río Anchique. Esta dinámica se relaciona con el reclutamiento, que varía a lo largo del tiempo. Segun, Doherty (2002) estas oscilaciones en los patrones de asentamiento y reclutamiento pueden tener un fuerte componente estocástico o cambios en ciertas conductas reproductivas relacionadas con ciclos anuales o estacionales (Ault y Johnson, 1998).

41.8.3.8. Relación longitud-peso

La relación longitud-peso y el factor de condición (K) son indicadores poblacionales o del bienestar de las especies, debido que proporcionan información sobre el estado nutricional, actividad reproductiva y crecimiento de las especies (Cifuentes et al., 2012). Su uso, permite realizar comparaciones entre poblaciones y así crear modelos para predecir el comportamiento de poblaciones de interés (McCallum, 2000). Existen tres relaciones de crecimiento entre longitud y aumento de la masa de los peces.

Primera, la relación que mantendría un balance entre la longitud y el peso del individuo, población y/o especie sería igual a 3. Segunda, alométrico negativo ($b < 3$) peces delgados, posiblemente por condiciones adversas en el medio, gasto energético en reproducción o individuos jóvenes cuya inversión energética se prioriza en longitud y posteriormente en masa corporal.

Y tercera, alométrico positivo ($b > 3$) indicarían un estado robusto del pez, lo cual podría obedecer a oferta alimenticia abundante o almacenamiento de energía previo a la época de reproducción (Le Cren, 1951). A continuación, se detallan los resultados de la relación longitud – peso de tres especies.

En cuanto a la relación longitud y peso dado específicamente por los valores de coeficiente de crecimiento b permitiendo evaluar cualitativamente el grado de bienestar de la especie, reflejando las condiciones alimenticias recientes.

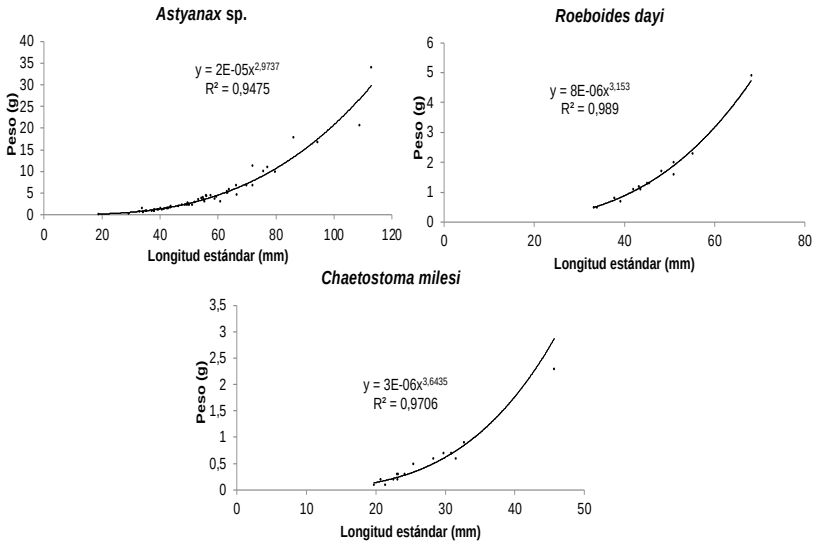
Para dos especies (*Roeboides dayi* y *Chaetostoma milesi*) los valores del coeficiente de crecimiento b > 3, en ambos casos se muestra que la especie presenta un crecimiento alométrico positivo, es decir presenta un estado robusto, lo cual podría obedecer a oferta alimenticia abundante o almacenamiento de energía previo a la época de reproducción (Le Cren, 1951) (**Figura 865**).

Al contrario, *Astyanax* sp. registró un b < 3 es decir un crecimiento alométrico negativo, debido que la especie aumenta más significativamente la longitud, pudiendo ser un indicador de la menor inversión en energía acumulada y muestra que la especie posiblemente prioriza su crecimiento por encima de su peso (Le Cren, 1951) (**Figura 865**).

41.8.3.9. Estados de madurez gonadal

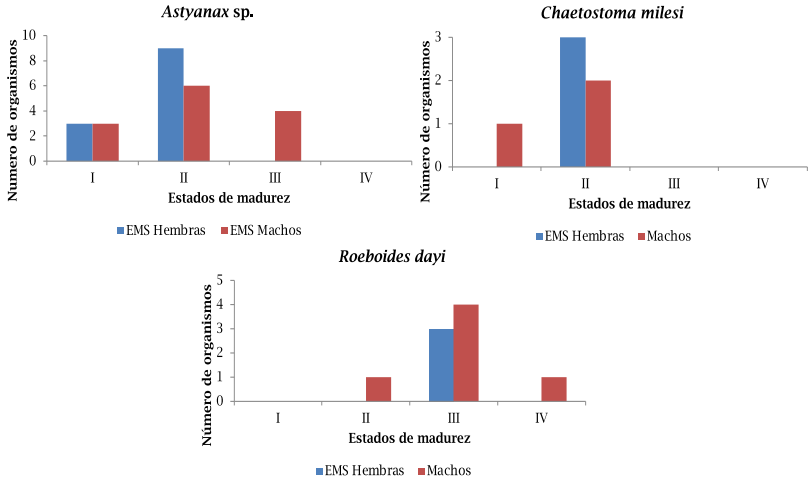
Con relación al análisis reproductivo, fueron analizados 41 individuos. En términos generales, las especies analizadas fueron mayoritariamente machos y hembras inmaduros y en proceso de reproducción. Es decir, la mayoría de los individuos estuvieron en estado de madurez sexual EMS I y II es decir, en proceso de desarrollo gonadal. Pocos estuvieron en época reproductiva. Para el caso de *Roeboides dayi* ocho individuos se encontraba en estado de madurez sexual EMS III y IV es decir, se encontraban en época reproductiva o habían terminado (**Figura 866**).

Figura 865. *Relación longitud – peso de las especies dominantes de la subzona hidrográfica del río Anchique.*



Fuente: Autores (2022).

Figura 866. *Frecuencia relativa de los EMS para hembras y machos de las especies analizadas. I=inmaduro, II=madurando, III= maduro, IV en reposo de la subzona hidrográfica del río Anchique.*



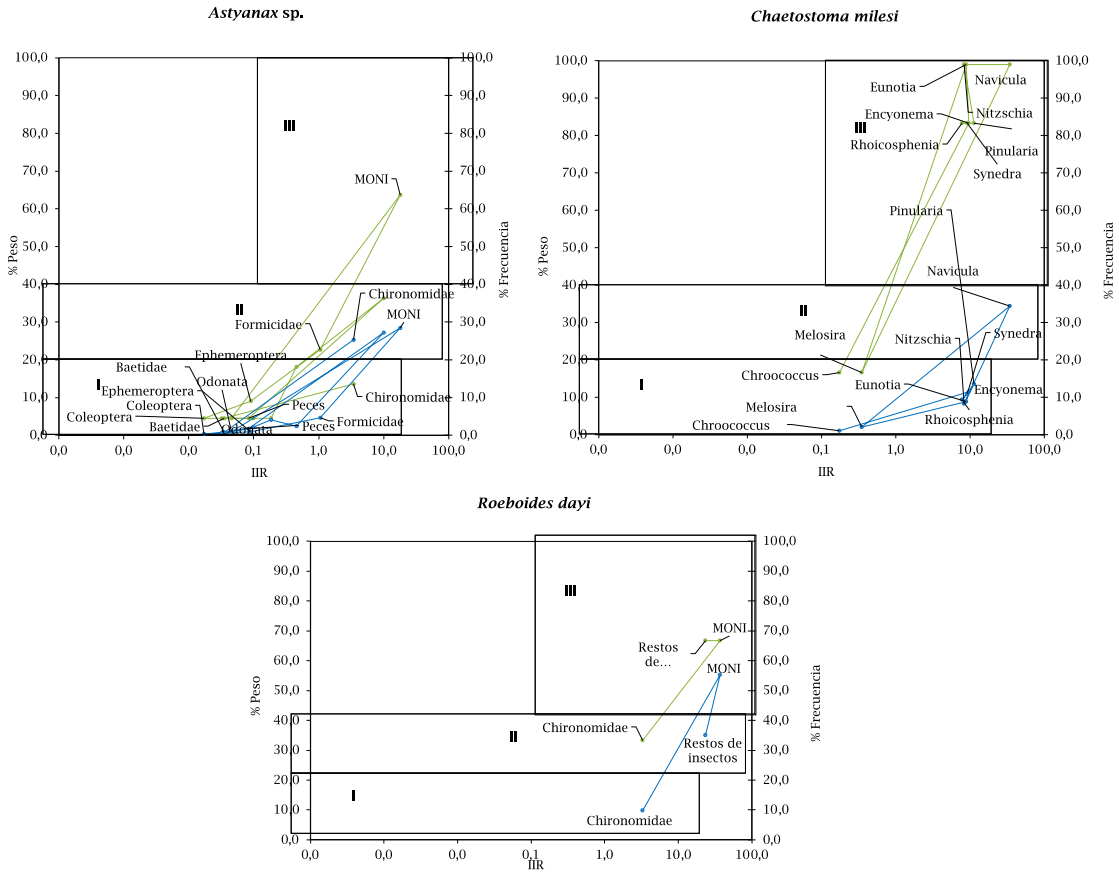
Fuente: Autores (2022).

41.8.3.10. Ecología trófica

Se analizaron 41 estómagos. El coeficiente de repleción fue de 0,8. En total, siete ítems (MONI, Restos de insectos, *Navicula*, *Encyonema*, *Pinularia* y *Synedra*) fueron considerados preferenciales y los restantes en correspondientes a grupos ocasionales o circunstanciales según (Yañez- Aranciba 1985, Lopez-Delgado, 2013).

Es así, que basados en esta información y los resultados de la clasificación de López-Delgado, 2013 podemos clasificar a las especies evaluadas como insectívoras (*Roeboides dayi* y *Astyanax* sp.) y consumindoa de perifíton (*Chaetostoma milesi*). El primer gremio trófico hace referencia a organismos que se alimentan de miembros de la clase Insecta en estado adulto dado los aportes alóctonos de la vegetación riparia. El segundo, son organismos que se alimentan organismos periiticos (p.e., algas) (Lopez-Delgado, 2013) (**Figura 867**).

Figura 867. *Espectro trófico de Roeboides dayi, Chaetostoma milesi y Astyanax sp. de la subzona hidrográfica del río Anchique.*



Fuente: Autores (2022).

41.8.3.11. Especies de interés y categorías de amenaza

En términos generales, se observa que el 61 % de la ictiofauna de la subzona hidrográfica del río Anchique son endémicas de Colombia. Asimismo, algunas especies son usadas para pesca, como es el caso de sardinas (*Astyanax* sp.) y ornamentales (*Gasteropelecus macualatus*) (**Tabla 633**). Asimismo, se observan especies (*Megaleporinus muyscorum, Pimelodys yuma y Prochilodus magdalenae*) de importancia comercial y estrategias de migración. Esto representa una alternativa económica que tienen las comunidades locales, pero también demuestra la vulnerabilidad que puede presentar el recurso, sino existe un apropiado programa de monitoreo de las especies comercializadas. Además, se registrá una especie (*Poecilia reticulata*) introducida. Por otro lado, dos especies se encuentra en categoría de vulnerable y otras dos en casi amenazada (Libro Rojo de Peces Dulceacuícolas de Colombia) (Mojica et al. 2012), asimismo, 22 especies son categorizadas en preocupación menor según UICN.

Tabla 633. *Especies de interés y categoría de amenaza de la SZH del río Anchique*

Especies	Endémica	Introducida	Migración	Usos	Categoría de amenaza Libro Rojo de Peces de Colombia	UICN
Andinoacara latifrons						LC
Apteronotus eschmeyeri						LC
Argopleura magdalenensis						LC
Astyanax magdalenae						
Astyanax sp.				Pesca		
Caquetaia kraussi				Pesca		
Cetopsorhamdia molinae						
Chaetostoma brevilabiatum						LC
Chaetostoma milesi				Pesca		
				Pesca	|	
Chaetostoma thomsoni				Ornamental		LC
Creagrutus affinis						LC
Creagrutus magdalenae						LC
Ctenolucius hujeta				Ornamental		
Gasteropelecus maculatus				Ornamental		LC
Gephyrocharax melanocheir						LC
Hemibrycon sp.1						
Heptapteridae gen.nov						
				Pesca	|	
Hoplias malabaricus				Ornamental		LC
Hyphessobrycon natagaima						
Hyphessobrycon ocasoensis						LC
Hyphessobrycon proteus						LC
Hyphessobrycon sp.						
				Pesca	|	
Kronoheros umbrifer				Ornamental	Casi amenazada	LC
Lasiancistrus caucanus						LC
Megaleporinus muyscorum			Corta	Pesca	Vulnerable	
Microgenys minuta					Casi amenazada	LC
Parodon magdalenensis						LC
Pimelodella floridablancaensis						
Pimelodus yuma			Mediana			
Poecilia caucana				Ornamental		LC
Poecilia reticulata						
Prochilodus magdalenae			Mediana, longitudinal y local	Pesca	Vulnerable	
Rhamdia guatemalensis						
Roeboides dayi						LC
Saccoderma hastata						LC
Spatuloricaria gymnogaster						LC
Sternopygus aequilabiatus				Pesca		LC
Sturisomatichthys leightoni				Ornamental		LC
Trichomycterus tetuanensis						

Fuente: Autores (2022).

Es así, que el presente monitoreo de caracterización íctica esencialmente dirigido al cauce principal y tributarios a lo largo de un gradiente altitudinal y ambiental revela que las quebrada Guaguarco y Río Anchique son un importe hábitat para preservar y resguardar la diversidad de peces de la región debido que altos valores de diversidad

fueron asociados a estas estaciones. De esta manera, los resultados son los datos de diversidad íctica más actualizados en la subzona hidrográfica del río Anchique. Estudios anteriores (Montoya-Ospina et al., 2017) sobre la cuenca del río Anchique, registran valores de riqueza de aproximadamente 36 especies. Valores superiores al reportado en el presente estudio (41 spp). De las estaciones evaluadas, se registraron 41 especies, cinco especies más que lo reportado en el río Anchique (Montoya-Ospina et al., 2017) y 36 % del Alto Magdalena (García- Alzate, et al., 2020) y por tanto claves, en términos de diversidad, establecimiento y resguardo de la ictiofauna.

Es así, que el presente monitoreo de caracterización íctica esencialmente dirigido a los cauces principales y tributarios a lo largo de un gradiente ambiental revela que es una importante subzona hidrográfica para preservar y resguardar la diversidad de peces de la región y en especial de la cuenca del río Magdalena. En cuanto a la composición taxonómica registrada para el área de estudio, los órdenes con mayor abundancia y riqueza Characiformes (AR= 63 %), con 21 especies registró la mayor riqueza, seguido de Siluriformes (AR= 26 %) con 14 siendo un patrón, también encontrado en ensamblajes de peces en la cuenca del río Magdalena (Villa et al., 2003, Poveda-Cuellar, 2021). Por otro lado, es importante resaltar que el muestreo abarco un bioma, Bosque seco Tropical, el cual es uno de los ecosistemas más amenazados, con menos del 4% de la cobertura original, y menos conocido de nuestro país y el mundo (Pizano & García, 2014). Si bien no fueron evaluados puntos dentro de bosques primarios, denota su importancia el levantamiento de información debido que sirve de insumo para conocer la diversidad biológica actual y ayudar a tomar decisiones para su ordenamiento y conservación.

En cuanto al uso del hábitat de las especies, encontramos que los peces del río Anchique se encuentran mayoritariamente en rápidos y sustratos rocosos, grava y arena como es el caso de *Astyanax* sp. y *Chaetostoma spp.* En especial estas últimas, son especies con rasgos funcionales únicos, bentónicas, hábitos ramoneadores y preferencia a sustratos de roca (Poveda-Cuellar et al., 2021). Con relación a diversidad de peces asociado a quebradas es necesario hacer énfasis sobre la combinación de atributos físicos (i.e., velocidad del agua, profundidad, sustratos y vegetación riparia) en la selección de especies con adaptaciones locales. Por ejemplo, la cobertura vegetal riparia provee material alóctono, semillas e insectos, que son fuente potencial de alimento de especies de Characidos (p.e., *Hyphessobrycon* spp., *Astyanax* spp.). Además, establecen nuevos microhábitats como hojarasca o troncos sumergidos para algunos grupos como Loricaridos (p.e., *Spatuloricacia gymnogaster).* Así, el principal problema reconocido en estos sistemas loticos es la degradación física del hábitat asociada a la homogenización de hábitats, sustratos, contaminación por plásticos y aguas domésticas y reducción en columna de agua. Además, se registró una especie introducida (*Poecilia reticulata*) que se encuentra categorizada en el país como exótica

según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2011); siendo originaria del Caribe, se ha expandido por varios países del continente americano, ha sido introducida con fines ornamentales y sanitarios "larvófagos" (Sánchez-Duarte et al., 2013), colonizando nuevos hábitats de acuerdo a sus características biológicas como la ovovivíparidad, cuidado parental, formación de cardúmenes, tolerancia a contaminación y temperaturas extremas; además de que sus hembras tienen la capacidad de almacenar esperma hasta por 10 meses, lo cual les permite de manera individual colonizar nuevos lugares de forma rápida y constituir poblaciones estables (Deacon & Magurran, 2016). Se ha comprobado que las especies del género *Poecilia* han sido la causa de la disminución de poblaciones en otras especies, teniendo efectos negativos, al competir por hábitat y recursos (Jiménez-Prado et al., 2020). Y, posiblemente al coexistir con *P. caucana* (nativa) podría competir por recursos.

Asimismo, se destaca la presencia de *Prochilodus magdalenae* y *Megaleporinus muyscorum* consideradas de importancia comercial y en categoría de vulnerable. La primera, es una especie ilófaga es decir, se alimenta de detritus orgánico y fitoplancton aprovechando fondos de ciénegas o ríos. Además, es considerada la principal especie migratoria del pais. Para el río Magdalena, se evidencia una drástica disminución producto de sobreexplotación por pesquería debido a que son capturados principalmente jóvenes o preadultos. Esta situación se repite a lo largo del río Magdalena (Lasso et al., 2011). La segunda, *Megaleporinus muyscorum* es considerada omnívora con tendencia a herbívora con dominancia se semillas e insectos. También es una especie migratoria (Lasso et al., 2011). Lo anterior, denota la importancia de mantener hábitats adecuados para la alimentación y procesos migratorios para garantizar su permanencia en los ecosistemas. Finalmente, se refleja la necesidad de ampliar los inventarios ictiológicos hacia otros tipos de hábitats, preferentemente zonas sin muestreos previos, tales como quebradas, pues como fue mencionado, son lugar clave para la conservación debido que resguarda una diversidad única de peces. Adicionalmente, monitorear las comunidades biológicas para definir, medir, y evaluar cuales variables multidimensionales y procesos biológicos en distintos niveles de organización se influencian por factores antropogénicos. Y así, hacer seguimiento a especies de interés comercial o introducido. De las estaciones evaluadas, se registraron 41 especies, cinco especies más que lo reportado en el río Anchique (Montoya-Ospina et al., 2017) y 36 % del Alto Magdalena (García- Alzate, et al., 2020).

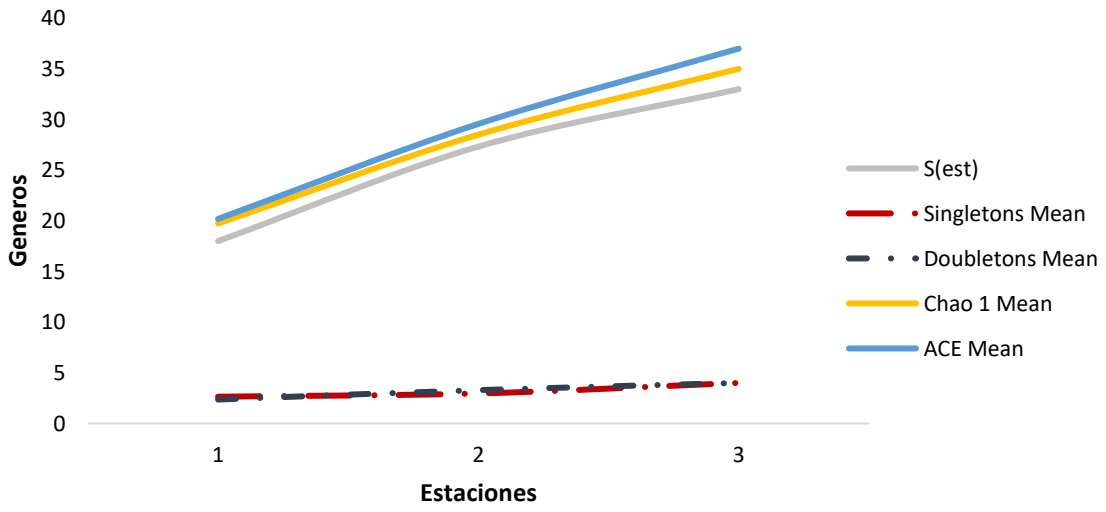
41.9. Subzona hidrográfica del río Patá.

41.9.1. Perifiton

41.9.1.1. Representatividad

Con respecto a los estimadores de riqueza se registró un número total de 33 géneros observados (Sobs) en las tres estaciones evaluadas, estas especies representan el 89.18% de las esperadas teniendo en cuenta el estimador de riqueza ACE y el 94.28% para Chao 1. Se estima un potencial máximo de 37 géneros (Figura 868).

Figura 868. *Curva de acumulación de la comunidad perifítica en la subzona hidrográfica del Río Alto Saldaña.*



41.9.1.2. Composición

Se colectaron 1.377 individuos/mm^2 distribuidos en seis filos, diez clases, 22 órdenes, 24 familias y 33 taxones (Tabla **634**).

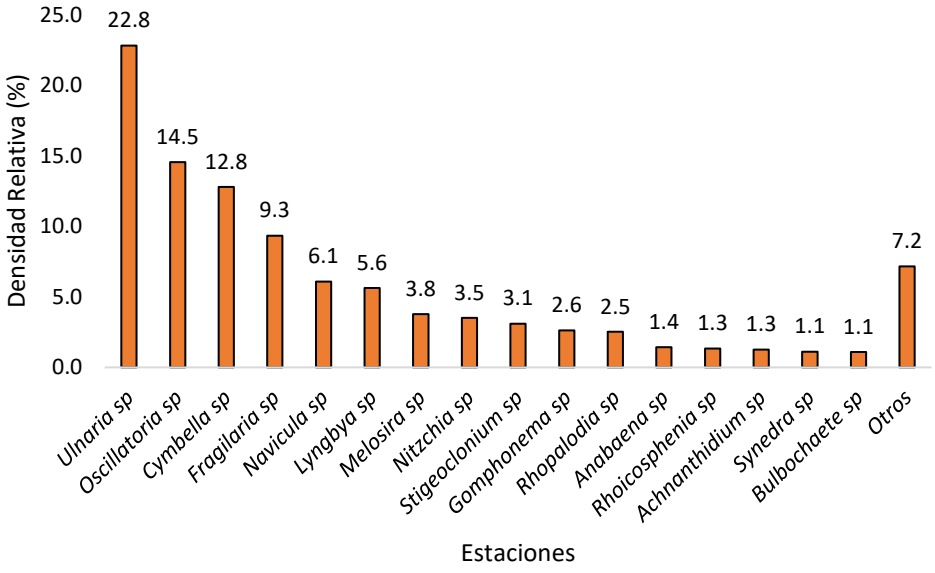
A nivel de clase, presentaron mayor abundancia Bacillariophyceae con 1000 individuos/mm2, seguida de la clase Cyanophyceae con 297 individuos/mm2 y Chlorophyceae con 59.8 individuos/mm2. Con relación a los órdenes Licmophorales, Cymbellales, Fragilariales, Naviculales y Bacillariales representaron aproximadamente el 57% de los organismos registrados

Tabla 634. *Composición de la comunidad perifítica registrada en la subzona hidrográfica del Río Patá*

Clase	Orden	Familia	Especie	Densidad Ind/mm2
Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	*Nitzchia sp*	48.2
	Cocconeidales	Cocconeidaceae	*Cocconeis sp*	13.1
	Cymbellales	Cymbellaceae	*Cymbella sp*	176.1
			Pinnularia sp	1.2
		Gomphonemataceae	*Encyonema sp*	12.1
			Gomphonema sp	36.0
		Rhoicospheniaceae	*Rhoicosphenia sp*	18.3
	Eunotiales	Eunotiaceae	*Eunotia sp*	9.8
	Fragilariales	Fragilariaceae	*Fragilaria sp*	128.5
			Synedra sp	15.4
	Licmophorales	Ulnariaceae	*Ulnaria sp*	314.0
	Mastogloiales	Achnanthaceae	*Achnanthidium sp*	17.2
	Naviculales	Amphipleuraceae	*Amphipleura sp*	4.3
			Frustulia sp	1.2
		Naviculaceae	*Caloneis sp*	11.8
			Gyrosigma sp	7.8
			Hippodonta sp	1.1
			Navicula sp	83.6
	Rhabdonematales	Tabellariaceae	*Meridion sp*	1.2
	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	*Rhopalodia sp*	34.7
	Surirellales	Surirellaceae	*Surirella sp*	11.6
Coscinodiscophyceae	Melosirales	Melosiraceae	*Melosira sp*	51.9
Mediophyceae	Stephanodiscales	Stephanodiscaceae	*Cyclotella sp*	2.1
Conjugatophyceae	Desmidiales	Desmidiaceae	*Cosmarium sp*	2.1
Zygnematophyceae	Zygnematales	Zygnemataceae	*Mougeotia sp*	10.6
Chlorophyceae	Chaetophorales	Chaetophoraceae	*Stigeoclonium sp*	42.6
	Oedogoniales	Oedogoniaceae	*Bulbochaete sp*	14.9
Trebouxiophyceae	Trebouxiophyceae ordo incertae sedis	Trebouxiophyceae incertae sedis	*Crucigenia sp*	2.3
Cyanophyceae	Nostocales	Nostocaceae	*Anabaena sp*	19.7
	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	*Lyngbya sp*	77.5
			Oscillatoria sp	200.3
Euglenophyceae	Euglenida	Euglenidae	*Trachelomonas sp*	2.1
Lobosa	Arcellinida	Centropyxidae	*Centropyxis sp*	4.3
				1377

De los 33 taxones registrados, los más abundantes fueron *Ulnaria sp, Oscillatoria sp, Cymbella sp* y *Fragilaria sp*. Estos representaron aproximadamente el 60% de los individuos registrados. Estos, pertenece a la clase Bacillariophyceae y común en ecosistemas lóticos como: ríos, riachuelos y pequeños arroyos, debido a que pueden generar estructuras mucilaginosas que les permiten adherirse a las rocas y troncos (Pinilla, 1998; Ramírez & Viña, 1998; Ramírez, 2000; Martínez & Donato, 2003). El segundo taxon más denso fue *Oscillatoria sp* a diferencia de los otros más abundantes este pertenece a la clase Cyanophyceae. Este taxon es considerado como oportunista debido a que aprovecha cambios físicos y químicos (especialmente nutrientes) en el ecosistema, que ocasionan que durante algunos meses se registren altas densidades, además de esto este taxon es característico de zonas con elevadas cargas de nutrientes (Ramírez 2000) (Figura 869).

Figura 869. *Densidad relativa de los géneros más abundantes colectados en la subzona hidrográfica del Río Patá.*



41.9.1.3. Distribución espacial

Se evaluaron tres estaciones de muestreo en esta subzona, de las cuales la mayor densidad fue registrada en H_Pata_01 con un 65.2%, seguida por la estación H_Pata_03 con 30.4% y H_Pata_02 con 0.2%. Esta ultima el menos diverso y afectado debido a los cambios en el cuerpo de agua producto de cambios en los ciclos hidrologicos y contaminacion del cuerpo de agua. (Figura 870).

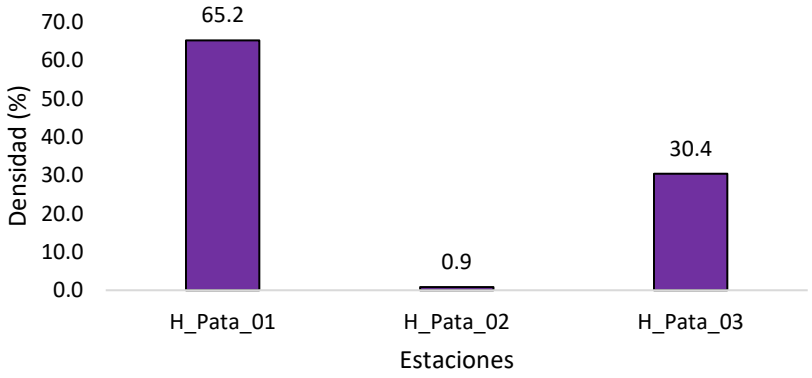


Figura 870. *Densidad relativa por estaciones de la subzona hidrográfica Río Patá.*

En cuanto a los taxones registrados solo Cymbella sp, Gomphonema sp, Navicula sp, Nitzchia sp y Ulnaria sp, se registraron en todas las estaciones de la subzona hidrográfica. Por otra parte, taxones como: Trachelomonas sp, Stigeoclonium sp, Pinnularia sp, Meridion sp, Mougeotia sp, Hippodonta sp, Frustulia sp, Crucigenia sp, Bulbochaete sp, Caloneis sp, Centropyxis sp y Amphipleura sp mostraron distribución restringida y solo fue posible colectarlos en un solo sitio y con densidades muy bajas, lo cual posiblemente se deba a que son selectivos y requieren de condiciones particulares para su desarrollo.

41.9.1.4. Diversidad

Para el muestreo M1 a partir de la extrapolación del número de especies teniendo en cuenta la riqueza especifica (0D) la estación H_Pata_01 registro el número de especies efectivas más alto, sin embargo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en la diversidad en las tres estaciones evaluadas.

Al tener en cuenta las especies raras y poco frecuentes (1D) y especies dominantes (2D), la estación H_Pata_03 fue significativamente más diversa. Estos cambios se dan principalmente debido a la naturaleza de algunos taxones los cuales son raros o poco frecuentes y otros más dominantes, por lo que en la estación H_Pata_03, la densidad se encuentra repartida de forma mas equitativa, lo que la convierte en un sitio más diverso.

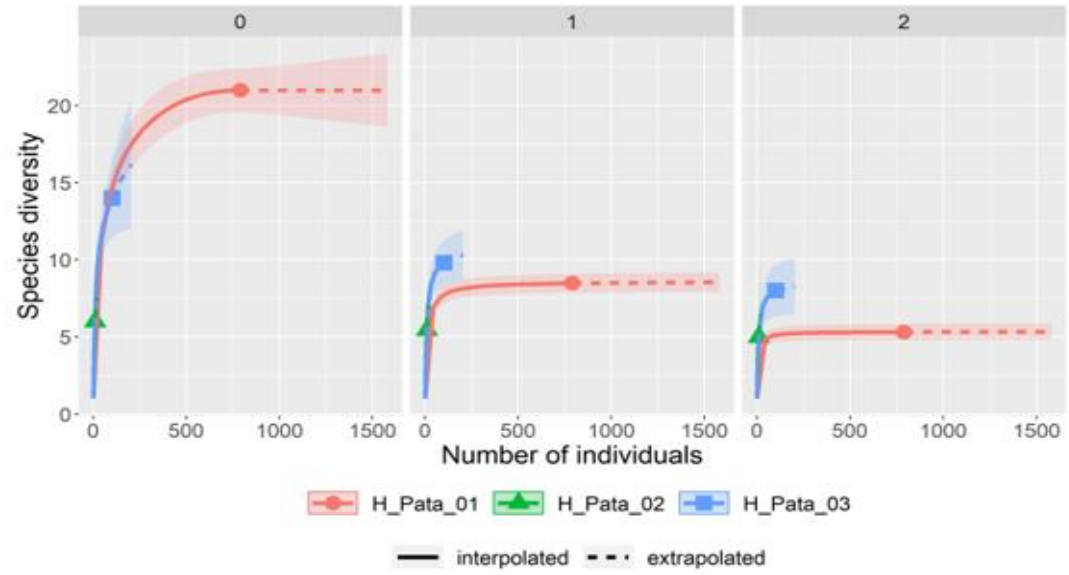
Para el segundo muestreo se observo un patrón similar en el cual se pudo establecer que la estación mas diversa teniendo en cuenta riqueza especifica (0D), especies raras y poco frecuentes (1D) y especies dominantes (2D) fue H_Pata_01. Durante ambos muestreos se observó que la estación H_Pata_02 fue significativamente menos diversa, esto se debe posiblemente a las condiciones del cuerpo de agua las cuales no son aptas para el desarrollo de la comunidad perifítica. (Figura 871).

41.9.1.5. Ensamblaje

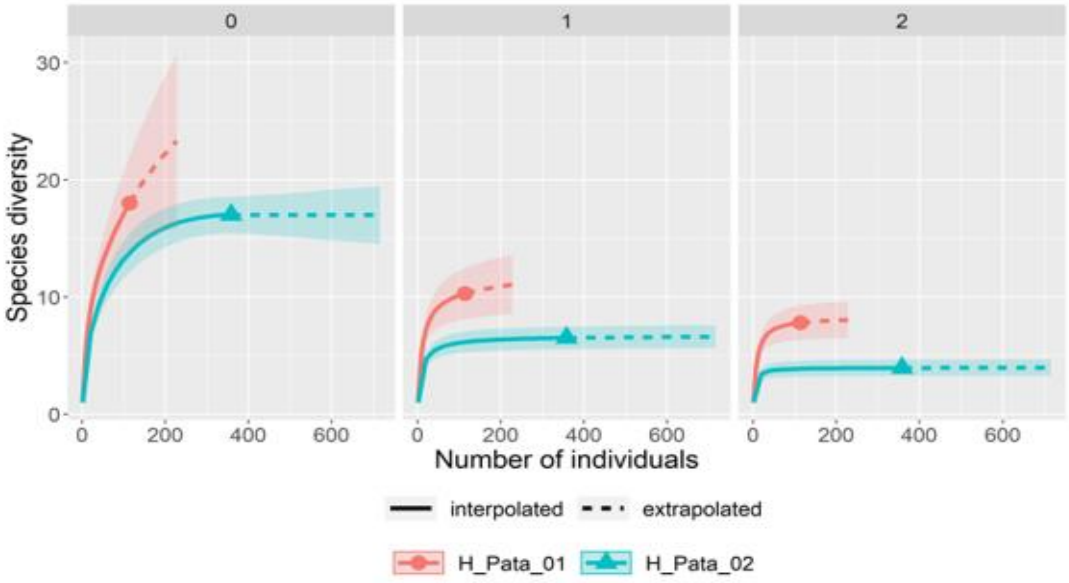
Los resultados del escalamiento no métrico multidimensional (EMNM), permitieron evidenciar que las estaciones H_PATA_01, H_PATA_02 Y H_PATA_03 presentan una composición y/o taxones característicos, debido a que todas se separaron en el diagrama de ordenación. La primera se caracterizó por la presencia de algas filamentosas *Stigeoclonium* sp, *Melosira* sp la segunda por taxones como *Encyonema* sp, *Navicula* sp y *Gomphonema* sp y la última, por taxones como *Trachelomonas* sp, *Oscillatoria* sp y *Synedra* sp (Figura 872).

Figura 871. *Diversidad Alfa en las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Patá. 0=Riqueza especifica, 1= Exponente de Shannon y 2= Inverso de Simpson*

M1

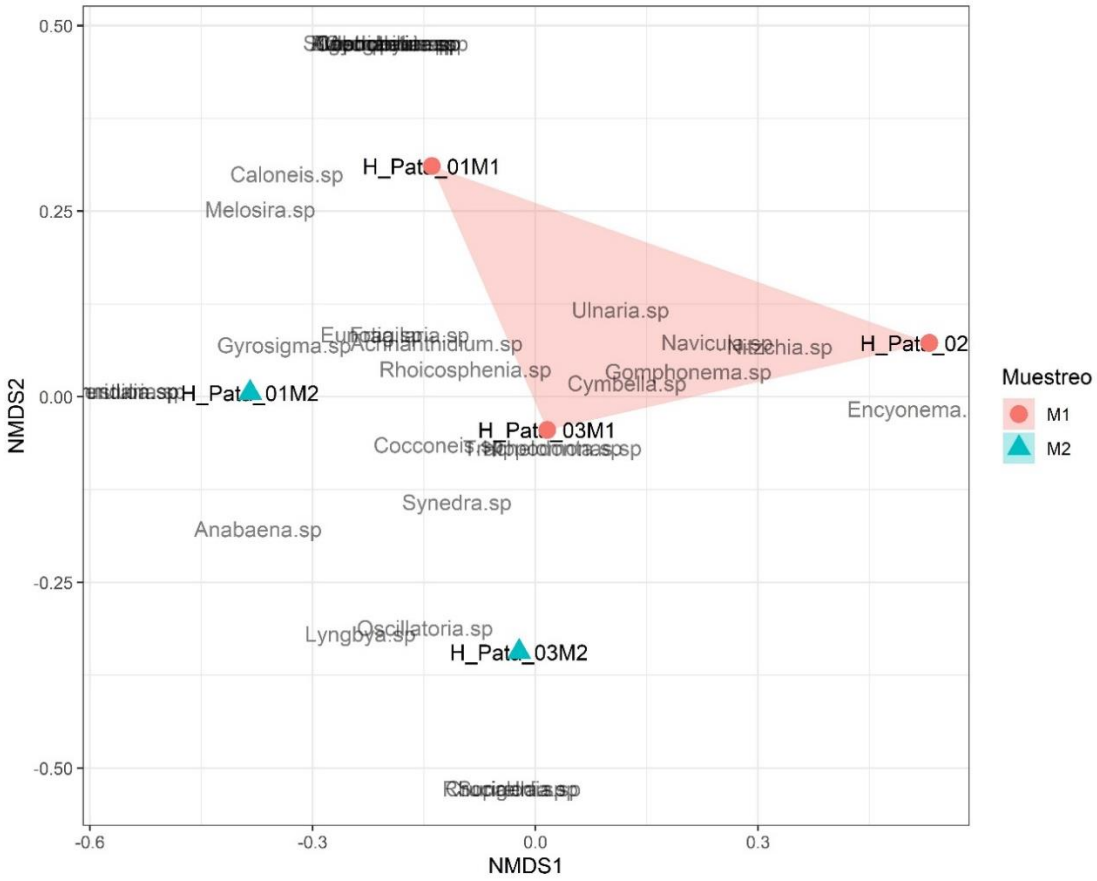


M2



Los resultados del análisis NMDS teniendo en cuenta la presencia de los géneros (Jaccard) en cada una de las estaciones, no muestra agrupamientos definidos para los dos periodos de muestreo (M1:Rojo y M2: Azul) (Stress = 0,2). Al realizar la prueba estadística ANOSIM entre los grupos analizados, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas (p= 0,5).

Figura 872. *Diagrama de ordenación NMDS para las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Patá*

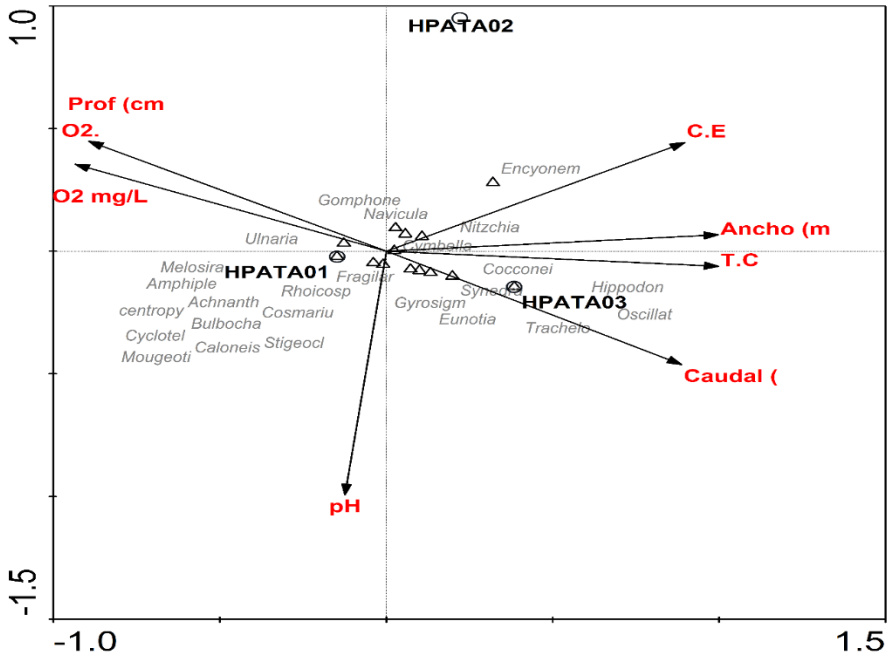


41.9.1.6. Relación con variables fisicoquímicas

Según los resultados del análisis de correspondencia canónica (ACC), ninguna de las variables evaluadas influyó de manera significativa en la distribución de los taxones de la comunidad perifítica (p >0,005). Sin embargo, vale la pena resaltar que, en el diagrama de ordenación, se observó una separación clara en las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Patá (Figura 873).

La estación H_Pata_01 se separó de las restantes, por valores elevados de pH y taxones como: *Stigeoclonium* sp, *Caloneis* sp, *Melosira* sp, *Fragilaria* sp y *Cosmarium* sp. La estación H_Pata_03, se caracterizó por valores elevados de temperatura y caudal, los taxones *Oscillatoria* sp, *Trachelomonas* sp y *Eunotia* sp se asociaron de manera positiva a estas variables.

Figura 873. *Análisis de Correspondencia Canónica para las variables fisicoquímicas y la abundancia de los taxones de la comunidad perifítica registradas en la subzona hidrográfica del*



Río Patá

41.9.1.7. Índice diatómico genérico (IDG)

Según los resultados del índice Diatómico Genérico (IDG) a nivel general, las estaciones evaluadas presentaron un nivel de contaminación muy alto a intermedio. Durante el muestreo M1 las estaciones H_Pata_03 y H_Pata_02 registraron niveles de contaminación muy altos, la estación H_Pata_01, valores de contaminación intermedia. Para la segunda época de muestreo, se registraron cambios en las estaciones H_Pata_03 y H_Pata_01, en la primera los niveles de contaminación se incrementaron a altos en la segunda disminuyeron de muy altos a altos (Tabla 635).

Tabla 635. Índice diatómico genérico de las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Patá.

Cuerpo de agua	IDGM1	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica	IDGM2	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica
H_Pata_01	3.4	Intermedio	Contaminación media		2.6	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Pata_02	1.9	Muy alta	Contaminación muy fuerte		1.9	Muy alta	Contaminación muy fuerte	
H_Pata_03	1.6	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.6	Alta	Desaparición de especies	

		sensibles, contaminación fuerte	

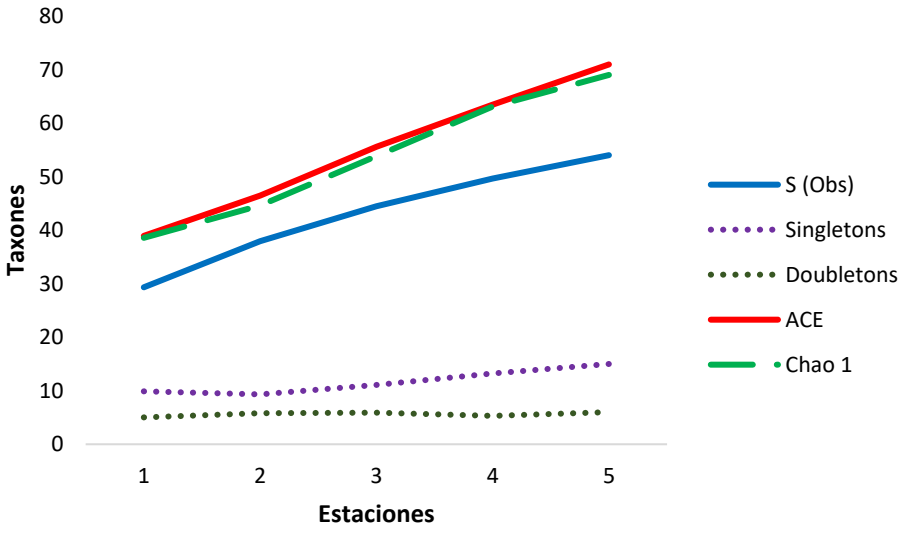
Esto se debe principalmente a que cada tributario y zona del cauce principal presenta condiciones y afectaciones particulares que pueden afectar la distribución de los organismos. En el presente estudio estos cambios se deben en mayor medida a las lluvias y al incremento de los caudales.

41.9.2. Macroinvertebrados acuáticos

41.9.2.1. Representatividad.

Con respecto a los estimadores de riqueza se registró un número total de 54 géneros observados (Sobs) en las 6 estaciones evaluadas (tres en la subzona durante dos temporadas) para un total de 24 muestras que corresponden al 76.1% del valor esperado con el estimador de riqueza ACE y el 78.3% para Chao 1. Se estima un potencial máximo de 70 géneros (**Figura 874**).

Figura 874. *Curva de acumulación de Macroinvertebrados acuáticos colectados en la subzona hidrográfica del río Patá.*



Fuente: Autores (2022)

Según los estimadores de riqueza se tuvo una representatividad alta durante los muestreos. Esto se debe probablemente a que el rio Patá es de caudal moderado, con alta variabilidad espacial estas características permiten la detección de organismos, este rio se encuentra bastante alejado de centros poblados principales, por lo cual

muestra un grado bastante alto de conservación, en general la agricultura es la actividad que más efecto tiene sobre la dinámica del ecosistema, adicional a ello, se registran actividades mineras en la parte media evaluada, lo que supone fuertes presiones para la dinámica poblacional (Rodríguez et al., 2008).

41.9.2.2. Composición

Se colectaron 1033 organismos distribuidos en tres filos, cuatro clases, doce órdenes, 35 familias y 54 géneros (**Tabla 636**).

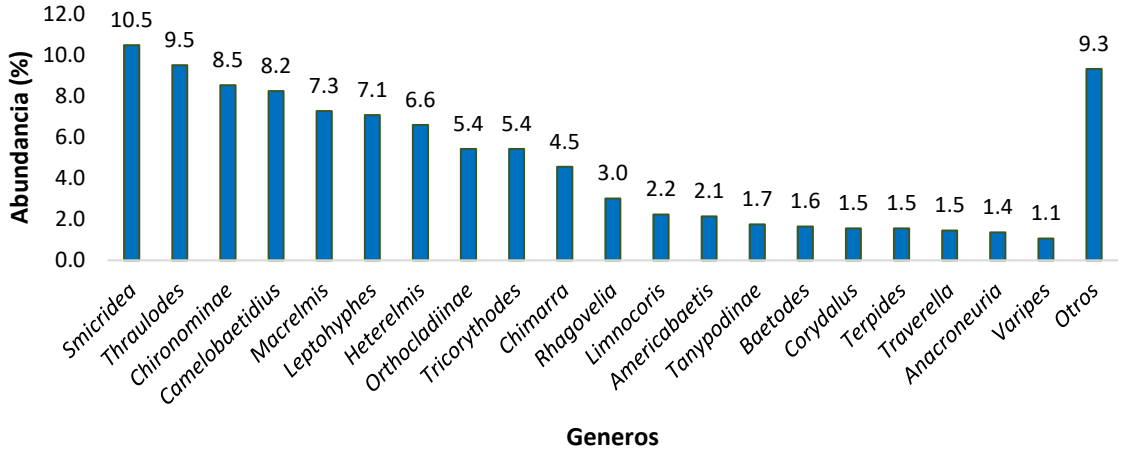
Tabla 636. *Composición de los macroinvertebrados acuáticos registrados en la subzona hidrográfica del río Patá.*

Filo	Clase	Orden	Familia	Genero	Abundancia
Annelida	Clitellata	Tubificida	Naididae	*Tubifex*	4
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	*Physa*	1
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Dryopidae	*Pelonomus*	1
			Elmidae	*Heterelmis*	68
				Huleechius	3
				Macrelmis	75
				Microcylloepus	1
				Phanocerus	8
				Xenelmis	1
			Hydrophilidae	*Crenitulus*	2
			Psephenidae	*Psephenops*	4
			Ptilodactylidae	*Anchytarsus*	2
		Diptera	Ceratopogonidae	*Alluaudomyia*	2
			Chironomidae	Chironominae	88
				Orthocladiinae	56
				Tanypodinae	18
			Simuliidae	*Simulium*	4
			Tabanidae	*Chrysops*	1
			Tipulidae	*Hexatoma*	7
				Molophilus	3
		Ephemeroptera	Baetidae	*Americabaetis*	22
				Baetodes	17
				Camelobaetidius	85
				Varipes	11
			Caenidae	*Caenis*	1
			Euthyplociidae	*Campylocia*	1
			Leptohyphidae	*Allenhyphes*	1
				Leptohyphes	73
				Tricorythodes	56
				Vacupernius	2
			Leptophlebiidae	*Terpides*	16
				Thraulodes	98
				Traverella	15
			Oligoneuriidae	*Lachlania*	1
		Hemiptera	Gerridae	*Platygerris*	1
				Trepobatoides	6
			Hebridae	*Hebrus*	1
			Naucoridae	*Limnocoris*	23
				Procryphocricos	1
			Veliidae	*Rhagovelia*	31
		Lepidoptera	Crambidae	*Petrophila*	7

Filo	Clase	Orden	Familia	Genero	Abundancia
		Megaloptera	Corydalidae	*Corydalus*	16
		Odonata	Coenagrionidae	*Argia*	7
		Plecoptera	Perlidae	*Anacroneuria*	14
		Trichoptera	Calamoceratidae	*Phylloicus*	1
			Glossosomatidae	*Culoptila*	2
			Hydrobiosidae	*Atopsyche*	1
			Hydropsychidae	*Leptonema*	9
				Smicridea	108
			Hydroptilidae	*Leucotrichia*	4
			Leptoceridae	*Grumichella*	1
			Philopotamidae	*Chimarra*	47
			Xiphocentronidae	*Xiphocentron*	2
	Malacostraca	Decapoda	Palaemonidae	*Macrobrachium*	3

A nivel de orden, los que tuvieron mayor abundancia fueron Ephemeroptera con 399 organismos (38.6%), Díptera con 179 organismos (17.3%) y Trichoptera con 175 organismos (16.9%). La composición y estructura encontrada para esta subzona sigue el patrón reportado para las cuencas del departamento del Tolima. Estos ordenes por lo general presentan el mayor número de géneros con un amplio espectro de adaptaciones morfológicas y estructurales que les permiten compensar las condiciones físicas del ecosistema (Ramírez y Castro, 2008). En cuanto a familias, las más abundantes fueron Chironomidae (15.7%), Elmidae (15.1%) y Baetidae (13.1%) mientras que Caenidae, Calamoceratidae, Dryopidae, Euthyplociidae, Hebridae, Hydrobiosidae, Leptoceridae, Oligoneuriidae, Physidae, Tabanidae (>0.1%).

Figura 875. *Abundancia relativa de los géneros más abundantes colectados en la subzona hidrográfica del río Patá.*



Fuente: Autores (2022).

A nivel de géneros, los más abundantes fueron *Smicridea* (10.5%), seguido de *Thraulodes* (9.5%) y Chironominae (8.5%). De los 54 géneros registrados 34 de ellos

registran un valor inferior al 1%, estos son *Leptonema, Phanocerus, Argia, Hexatoma, Petrophila, Trepobatoides, Leucotrichia, Psephenops, Simulium, Tubifex, Huleechius, Macrobrachium, Molophilus, Alluaudomyia, Anchytarsus, Crenitulus, Culoptila, Vacupernius, Xiphocentron, Allenhyphes, Atopsyche, Caenis, Campylocia, Chrysops, Grumichella, Hebrus, Lachlania, Microcylloepus, Pelonomus, Phylloicus, Physa, Platygerris, Procryphocricos* y *Xenelmis* (**Figura 875**).

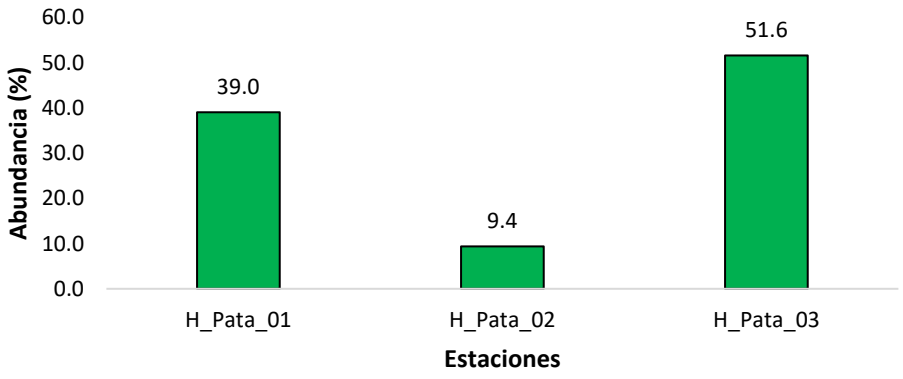
La subzona hidrográfica del rio Pará es un compartida con el departamento de Huila, este rio es de tamaño variable en todos sus tramos de difícil acceso, con caudal moderado, profundidad media y alta variabilidad espacial, bajo estas circunstancias la comunidad de macroinvertebrados prospera eficientemente, ya que presenta las condiciones adecuadas para su supervivencia, se observa un compendio de géneros bastante tolerante capaces de soportar la presión de agua y explotar los recursos disponibles (Murillo et al, 2018).

41.9.2.3. Distribución espacial

Se establecieron tres estaciones de muestreo en el cauce principal del rio Pará, se registró la mayor abundancia en el rio Pará (H_Pará_03) con 533 organismos (51.6%), seguido del rio Pará (H_Guarino_01) con 403 organismos (39%) y por último el rio Pará (H_Pata_02) con 97 organismos (**Figura 876**).

El rio Pará es un ecosistema de gran porte, con un fuerte moderado y una geografía accidentada, estas condiciones aportan ambientes idóneos para la colonización de macroinvertebrados, esta comunidad se localiza principalmente en zonas de rebalse donde el caudal es moderado y existe la posibilidad de que se anclen algunos recursos importantes como hojarasca.

Figura 876. *Abundancia relativa por estaciones de la subzona hidrográfica del río Pará.*



Fuente: Autores (2022).

En cuanto a los géneros registrados *Smicridea, Camelobaetidius, Heterelmis, Thraulodes, Tricorythodes, Chimarra, Leptohyphes, Macrelmis, Chironominae, Orthocladiinae* y *Baetodes*, se colectaron en todas las estaciones de la subzona hidrográfica del rio Patá, estos taxones son cosmopolitas y con amplia distribución, por lo tanto, es común detectarlos en los monitoreos (**Tabla 637**). Del material colectado los géneros *Atopsyche, Caenis, Chrysops, Grumichella, Lachlania, Physa, Platygerris, Procryphocricos, Culoptila, Hebrus, Huleechius, Microcylloepus, Pelonomus, Phylloicus, Tubifex, Xenelmis* y *Xiphocentron* indicaron una distribución restringida a una sola estación.

Tabla 637. *Distribución espacial de los macroinvertebrados acuáticos registrados en la subzona hidrográfica del río Patá.*

Genero	H_Pata_01	H_Pata_02	H_Pata_03
Allenhyphes	0	1	0
Alluaudomyia	0	0	2
Americabaetis	16	2	4
Anacroneuria	9	4	1
Anchytarsus	2	0	0
Argia	2	0	5
Atopsyche	0	0	1
Baetodes	2	2	13
Caenis	0	0	1
Camelobaetidius	10	5	70
Campylocia	1	0	0
Chimarra	8	1	38
Chironominae	64	1	23
Chrysops	0	0	1
Corydalus	8	2	6
Crenitulus	0	0	2
Culoptila	0	2	0
Grumichella	0	0	1
Hebrus	1	0	0
Heterelmis	12	3	53
Hexatoma	4	1	2
Huleechius	3	0	0
Lachlania	0	0	1
Leptohyphes	35	1	37
Leptonema	5	2	2
Leucotrichia	1	0	3
Limnocoris	19	4	0
Macrelmis	27	20	28
Macrobrachium	0	0	3
Microcylloepus	1	0	0
Molophilus	1	2	0
Orthocladiinae	29	4	23

Genero	H_Pata_01	H_Pata_02	H_Pata_03
Pelonomus	1	0	0
Petrophila	2	1	4
Phanocerus	0	0	8
Phylloicus	1	0	0
Physa	0	0	1
Platygerris	0	0	1
Procryphocricos	0	0	1
Psephenops	2	0	2
Rhagovelia	24	1	6
Simulium	1	0	3
Smicridea	24	2	82
Tanypodinae	9	1	8
Terpides	10	1	5
Thraulodes	35	19	44
Traverella	13	1	1
Trepobatoides	2	0	4
Tricorythodes	12	5	39
Tubifex	4	0	0
Vacupernius	0	0	2
Varipes	0	9	2
Xenelmis	1	0	0
Xiphocentron	2	0	0

41.9.2.4. Diversidad

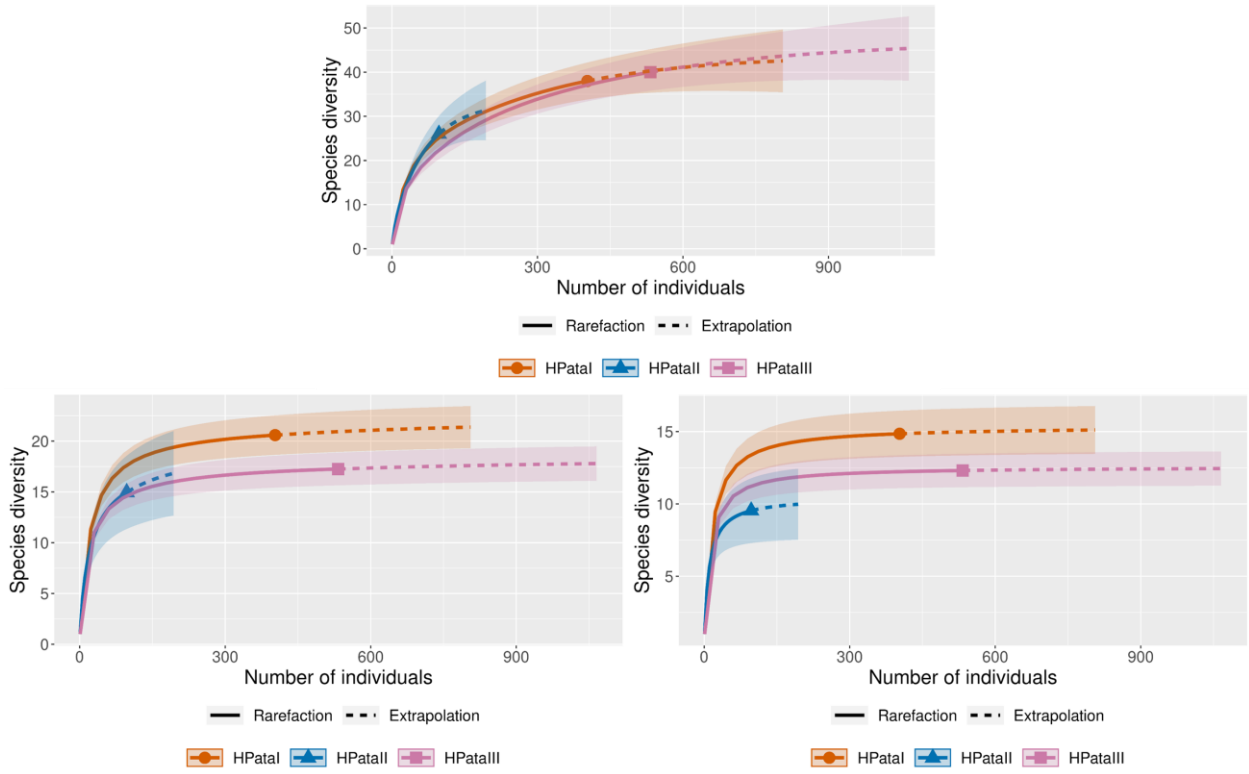
Según lo observado en la extrapolación de número de géneros en las estaciones de la subzona hidrográfica del rio Pará, se puede establecer que los valores de riqueza (0D) registrados oscilaron entre los 26 a 40 géneros, siendo las estaciones con mayor número de géneros el rio Pará (H_Pará_03) con 40 géneros (**Figura 877**).

Dentro de las tres estaciones no se observan cambios significativos en la riqueza registrada para esta subzona, esto se ratifica por la superposición de los intervalos de confianza, además según la curva de rarefacción aún es posible encontrar más taxones en este ecosistema. Los valores relacionados a los taxones típicos o comunes (1D), indican que los valores en las tres estaciones son bastante homogéneos, presentando casi el mismo número de organismos abundantes. De acuerdo con el número de taxones dominantes (2D), se observa un comportamiento uniforme en las tres estaciones, teniendo en cuenta la baja riqueza encontrada, los valores de taxones dominantes se son bajos también.

La diversidad en la subzona hidrográfica del rio Pará es alta, estos resultados pueden estar siendo influenciados por las características y geomorfología de la cuenca, sumado al aislamiento parcial de la intervención humana que se presenta a lo largo de la cuenca (Rodriguez y Castro, 2008).

Los tensores naturales y artificiales que presenta este rio pueden dificultar el desarrollo de los invertebrados que se encuentran representados por animales tolerantes y con gran capacidad para resistir la fuerza del caudal (Roldan y Ramirez, 2008).

Figura 877. *Diversidad Alfa en las estaciones de la subzona hidrográfica del río Patá.*



Fuente: Autores (2022).

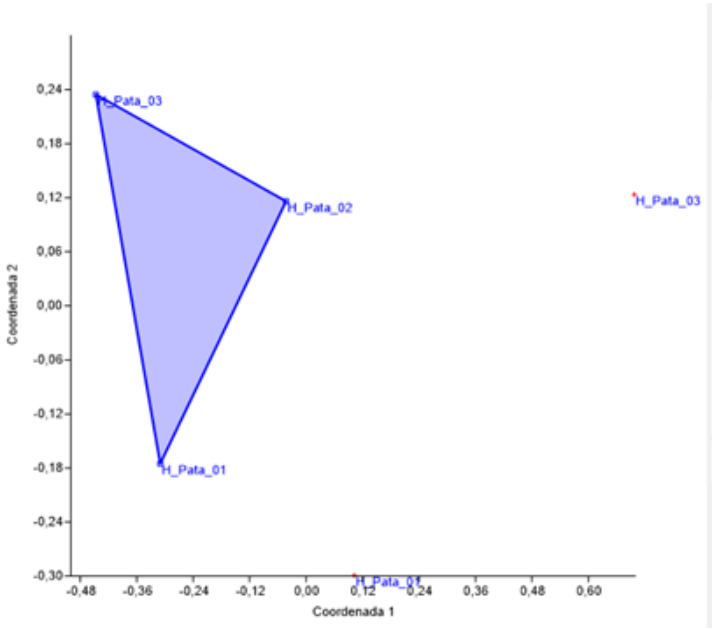
41.9.2.5. Ensamblaje

Los resultados del análisis NMDS teniendo en cuenta la presencia de los géneros (Jaccard) en cada una de las estaciones, muestra agrupamientos parcialmente definidos para los dos periodos de muestreo (M1:Azul y M2: Rojo) (Stress = 0,1) (**Figura 878**). Al realizar la prueba estadística ANOSIM entre los grupos analizados, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas (p= 0,09).

El diagrama NMDS indica una similaridad entre las estaciones de un 40%, en los polígonos se observa una independencia casi total siguiendo de acuerdo a las épocas de muestreo evaluadas, para el monitoreo se observa una gran separación entre las estaciones, lo cual indica poca similitud en cuanto a la presencia de géneros, similar a lo que pasa en el polígono rojo del muestreo dos que indica una menor similitud entre

estaciones, lo cual es lógico teniendo en cuenta la conectividad entre estaciones. Por otra parte, el factor lluvias en el segundo periodo de muestreo puede homogenizar la comunidad limitándola a organismos tolerantes y cosmopolitas.

Figura 878. *Diagrama de ordenación NMDS para las estaciones de la subzona hidrográfica del río Patá.*



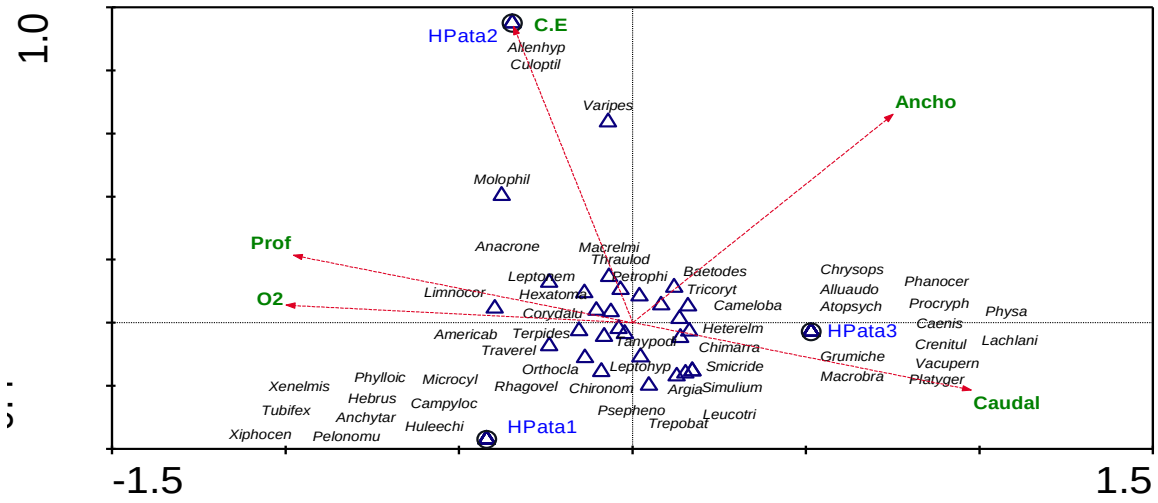
Fuente: Autores (2022).

41.9.2.6. Relación con variables fisicoquímicas

Según el ACC y la prueba de Monte Carlo, la oxigeno disuelto y la conductividad del agua presenta efectos condicionantes sobre la distribución de los organismos (**Figura 879**).

Este rio al ser de tamaño variable, son las variables físicas las que determinan y condicionan la distribución de los organismos por encima de las modificaciones químicas producto de actividades antropogénica y otras alteraciones asociadas. En general se pueden observar algunas asociaciones entre los taxones registrados y las estaciones con las variables fisicoquímicas. Los géneros se distribuyen aleatoriamente en el diagrama, lo que sugiere poca independencia entre cada una de las estaciones. Para el caso de H_Pata_02 está relacionado directamente con la conductividad eléctrica y H_Pata_03 con el caudal, en este último el rio es más grande y por ende el caudal es más fuerte, no obstante, presenta una alta variabilidad espacial que le permite mantener una amplia comunidad de macroinvertebrados.

Figura 879. *Análisis de Correspondencia Canónica para las variables fisicoquímicas y la abundancia de los taxones de macroinvertebrados acuáticos registrados en la subzona hidrográfica del rio Patá.*



Fuente: Autores (2022).

41.9.2.7. Índice de calidad Ambiental BMWP/Col

Se determinó la calidad de agua basado en la cantidad de familias y el puntaje BMWP/Col, las estaciones de la subzona hidrográfica del Patá exhibe un comportamiento homogéneo en cuanto al estado ecológico de sus aguas en los dos periodos de muestreo, apuntando hacia calidades de agua buena y altamente conservadas (**Tabla 638**).

Tabla 638. *Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica del rio Patá.*

Cuerpo de agua	BMWP/Col	Calidad	Clase	BMWP/Col	Clase	Calidad
Río Patá	141	Buena	I	141	Buena	I
Río Patá	93	Aceptable	II	*	*	*
Río Patá	155	Buena	I	113	Buena	I

Fuente: Autores (2022).

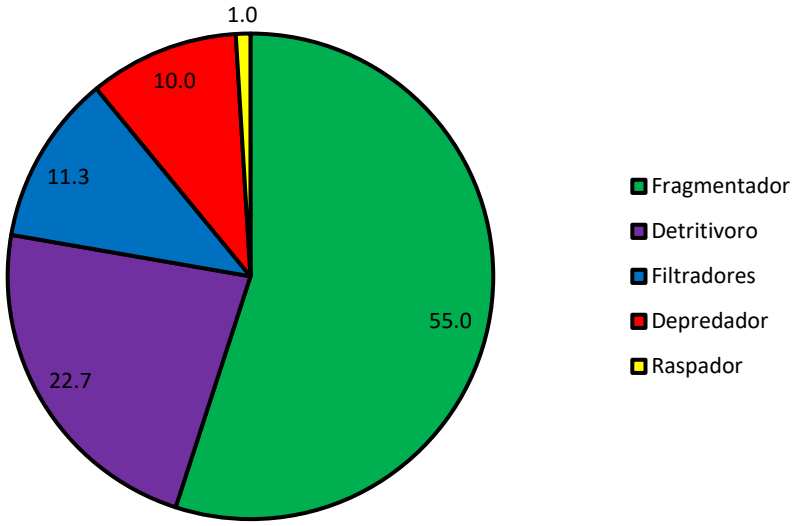
La calidad de agua registrada para las estaciones de esta subzona es buena y aceptable en los dos muestreos, una posible respuesta a esto radica en la variabilidad de sustratos que permiten el desarrollo de los organismos, esto sumado al bajo impacto de actividades humanas deriva en una alta calidad ecológica del agua por la

alta proporción de macroinvertebrados acuáticos hallados en las estaciones del rio (Roldan, 2003).

41.9.2.8. Gremios tróficos

Se identificaron seis gremios tróficos de los cuales el fragmentador fue el más abundante (55%), seguido de detritivoro (22.7%), filtrador (11.3%), depredador (10%) y por último raspador (1%) (**Figura *880***).

Figura 880. *Distribución de los gremios tróficos de macroinvertebrados acuáticos de la subzona hidrográfica del río Patá.*



Fuente: Autores (2022).

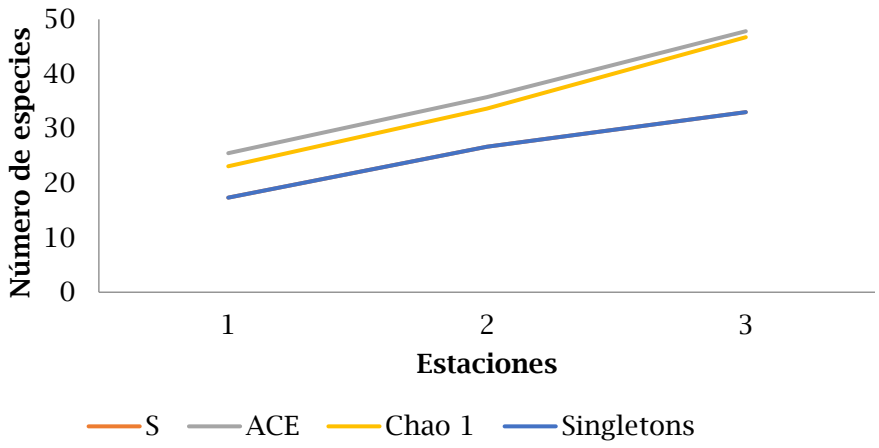
Se registra una gran abundancia de organismos detritívoros, fragmentadores y filtradores, esto se debe a que este rio, transporta grandes cantidades de material orgánico, entre ellos hojarasca y otros elementos provenientes de las actividades domésticas, estos compuestos son la base alimenticia de estos organismos. Por otro lado, la baja abundancia de los depredadores y raspadores se relaciona con la fuerza del caudal, por una parte, los depredadores deben buscar activamente su presa, razón por la cual quedan expuestos a la fuerza del agua que puede arrastrarlos fácilmente, y para el caso de los raspadores la fuerte corriente limita el crecimiento perifitica, el cual es su fuente de alimento (Sevilla y Villar, 2008).

41.9.3. Ictiofauna

41.9.3.1. Representatividad

Las curvas de acumulación de especies muestras un incremento sucesivo, sin alcanzar la asíntota, a lo largo del muestreo realizado en la subzona hidrográfica del río Patá. Por tanto, el porcentaje de especies capturadas (S) fue bajo. Según los estimadores de riqueza ACE y Chao 1, se evidencia que el número de especies observada (S = 33) corresponde al 70 % y 71 % de las especies esperadas, es decir, 47 y 46 especies, respectivamente. Esto puede explicarse porque los estimadores de riqueza son sensibles en comunidades donde hay muchas especies con baja frecuencia de captura, es decir abundancia. Es así como las especies de una muestra con menos de 10 individuos pueden considerarse como raras (Colwell & Elsensohn, 2014). Tal es el caso de siete especies que fueron colectadas una sola vez (singletons) (Apteronotus eschmeyeri, Astyanax magdalenae, Geophagus steindachneri, Hyphessobrycon natagaima, Lasiancistrus caucanus Parodon magdalenensis y Pimelodella floridablancaensis). Por lo tanto, Se recomiendo aumentar el esfuerzo de muestreo para estimar adecuadamente la diversidad biológica

Figura 881. *Curva de acumulación de especies ícticas en las estaciones de la subzona hidrográfica río Patá.*



Fuente: Autores (2022).

41.9.3.2. Composición

En la subzona hidrográfica del río Patá se colectaron 564 individuos, pertenecientes a 33 especies, distribuidas en cuatro órdenes y 11 familias. El orden Siluriformes con 15 especies registró la mayor riqueza, seguido de Characiformes con 14, Blenniiformes con cuatro y Gymnotiformes con una. Con relación a la abundancia por familia,

Cahracidae registró 33 individuos, seguida de Loricariidae con 1030 individuos, Heptapteridae con 28 y las demás familias con menos de 2% de abundancia relativa. (**Tabla *639***)

***Tabla 639**. Composición íctica registrada en la subzona hidrográfica del río Patá*

Orden	Familia	Genero	Especie	Abundancia
Blenniiformes	Cichlidae	*Andinoacara*	*Andinoacara latifrons*	2
		Geophagus	*Geophagus steindachneri*	1
	Poeciliidae	*Poecilia*	*Poecilia caucana*	1
			Poecilia reticulata	19
Characiformes	Characidae	*Argopleura*	*Argopleura magdalenensis*	171
		Astyanax	*Astyanax magdalenae*	1
			Astyanax sp.	40
		Creagrutus	*Creagrutus affinis*	26
			Creagrutus dulima	12
			Creagrutus magdalenae	31
		Gephyrocharax	*Gephyrocharax melanocheir*	1
		Hemibrycon	*Hemibrycon* sp. 1	7
			Hemibrycon sp. 2	4
		Hyphessobrycon	*Hyphessobrycon natagaima*	1
		Microgenys	*Microgenys minuta*	39
	Crenuchidae	*Characidium*	*Characidium* cf. *zebra*	1
	Erythrinidae	*Hoplias*	*Hoplias malabaricus*	1
	Parodontidae	*Parodon*	*Parodon magdalenensis*	2
Gymnotiformes	Apteronotidae	*Apteronotus*	*Apteronotus eschmeyeri*	1
Siluriformes	Astroblepidae	*Astroblepus*	*Astroblepus homodon*	7
	Heptapteridae	*Cetopsorhamdia*	*Cetopsorhamdia molinae*	23
			Cetopsorhamdia nasus	3
		Pimelodella	*Pimelodella floridablancaensis*	1
		Rhamdia	*Rhamdia guatemalensis*	1
	Loricariidae	*Chaetostoma*	*Chaetostoma brevilabiatum*	4
			Chaetostoma milesi	30
			Chaetostoma thomsoni	86
		Hypostomus	*Hypostomus* sp.	2
		Lasiancistrus	*Lasiancistrus caucanus*	1
		Sturisomatichthys	*Sturisomatichthys leightoni*	7
	Trichomycteridae	*Trichomycterus*	*Trichomycterus banneaui*	17
			Trichomycterus sp.1	15
			Trichomycterus tetuanensis	6

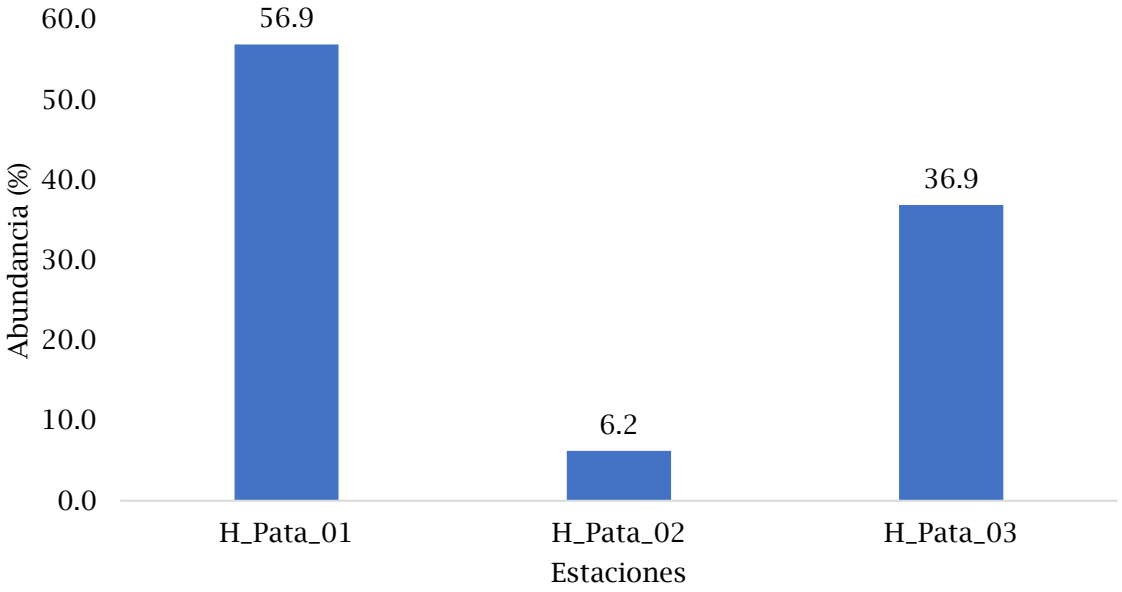
Fuente: Autores (2022).

Con respecto a la abundancia de las especies, *Argopleura magdalenensis* fue la más abundante con 99 individuos (AR= 30 %), seguida de *Chaetostoma thomsoni* con (AR= 15 %) y *Astyanax* sp. con (AR= 7 %). Las demás especies registran abundancias relativas inferiores al 6 % y, adicionalmente, se registraron siete especies con un solo individuo, entre las que se mencionan *Apteronotus eschmeyeri*, *Lasiancistrus cuacnaus* y *Parodon magdalenensis*.

41.9.3.3. Distribución espacial

Con respecto a la distribución de las abundancias entre las estaciones evaluados, es posible observar que H-pata-01 registró la mayor abundancia con AR= 56 %, seguido de H-Pata-03 con AR= 36 % y H-Pata-02 con AR= 6 % (**Figura 882**).

Figura 882. *Abundancia relativa por estaciones de la subzona hidrográfica del río Patá.*

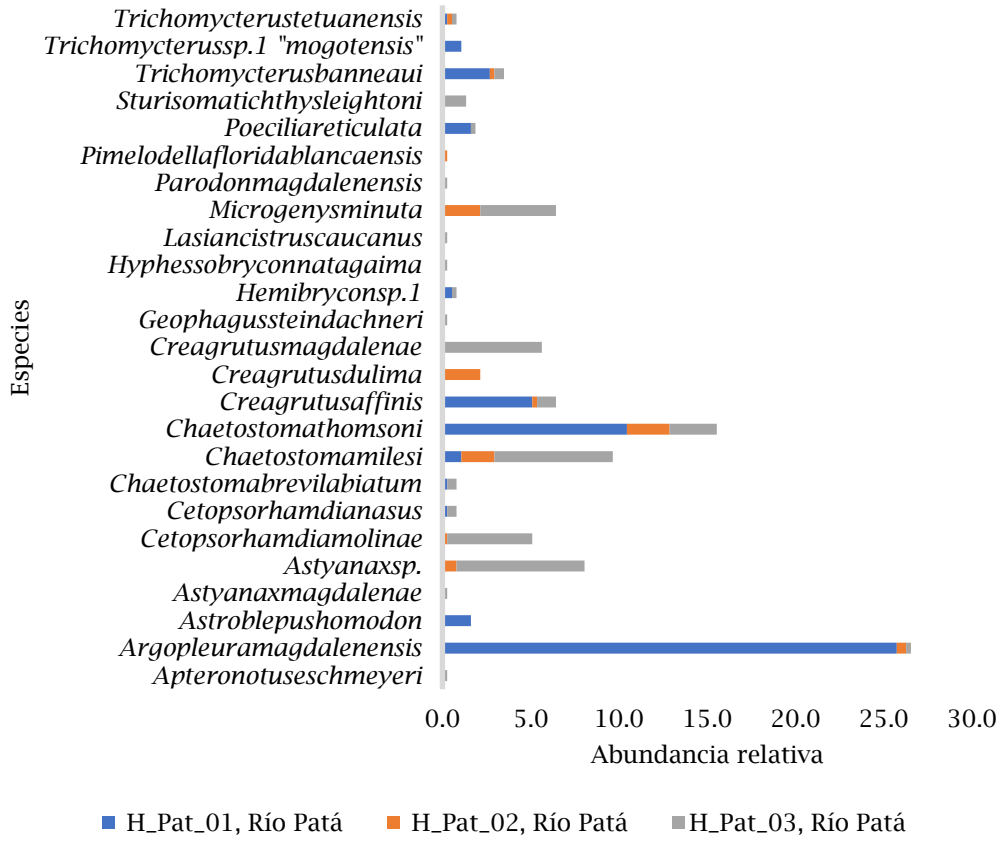


Fuente: Autores (2022).

Por otro lado, en cuanto a la distribución espacial de las especies, es posible observar tres especies dominantes, *Argopleura magdalenensis*, *Chaetostoma thomsoni* y *Astyanax* sp., representando el 52 % de la abundancia total. Sin embargo, *Astyanax* sp. Únicamente se registra en una de las tres estaciones sobre la subzona hidrográfica del río Patá. En cambio, las otras dos especies se registran en todas las estaciones. Y, 13 especies (*Apteronotus eschmeyeri, Astyanax magdalenae, Geophagus steindachneri, Hyphessobrycon Natagaima, Lasiancistrus caucanus Parodon magdalenensis* y *Pimelodella floridablancaensis*) son exclusivas de al menos una estación.

Lo anterior refleja una evidente variación en la tolerancia y establecimiento diferencial de las especies registradas a lo largo del río Patá. Para el caso de las especies exclusivas el mantenimiento de condiciones óptimas con clave para preservarlas. Por ejemplo, rápidos, remansos, cobertura vegetal riparia y heterogeneidad de sustratos son microhábitat y nichos de algunas de estas especies.

Figura 883. *Abundancia relativa por especies de la subzona hidrográfica del río Patá.*



Fuente: Autores (2022).

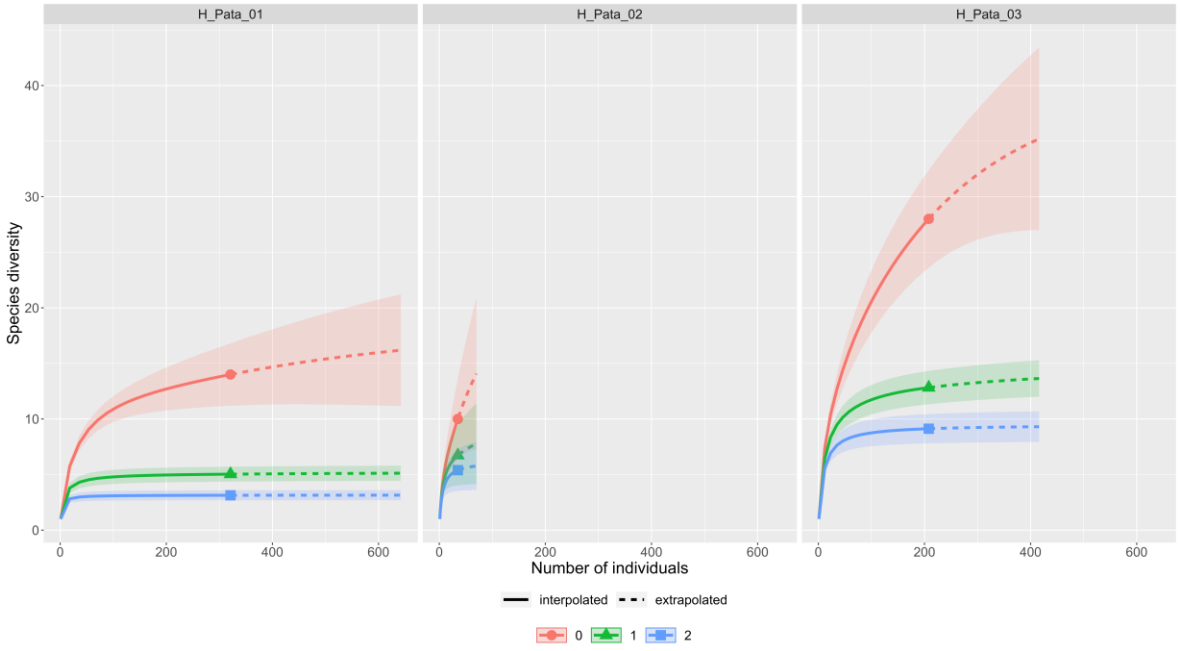
41.9.3.4. Diversidad

En cuanto a la diversidad de especies usando los números de Hill, se observó que la riqueza de especies (q=0) fue mayor en las estaciones ubicadas en las quebradas H-Pata-03 con valores de riqueza de 28 especies, seguido se encuentran las estaciones H-Pata-01 y H-Pata-02 con 14 y 10 especies, respectivamente. Con respecto al número de especies comunes (q=1) y número de especies dominantes (q=2), se observó que H-Pata-03 es la estación más diversa (Figura 884).

Por ejemplo, con la medida de diversidad de orden 1 se encontró que la estaciones con mayores valores de diversidad se encuentran en H-Pata-03, tienen una diversidad igual a la que tendría una comunidad teórica de 12,8 especies, donde todas ellas tuvieran la misma abundancia. Por su parte, la estación H-Pata-01 tiene una diversidad igual a la que tendría una comunidad de menos de 5,1 especies.

Al expresar estas equivalencias, se concluye que las estaciones H-Pata-03 del monitoreo son en promedio 2,5 veces más diversa en especies de peces que H-Pata-01. Lo anterior se soporta por medio de los intervalos de confianza y las curvas de rarefacción e interpolación, dado que no se observaron intervalos solapados entre las estaciones en estas relaciones, y por tanto se establecen diferencias significativas.

Figura 884. *Diversidad Alfa en las estaciones de la subzona hidrográfica del río Patá.*

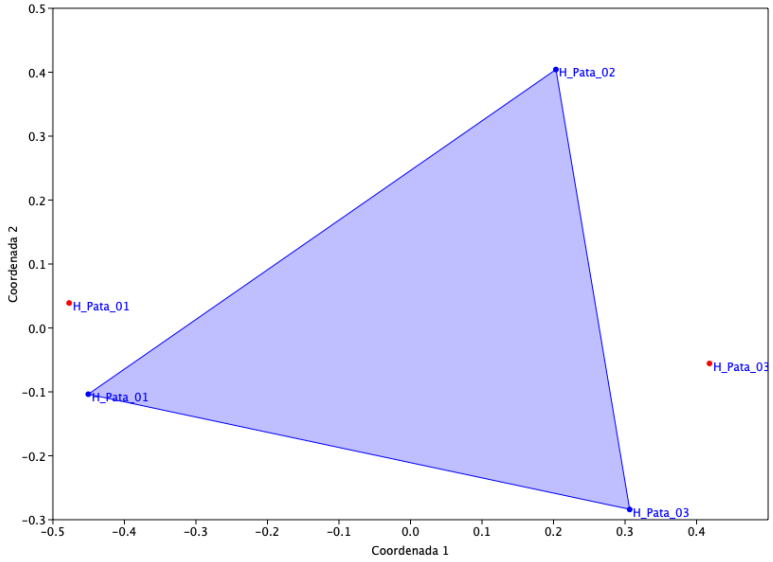


Fuente: Autores (2022).

41.9.3.5. Ensamblaje

De acuerdo con los resultados obtenidos por el NMDs (Non-metric multidimensional scaling) (stress = 0.04), permitieron observar que no existen diferencias en las abundancias de los ensamblajes de especies entre las estaciones evaluadas. Según el diagrama de ordenación, se observa que todas las estaciones comparten especies. Aunque en algunas estaciones como H-Pata-03 se caracteriza por la presencia de especies exclusiva (**Figura 885**).

Figura 885. *Diagrama de ordenación NMDS para las estaciones de la subzona hidrográfica del río Patá.*



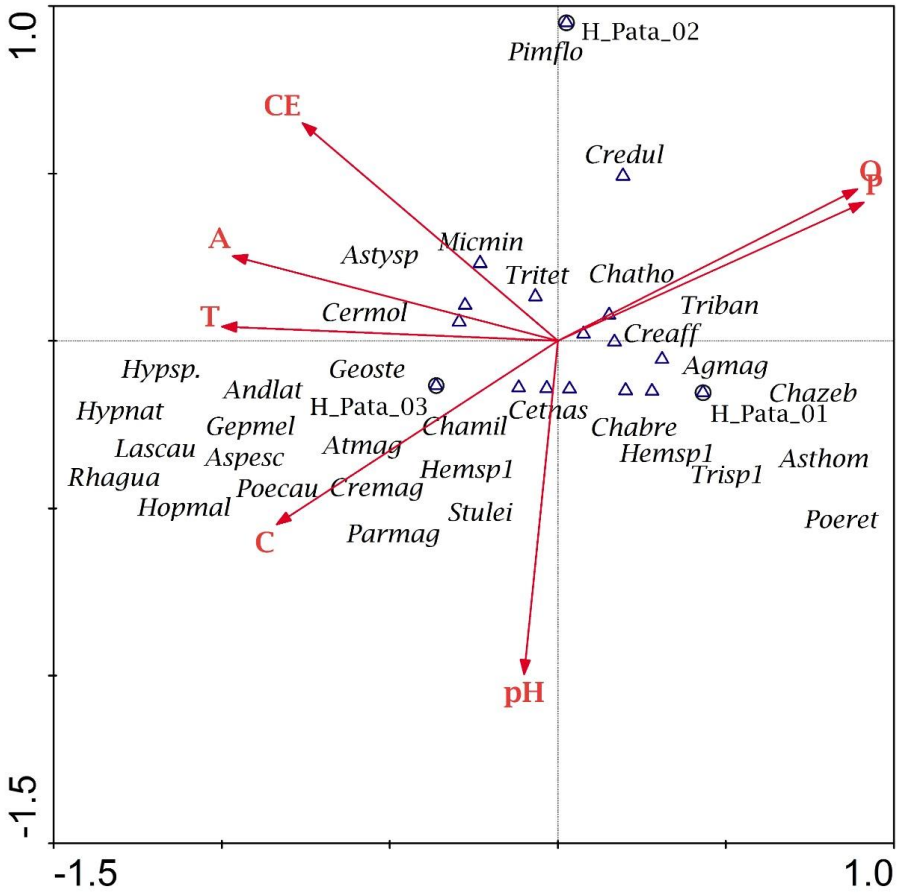
Fuente: Autores (2022).

41.9.3.6. Relación con variables fisicoquímicas

En el análisis de correspondencia canónica (ACC) los dos primeros ejes explicaron el 100 % de la variación total de los datos. En el eje x, la temperatura del agua (T) (p-valor<0.05) influyó de forma significativa en la composición y la estructura de la ictiofauna. Además de asoció negativamente a la estación H-Pata-01 y las especies, por ejemplo, Astroblepus homodon, Argopleura amagdalenensis yTrichomycterus sp.1. Es decir, son aguas más frías en relación a las demás estaciones, debido a que está relacionada con la cantidad de luz y la cobertura vegetal riparia que influyen directamente en la concentración de energía calórica que puede absorber el cuerpo de agua evaluado (Chang, 2009). Es decir, hubo poca entrada de luz (**Figura 886**).

Por otro lado, en el eje y, ph se asoció negativamente con las estaciones H-Pata-02 y las especies *Creagrutus dulima* y *Pimelodella floridablancaenesis*. Para el caso de las estaciones mencionadas loa valores de pH estuvieron cerca de 25, es decir, se encuentran por encima de los valores que generalmente reportan los ríos neotropicales, se considera que el cuerpo hídrico presenta una concentración óptima para la proliferación y desarrollo de la vida acuática (Reinoso et al., 2008). Lo cual podría indicar algún tipo de contaminación, por ejemplo, descarga de aguas residuales domésticas.

Figura 886. *Análisis de Correspondencia Canónica para las variables fisicoquímicas y la abundancia de peces registrados en la subzona hidrográfica del rio Patá. Temperatura (T), Ancho (A), Profundidad (P), Caudal (C), pH, Oxígeno disuelto (O), Conductividad eléctrica (CE).*



Fuente: Autores (2022).

41.9.3.7. Distribución de frecuencias de tallas

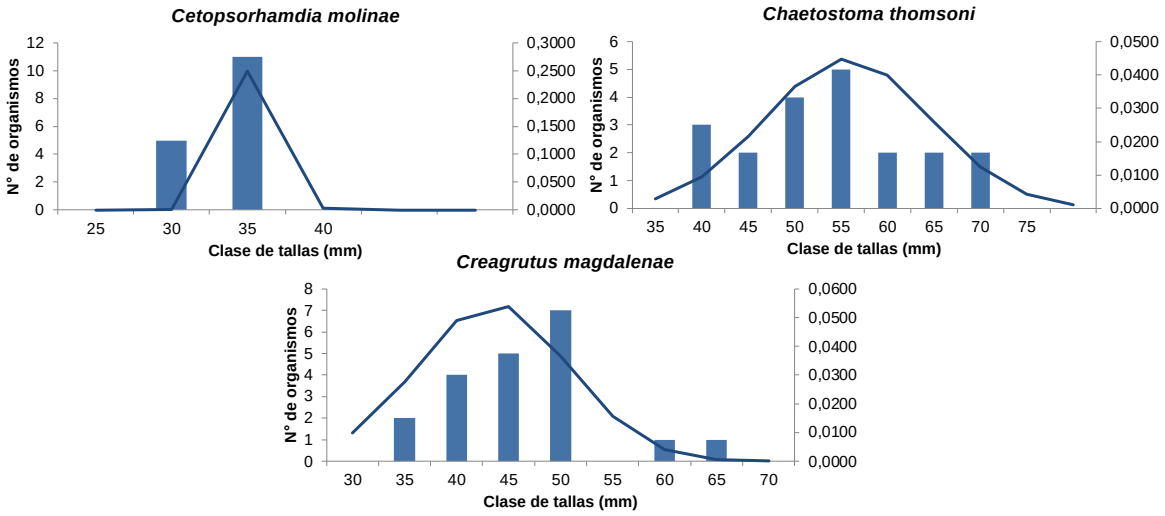
Se analizó un total de 56 individuos durante los monitoreos realizados en la subzona hidrográfica del rio Patá, con una distribución de tallas cada 5 mm de longitud estándar (LE). Para *C. molinae*, se obtuvo valores de longitud y peso promedio de 30,6 mm LE y 0,36 g, respectivamente. *C. thomsoni* registró valores promedios de longitud (50,7 mm) LE y peso (4,0 g). Y, *Creagrutus magdalenae* con valores promedios de longitud (43,4 mm) y peso (7,2 g).

En general, existen variaciones de clases de talla entre las especies estudiadas. Y se registraron juveniles y adultos. Para el caso de *C. molinae* la distribución de las tallas no se ajustó a una distribución normal y se agruparon en dos clases. Los individuos se distribuyen con mayor frecuencia en la talla 35 mm es decir, juveniles. En cuanto a *C.*

thomsoni, se registraron siete clases de talla, siendo los tamaños de 50 y 55 mm (juveniles) la mayor frecuencia. La distribución de las tallas se ajustó a una distribución normal. Finalmente, *Creagrutus magdalenae* se agrupó en seis clases, siendo las tallas 50 mm (juveniles) los más frecuentes. Esta información se corroboró examinando las gónadas de algunos individuos.

Lo anterior, aporta información valiosa para entender las dinámicas poblacionales que está relacionado con el mantenimiento de las especies. En este caso, las especies fueron juveniles en estados tempranos de desarrollo gonadal. Es posible que algunos atributos del hábitat tales como refugios, alimentos, competencia, depredación, entre otros permitan estos procesos. El buen estado de una población conta de juveniles y adultos. Esta dinámica se relaciona con el reclutamiento, que varía a lo largo del tiempo. Según, Doherty (2002) estas oscilaciones en los patrones de asentamiento y reclutamiento pueden tener un fuerte componente estocástico o cambios en ciertas conductas reproductivas relacionadas con ciclos anuales o estacionales (Ault y Johnson, 1998).

Figura 887. *Distribución de frecuencias de talla de las especies dominantes de la subzona hidrográfica del río Patá.*



Fuente: Autores (2022).

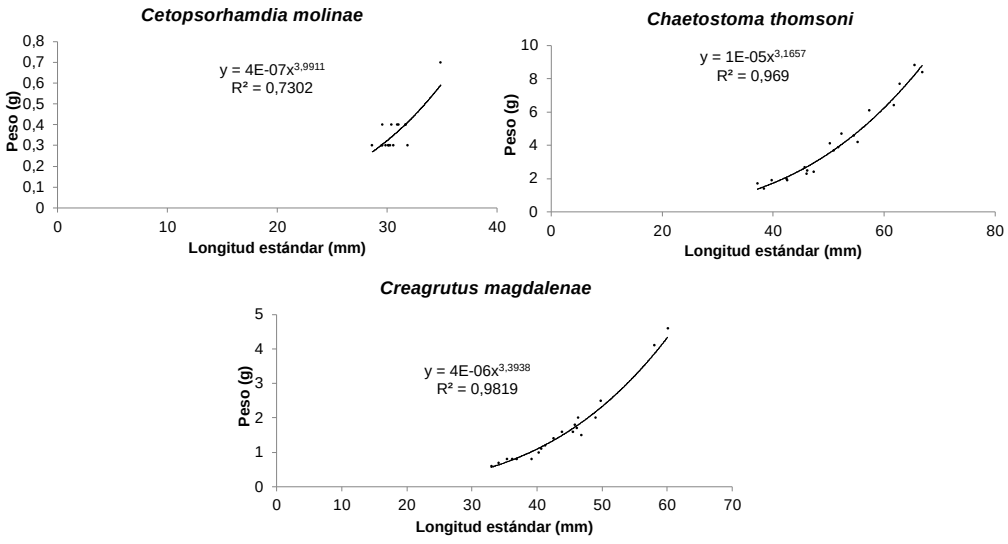
41.9.3.8. Relación longitud-peso

La relación longitud-peso y el factor de condición (K) son indicadores poblacionales o del bienestar de las especies, debido que proporcionan información sobre el estado nutricional, actividad reproductiva y crecimiento de las especies (Cifuentes et al., 2012). Su uso, permite realizar comparaciones entre poblaciones y así crear modelos

para predecir el comportamiento de poblaciones de interés (McCallum, 2000). Existen tres relaciones de crecimiento entre longitud y aumento de la masa de los peces. Primera, la relación que mantendría un balance entre la longitud y el peso del individuo, población y/o especie sería igual a 3. Segunda, alométrico negativo (b < 3) peces delgados, posiblemente por condiciones adversas en el medio, gasto energético en reproducción o individuos jóvenes cuya inversión energética se prioriza en longitud y posteriormente en masa corporal. Y tercera, alométrico positivo (b > 3) indicarían un estado robusto del pez, lo cual podría obedecer a oferta alimenticia abundante o almacenamiento de energía previo a la época de reproducción (Le Cren, 1951). A continuación, se detallan los resultados de la relación longitud – peso de tres especies.

En cuanto a la relación longitud y peso dado específicamente por los valores de coeficiente de crecimiento b permitiendo evaluar cualitativamente el grado de bienestar de las especies, reflejando las condiciones alimenticias recientes. Para las tres especies (*C. thomsoni*, *C. molinae* y *Creagrutus magdalenae*) los valores del coeficiente de crecimiento b > 3, en ambos casos se muestra que la especie presenta un crecimiento alométrico positivo, es decir presenta un estado robusto, lo cual podría obedecer a oferta alimenticia abundante o almacenamiento de energía previo a la época de reproducción (Le Cren, 1951) (**Figura 888**).

Figura 888. *Relación longitud – peso de las especies dominantes de la subzona hidrográfica del río Patá.*

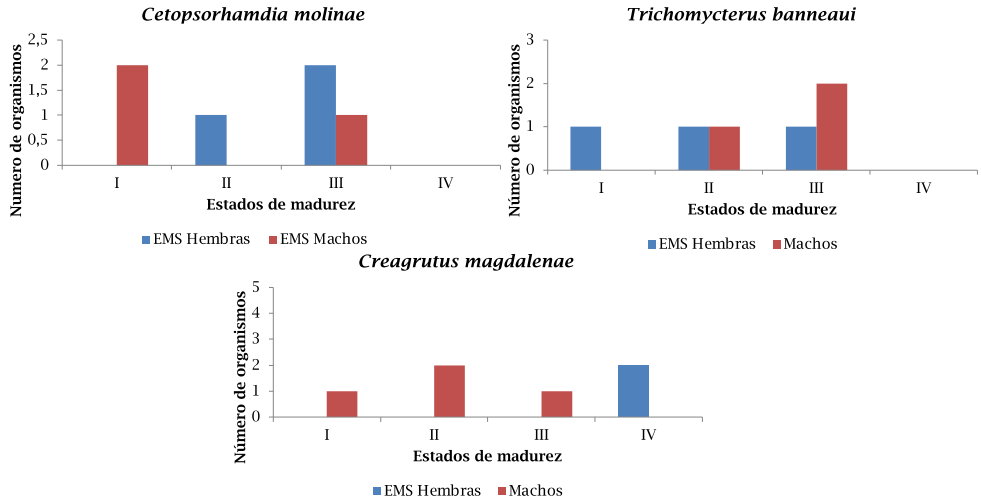


Fuente: Autores (2022).

41.9.3.9. Estados de madurez gonadal

Con relación al análisis reproductivo, fueron analizados 18 individuos. En términos generales, las especies analizadas fueron mayoritariamente machos y hembras maduras, es decir, en época reproductiva o ya habían desovado. Es decir, la mayoría de los individuos estuvieron en estado de madurez sexual EMS III y IV es decir. Para el caso de *Creagrutus magdalenae* dos individuos (hembras) habían desovado. Para las demás especies aproximadamente la mitad de los individuos analizados estaban en época reproductiva mientras la otra en desarrollo gonadal (**Figura 889**).

Figura 889. *Frecuencia relativa de los EMS para hembras y machos de las especies analizadas. I=inmaduro, II=madurando, III= maduro, IV en reposo de la SZH del río Patá.*



Fuente: Autores (2022).

41.9.3.10. Ecología trófica

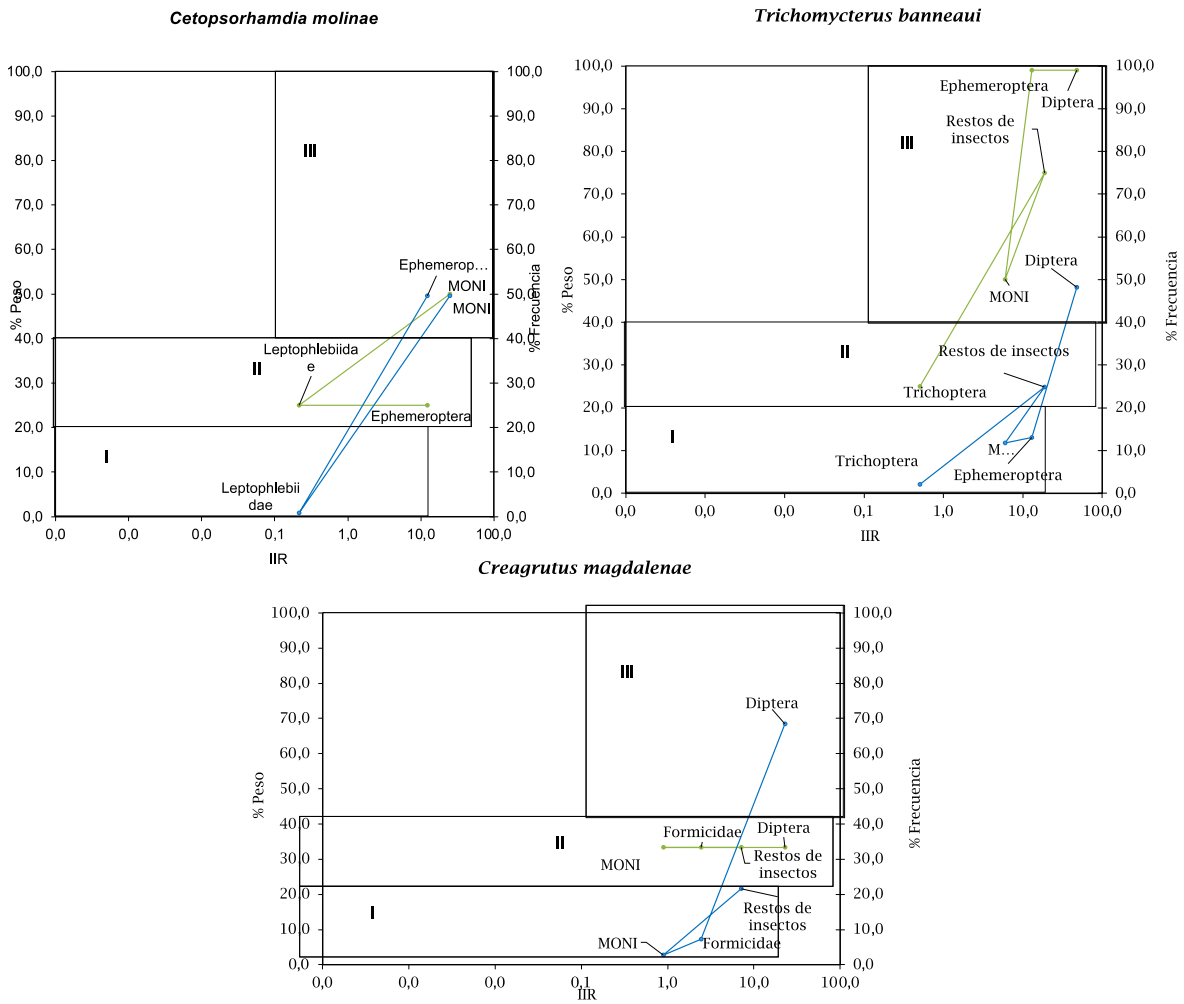
Se analizaron 18 estómagos. El coeficiente de repleción fue de 0,7. En total, cuatro ítems (Restos de insectos, Diptera, Ephemeroptera y MONI) fueron considerados preferenciales y los restantes en correspondientes a grupos ocasionales o circunstanciales según (Yañez- Aranciba 1985, Lopez-Delgado, 2013). Es así, que basados en esta información y los resultados de la clasificación de López-Delgado, 2013 podemos clasificar a las especies evaluadas como invertívora (*C. molinae)* e invertívora-insectívoras (*Creagrutus magdalenae* y *T. banneaui*).

El primer gremio trófico hace referencia a organismos que se alimentan preferencialmente de larvas de insectos acuáticos y el segundo, es un consumo de larvas de invertebrados acuáticos con cierta preferencia por organismo de la clase Insecta adultos (Lopez-Delgado, 2013) (**Figura 890**).

41.9.3.11. Especies de interés y categorías de amenaza

En términos generales, se observa que el 68 % de la ictiofauna de la subzona hidrográfica del río Patá son endémicas de Colombia. Asimismo, algunas especies son usadas para pesca, como es el caso de las sardinas (*Astyanax* sp.) y ornamentales (**Tabla 640**). Se registra una especie (*Poecilia reticulata*) introducida. Por otro lado, una especie se encuentra en categoría de amenaza, Casi amenazada (Libro Rojo de Peces Dulceacuícolas de Colombia) (Mojica et al. 2012), adicionalmente, 13 especies son categorizadas en preocupación menor según UICN.

Figura 890. *Espectro trófico de Cetopsorhamdia molinae Trichomycterus banneaui y Creagrutus magdalenae de la subzona hidrográfica del río Patá.*



Fuente: Autores (2022).

Tabla 640. *Especies de interés y categoría de amenaza de la subzona hidrográfica del río Patá.*

Especies	Endémica	Introducida	Migración	Usos	Categoría de amenaza		
					Libro Rojo de Peces de Colombia	UICN	
Apteronotus eschmeyeri	*					C	L
Argopleura magdalenensis	*					C	L
Astroblepus homodon	*					C	L
Astyanax magdalenae							
Astyanax sp.				Pesca			
Cetopsorhamdia molinae	*						
Cetopsorhamdia nasus	*					C	L
Chaetostoma brevilabiatum	*					C	L
Chaetostoma milesi	*			Pesca			
Chaetostoma thomsoni	*			Pesca | Ornamental		C	L
Creagrutus affinis						C	L
Creagrutus dulima	*						
Creagrutus magdalenae	*					C	L
Geophagus steindachneri				Ornamental			
Hemibrycon sp.1							
Hyphessobrycon natagaima	*						
Lasiancistrus caucanus						C	L
Microgenys minuta	*				Casi amenazada	C	L
Parodon magdalenensis	*					C	L
Pimelodella floridablancaensis	*						
Poecilia reticulata		*					
Sturisomatichthys leightoni	*			Ornamental		C	L
Trichomycterus banneaui	*					C	L
Trichomycterus sp.1 "mogotensis"							
Trichomycterus tetuanensis	*						

Fuente: Autores (2022).

Es así, que el presente monitoreo de caracterización íctica esencialmente dirigido al cauce principal a lo largo de un gradiente altitudinal y ambiental revela que por

ejemplo la estación H-PATA-03 son un importe hábitat para preservar y resguardar la diversidad de peces de la región pues altos valores de diversidad se registraron.

De esta manera, los resultados son los datos de diversidad íctica más actualizados en la subzona hidrográfica del río Patá. No existen estudios anteriores disponibles sobre la cuenca del río Patá. De las estaciones evaluadas, se registraron 25 especies, las cuales representan 22 % del Alto Magdalena (García- Alzate, et al., 2020) y por tanto claves, en términos de diversidad, establecimiento y resguardo de la ictiofauna. Además, es el primer registró de la ictiofauna de la cuenca del río Patá.

En cuanto a la composición taxonómica registrada para el área de estudio, los órdenes con mayor abundancia y riqueza son Siluriformes (AR= 40 %), con 12 especies registró la mayor riqueza, seguido de Characiformes (AR= 56 %) con ocho siendo un patrón, también encontrado en ensamblajes de peces en la cuenca del río Magdalena (Villa et al., 2003, Poveda-Cuellar, 2021).

Además, se registró una especie introducida (*Poecilia reticulata*) que se encuentra categorizada en el país como exótica según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2011); siendo originaria del Caribe, se ha expandido por varios países del continente americano, ha sido introducida con fines ornamentales y sanitarios "larvófagos" (Sánchez-Duarte et al., 2013), colonizando nuevos hábitats de acuerdo a sus características biológicas como la ovovivíparidad, cuidado parental, formación de cardúmenes, tolerancia a contaminación y temperaturas extremas; además de que sus hembras tienen la capacidad de almacenar esperma hasta por 10 meses, lo cual les permite de manera individual colonizar nuevos lugares de forma rápida y constituir poblaciones estables (Deacon & Magurran, 2016). Se ha comprobado que las especies del género *Poecilia* han sido la causa de la disminución de poblaciones en otras especies, teniendo efectos negativos, al competir por hábitat y recursos (Jiménez-Prado et al., 2020). Y, posiblemente al coexistir con *P. caucana* (nativa) podría competir por recursos.

Con relación a diversidad de peces asociado a quebradas es necesario hacer énfasis sobre la combinación de atributos físicos (i.e., velocidad del agua, profundidad, sustratos y vegetación riparia) en la selección de especies con adaptaciones locales. Por ejemplo, la cobertura vegetal riparia provee material alóctono, semillas e insectos, que son fuente potencial de alimento de especies de Characidos (p.e., *Creagrutus* spp.). Además, establecen nuevos microhábitats como hojarasca o troncos sumergidos para algunos grupos como Loricaridos (p.e., *Chaetostoma* spp.*).*

Esta última especie tiene una boca superior que permite tomar alimento que cae de la vegetación riparia sobre columna de agua. La baja cobertura de dosel en lagunos

arenas sobre los cuerpos de agua permitieron una mayor entrada de luz, lo que lleva a un incremento en diversidad y abundancia del perifíton (Burcham, 1988; Posada et al., 2000), el cual es el recurso alimenticio requerido al menos por *Chaetostoma* spp. (Zúñiga-Upegui, 2005) y *Lasiancistrus caucanus.* Así, el principal problema reconocido en estos sistemas lóticos es la degradación física del hábitat asociada a la homogenización de hábitats, sustratos, contaminación por plásticos y aguas domésticas.

Finalmente, encontramos que los peces del río Patá se encuentran mayoritariamente en rápidos y sustratos rocosos con perfíton como es el caso de *Chaetostoma spp*. Estas especies, Por tanto, fueron frecuentemente capturadas en rocas y se caracterizan por ciertos rasgos funcionales asociados al uso del hábitat tale preferencia a rápidos, posición en la columna de agua (bentos) y alimentación basada en el consumo de perifíton.

Adicionalmente, se refleja la necesidad de ampliar los inventarios ictiológicos hacia otros tipos de hábitats, preferentemente zonas sin muestreos previos, claves para la conservación debido que resguardan una diversidad única de peces. Así mismo, estudios bioecológicos en especies ornamentales, exclusivas o comunes son fundamentales para entender la dinámica de las poblaciones en el río.

42. Conclusiones

42.1. SZH Alto Saldaña

En general los datos obtenidos según el índice de bioindicación muestra datos desfavorables en muchas de las estaciones de la subzona Alto Saldaña, esto es consecuente con los tipos de alteraciones que se observaron durante las campañas de monitoreo, los factores que más afectan la comunidad son el pulso de inundación y las presiones de origen antrópico como extracción de arena y minería e ingreso de aguas servidas.

El monitoreo de caracterización esencialmente fue dirigido al cauce principal y tributarios a lo largo de un gradiente altitudinal y ambiental, revela que el río Mendarco y río Saldaña son un importe hábitat para el mantenimiento de la diversidad de peces de la región. De esta manera, los resultados son los datos de diversidad íctica más actualizados en la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña. No existen estudios anteriores disponibles sobre el Alto Saldaña. Considerando este estudio un importante aporte para el conocimiento base de la diversidad íctica asociada a esta parte de la cuenca del río Saldaña. De las estaciones evaluadas, se registraron 12 especies, la cuales representan 11 % del Alto Magdalena (García- Alzate, et al., 2020) y por tanto claves, en términos de diversidad, establecimiento y resguardo de la ictiofauna.

42.2. SZH del río Cambrín

Se establece que la calidad de agua en estos cuerpos de agua evaluados en el río Cambrín que componen la subzona en promedio es aceptables, lo que se traduce en que mantienen una salud apropiada para el mantenimiento de esta biota acuática, además se constata la presencia de sensibles y raras, de alta especificidad y bioindicadores de buena calidad de agua.

Particularmente la estación H-CAM-01 son un importe hábitat para la ictiofauna debido que se asocia una alta diversidad. Los peces del río Cambrim se encuentran mayoritariamente en rápidos y sustratos rocosos como es el caso de *Astroblepus* spp. Estas especies, Por tanto, fueron frecuentemente capturadas y según Poveda-Cuellar et al. (2021) son especies con rasgos funcionales únicos, debido a que algunos rasgos funcionales asociados al uso del hábitat tales como preferencia a rápidos, sustratos de roca y grava, hábitos nectobentónicos, disco oral en forma de ventosa para adherirse a sustratos sólidos, y pequeñas y pocas branquiespinas describen como estos peces usan el nicho espacial y ofrecen ventajas para sobrevivir en condiciones hostiles (p.e. baja temperatura del agua).

42.3. SZH del río Anamichú

En ambos muestreos se observa una calidad de agua aceptable en la mayoría de las estaciones, se observa una calidad de agua dudosa y critica en el primer muestreo que puede estar relacionado con el periodo de lluvia que se presento en la colecta, durante el cual el pulso de inundación juega un papel crucial sobre la distribución de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos. Las estaciones del río Blanco se ubican cerca del casco urbano de Rioblanco donde se evidencia el aporte de aguas con grandes cantidades de contaminantes, adicional a ello, aguas abajo se observa el aporte de gran cantidad de material sedimentario por parte de una quebrada al cauce del rio, el cual modifica completamente la coloración del rio y por ende algunas de la características físicas y químicas del cuerpo de agua esto conlleva a la homogenización y uniformidad de la comunidad de macroinvertebrados en estos puntos de monitoreo.

De las estaciones evaluadas, se registraron ocho especies de peces, las cuales representan el 100 % de las especies del río Anamichú (Garcia-Melo et al., 2008) y 8 % del Alto Magdalena (García- Alzate, et al., 2020) y por tanto claves, en mantenimiento de la diversidad íctica. En cuanto a la composición taxonómica registrada para el área de estudio, los órdenes con mayor abundancia y riqueza Siluriformes (AR= 49 %), con cinco especies registró la mayor riqueza, seguido de Characiformes (AR= 50 %) con tres siendo un patrón, también encontrado en ensamblajes de peces en la cuenca del río Magdalena (Villa et al., 2003, Poveda-Cuellar, 2021).

42.4. SZH del río Amoyá

En ambos muestreos se observa una calidad de agua muy variable en su mayoría es dudosa y aceptable, esto puede atribuirse a tres factores fundamentales, el primero y que presenta mayor efecto, es la fuerza del caudal, ya que este río al ser de un gran porte, la velocidad de corriente es fuerte y arrasa con los organismos en la mayoría de las zonas, por otro lado existen centros poblados aledaños que vierten sus aguas al cauce principal y tercer la presencia de la hidroeléctrica tiene repercusiones en el flujo de nutrientes y en el volumen de agua, además que limita la deriva de organismos en la zona alta (Roldan y Ramirez, 2008). Los datos obtenidos según el índice de bioindicación muestra que la calidad de agua está relacionada con las presiones naturales y antrópicas que son bastante disimiles en cada una de las estaciones, se establece que la calidad de agua en los ecosistemas que componen la subzona es aceptable, que no permiten el desarrollo de organismos bioindicadores.

De las estaciones evaluadas, se registraron 29 especies de peces, las cuales representan el 61 % de las especies del río Amoyá (Villa et al. 2005) y 25 % del Alto Magdalena (García- Alzate, et al., 2020) y por tanto claves, en términos de diversidad, establecimiento y resguardo de la ictiofauna. En cuanto a la composición taxonómica registrada para el área de estudio, los órdenes con mayor abundancia y riqueza Siluriformes (AR= 76 %), con 14 especies registró la mayor riqueza, seguido de Characiformes (AR= 21 %) con 11 siendo un patrón, también encontrado en ensamblajes de peces en la cuenca del río Magdalena (Villa et al., 2003, Poveda-Cuellar, 2021).

42.5. SZH del río Atá

En ambos muestreos se observa una calidad de agua en su mayoría aceptable, esto se puede relacionar a las condiciones geográficas que permiten cierta independencia de los asentamientos humanos. Las estaciones que presenta una calidad dudosa en sus aguas son la quebrada El Cóndor (H_Ata_05) y el rio Atá (H_Ata_06) los cuales están cercanos al centro poblado El Cóndor y reciben toda la carga contaminante de la población aledaña lo que limita fuertemente la colonización de cualquier forma de vida animal.

De las estaciones evaluadas, se registraron 19 especies de peces, las cuales representan un incremento de lo registrado en el río Atá (CZUT-IC) y 17 % del Alto Magdalena (García- Alzate, et al., 2020). En cuanto a la composición taxonómica registrada para el área de estudio, los órdenes con mayor abundancia y riqueza Siluriformes (AR=32 %), con 11 especies registró la mayor riqueza, seguido de Characiformes (AR=67 %) con ocho siendo un patrón, también encontrado en

ensamblajes de peces en la cuenca del río Magdalena (Villa et al., 2003, Poveda-Cuellar, 2021).

42.6. SZH Medio Saldaña

En ambos muestreos se observa una calidad de agua en su mayoría buena y aceptable, esto se puede relacionar a las condiciones estructurales de los ambientes de las quebradas tributarias. En el primer muestreo la mayoría de las estaciones tienen una calidad de agua optima, con leves trazas de contaminación, aun cuando está afectada por el poblado de Ataco.

De las estaciones evaluadas, se registraron 34 especies de peces, las cuales representan un incremento de las especies del río Medio Saldaña (Lozano et al., 2009) y 30 % del Alto Magdalena (García- Alzate, et al., 2020). En cuanto a la composición taxonómica registrada para el área de estudio, los órdenes con mayor abundancia y riqueza Characiformes (AR= 43 %), con 15 especies registró la mayor riqueza, seguido de Siluriformes (AR= 55 %) con 14 siendo un patrón, también encontrado en ensamblajes de peces en la cuenca del río Magdalena (Villa et al., 2003, Poveda-Cuellar, 2021).

42.7. SZH Bajo Saldaña

La calidad de agua registrada para las estaciones de esta subzona varió en los dos muestreos, esto puede darse en función de las características morfológicas, físicas y químicas de los ríos, de este modo al ser ríos de gran porte es difícil colectar los organismos, ya que los ambientes propicios para su desarrollo son limitados. La calidad de agua se reduce considerablemente para el segundo muestreo, en el cual se presentaron lluvias que reconfiguran las densidades poblaciones por efecto de la deriva en el pulso de inundación.

De las estaciones evaluadas, se registraron 32 especies de peces, las cuales representan el 28 % del Alto Magdalena (García- Alzate, et al., 2020) y por tanto claves, en términos de diversidad, establecimiento y resguardo de la ictiofauna. En cuanto a la composición taxonómica registrada para el área de estudio, los órdenes con mayor abundancia y riqueza Siluriformes (AR= 33 %), con 16 especies registró la mayor riqueza, seguido de Characiformes (AR= 56 %) con 14 siendo un patrón, también encontrado en ensamblajes de peces en la cuenca del río Magdalena (Villa et al., 2003, Poveda-Cuellar, 2021). Asimismo, se destaca la presencia de *Megaleporinus muyscorum* y considerada de importancia comercial y en categoría de vulnerable. Esta es considerada omnívora con tendencia a herbívora con dominancia se semillas e insectos. También es una especie migratoria (Lasso et al., 2011). Lo anterior, denota la

importancia de mantener hábitats adecuados para la alimentación y procesos migratorios para garantizar su permanencia en los ecosistemas.

42.8. SZH del río Chenche, Anchique y drenajes directos al Magdalena

Los datos obtenidos según el índice de bioindicación muestran que la calidad de agua está relacionada con el pulso de inundación, que genera cambios en la presencia de taxones. Aun cuando las presiones antrópicas son evidentes, en particular el embalse en el río Chenche, se establece que la calidad de agua en estos ríos que componen la subzona son aceptables, lo que se traduce en que mantienen una salud apropiada para el mantenimiento de esta biota acuática, además se constata la presencia de las familias Perlidae, Lymnessiidae, Psephenidae, Blephariceridae, Oligoneuriidae, Gomphidae, Lampyridae y Ptilodactylidae que son sensibles, de alta especificidad y bioindicadores de buena calidad de agua.

De las estaciones evaluadas, se registraron 41 especies de peces, cinco especies más que lo reportado en el río Anchique (Montoya-Ospina et al., 2017) y 36 % del Alto Magdalena (García- Alzate, et al., 2020). En cuanto a la composición taxonómica registrada para el área de estudio, los órdenes con mayor abundancia y riqueza Characiformes (AR= 63 %), con 21 especies registró la mayor riqueza, seguido de Siluriformes (AR= 26 %) con 14 siendo un patrón, también encontrado en ensamblajes de peces en la cuenca del río Magdalena (Villa et al., 2003, Poveda-Cuellar, 2021). Por otro lado, es importante resaltar que el muestreo abarco un bioma, Bosque seco Tropical, el cual es uno de los ecosistemas más amenazados, con menos del 4% de la cobertura original, y menos conocido de nuestro país y el mundo (Pizano & García, 2014). Si bien no fueron evaluados puntos dentro de bosques primarios, denota su importancia el levantamiento de información debido que sirve de insumo para conocer la diversidad biológica actual y ayudar a tomar decisiones para su ordenamiento y conservación.

42.9. SZH del río Patá

La calidad de agua registrada para las estaciones de esta subzona es buena y aceptable en los dos muestreos, una posible respuesta a esto radica en la variabilidad de sustratos que permiten el desarrollo de los organismos, esto sumado al bajo impacto de actividades humanas deriva en una alta calidad ecológica del agua por la alta proporción de macroinvertebrados acuáticos hallados en las estaciones del rio.

De las estaciones evaluadas, se registraron 25 especies de peces, las cuales representan 22 % del Alto Magdalena (García- Alzate, et al., 2020). En cuanto a la composición taxonómica registrada para el área de estudio, los órdenes con mayor

abundancia y riqueza son Siluriformes (AR= 40 %), con 12 especies registró la mayor riqueza, seguido de Characiformes (AR= 56 %) con ocho siendo un patrón, también encontrado en ensamblajes de peces en la cuenca del río Magdalena (Villa et al., 2003, Poveda-Cuellar, 2021).

Además, se registró una especie introducida (*Poecilia reticulata*) que se encuentra categorizada en el país como exótica según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2011); siendo originaria del Caribe, se ha expandido por varios países del continente americano, ha sido introducida con fines ornamentales y sanitarios "larvófagos" (Sánchez-Duarte et al., 2013), colonizando nuevos hábitats de acuerdo a sus características biológicas como la ovovivíparidad, cuidado parental, formación de cardúmenes, tolerancia a contaminación y temperaturas extremas; además de que sus hembras tienen la capacidad de almacenar esperma hasta por 10 meses, lo cual les permite de manera individual colonizar nuevos lugares de forma rápida y constituir poblaciones estables (Deacon & Magurran, 2016). Se ha comprobado que las especies del género *Poecilia* han sido la causa de la disminución de poblaciones en otras especies, teniendo efectos negativos, al competir por hábitat y recursos (Jiménez-Prado et al., 2020). Y, posiblemente al coexistir con *P. caucana* (nativa) podría competir por recursos.

43. Referencias

Álvarez, M., Gast, F., Umaña, A. M., Mendoza, H., & Schiele, R. (2006). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. (C. M. Villa, Ed.) (Segunda ed., p. 236). Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Alzate, C. G., DoNascimiento, C. L., Navarro, F. A. V., Melo, J. E. G., & Herrera, G. (2021). Diversidad de peces de la cuenca del río Magdalena, Colombia. In Peces de la cuenca del río Magdalena, Colombia: diversidad, conservación y uso sostenible (pp. 85-114).

APHA-AWWA-WPCF. (1992). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, 18th Ed. Academic Press, Washington D.C.

Arias-Diaz, D., Reinoso-Flórez, G., Guevara-Cardona, G., & Villa-Navarro, F. A. (2007). Distribución espacial y temporal de los coleópteros acuáticos en la cuenca del río Coello (Tolima, Colombia). Caldasia, 29(1), 177-194.

Ault, T. R., & Johnson, C. R. (1998). Spatially and temporally predictable fish communities on coral reefs. Ecological Monographs, 68(1), 25-50.

Bazán Carranza, D. (2020). Determinación de la calidad del agua de los humedales de eten utilizando macroinvertebrados odonata, coleóptera, díptera y hemíptera durante septiembre 2019–abril 2020.

Belhouari, B. Evaluation of the organic pollution impact on freshwater diatoms in the northern Algerian river “Allala”. Environmental and Water Sciences, public Health and Territorial Intelligence Journal, 1(2), 07-12.

Benedito-Cecilio, E., Araujo-lima, C. M., Forsberg, B. R., Bittencourt, M. M., & Martinelli, L. C. (2000). Carbon sources of Amazonian fisheries. Fisheries Management and Ecology, 7(4), 305-314.

Bicudo C. De M. & M. Menezes. (2006). Gêneros de algas de aguas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições. 2da Edição. RiMa (ed). São Carlos, Brasil.

Bowen, S. H. (1984). Detritivory in neotropical fish communities. In Evolutionary ecology of neotropical freshwater fishes (pp. 59-66). Springer, Dordrecht

Braak, C. J., Smilauer, P. (2002). CANOCO Reference manual and CanoDraw for Windows user’s guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Ithaca, Microcomputer Power, p. 500.

Braak, C. J., Ter, F., & Smilauer, P. (2009). Canoco. Wage¬ningen, The Netherlands: Biometris Plant Research International.

Briñez-Vásquez, G. (2004). Distribución altitudinal, diversidad y algunos aspectos ecológicos de la familia Astroblepidae (Peces: Siluriformes) en la cuenca del río Coello (Tolima). Trabajo de grado. Programa de Biología. Facultad de Ciencias Básicas. Universidad del Tolima. Ibagué.

Brower, J; Zar, J; Von, E. (1997). Field and laboratory methods for general ecology.WCB/McGraw-Hill.Boston, E.E.U.U. 273 p.

Buitrago-Suarez, U. A., Mojica, J. I., & Bonneau, L. K. (2015). Habitat perturbation and survival strategies of the Andean catfish Astroblepus mariae (Fowler, 1919). Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 39(150), 36-41

Bustamante, C. A., Davila, C. A., Torres, S. L. & Ortiz, J. F. (2008). Composición y abundancia de la comunidad de fitoperifiton en el río Quindío. Revista de Investigaciones Universidad del Quindío, 18, 15-21.

Bustamante, C. A., Torres, S. L. & Zapata, L. M. (2009). Composición y estructura numérica de la comunidad de microalgas perifíticas del río Quindío departamento del

Quindío, Colombia. Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas. 21: 45-62.

Callisto, M., Gonçalves, J.R. & Graça, M.A. (2007). Leaf litter as a possible food source for chironomids (Diptera) in Brazilian and Portuguese headwater streams. Revista brasileira de zoologia 24(2): 442–448.

Campos, T. D. (2017). Insetos bentônicos como indicadores da qualidade da água em áreas reabilitadas após mineração de carvão no sul de Santa Catarina.

Carvajal-Quintero, J. D., Escobar, F., Alvarado, F., Villa-Navarro, F. A., Jaramillo-Villa, Ú., & Maldonado-Ocampo, J. A. (2015). Variation in freshwater fish assemblages along a regional elevation gradient in the northern Andes, Colombia. Ecology and Evolution, 5(13), 2608-2620.

Castro, M. I., Donato, J. C., & Donato Rondon, J. C. (2008). Aspectos generales sobre la ecología de ríos. Ecología de un río de montaña de los andes colombianos (Río Tota, Boyacá), 15.

Colwell, R. K. (2013). EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9 and earlier. User´s Guide and application.

Colwell, R. K., & Elsensohn, J. E. (2014). EstimateS turns 20: statistical estimation of species richness and shared species from samples, with non-parametric extrapolation. Ecography, 37(6), 609-613.

Conde-Saldaña, C. C., Albornoz-Garzón, J. G., López-Delgado, E. O., & Villa-Navarro, F. A. (2017). Ecomorphological relationships of fish assemblages in a trans-Andean drainage, Upper Magdalena River Basin, Colombia. Neotropical Ichthyology, 15.

Córdova-Tapia, F., Hernández-Marroquín, V., & Zambrano, L. (2018). The role of environmental filtering in the functional structure of fish communities in tropical wetlands. Ecology of Freshwater Fish, 27(2), 522-532.

Coscaron, S., Sarandon, R., Coscaron-Arias, C. L., & Drago, E. (1996). Analisis de Factores Ambientales Que Influyen en la Distribucion de Los Simulidae (Diptera: Insecta) en El Cono Austral de America Del Sur.

De Crop, W., Pauwels, E., Van Hoorebeke, L., & Geerinckx, T. (2013). Functional morphology of the Andean climbing catfishes (Astroblepidae, Siluriformes): Alternative ways of respiration, adhesion, and locomotion using the mouth. Journal of Morphology, 274(10), 1164-1179.

Doherty, P. J. (2002). Variable replenishment and the dynamics of reef fish populations. Coral reef fishes: dynamics and diversity in a complex ecosystem. Academic Press, San Diego, CA, 327-355.

Domínguez, E. & Fernández, H. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistematica y biología. (1a ed.) Tucumán, Argentina. Fundación Miguel Lillo. ISBN 978-950-668-015-2.

DoNascimiento, C., Herrera-Collazos, E. E., Herrera-R, G. A., Ortega-Lara, A., Villa-Navarro, F. A., Oviedo, J. S. U., & Maldonado-Ocampo, J. A. (2017). Checklist of the freshwater fishes of Colombia: a Darwin Core alternative to the updating problem. ZooKeys, (708), 25.

Esteves, F. D. A. (2011). Fundamentos de limnologia (No. 504.45 FUN).

Esteves, K., & Lobón-Cerviá, J. (2001). Composition and trophic structure of a fish community of a clear water Atlantic rainforest stream in southeastern Brazil. Environmental Biology of fishes, 62(4), 429-440.

Flowers, R.W., De la Rosa, C. (2010). Capítulo 4. Ephemeroptera. Revista de Biología Tropical, 58(4) 63-93.

Forero-Céspedes, A. M., & Reinoso-Flórez, G. (2013). Estudio de la familia Baetidae (Ephemeroptera: Insecta) en una cuenca con influencia de la urbanización y agricultura: río Alvarado-Tolima. Revista de la Asociación. Colombiana de Ciencias Biológicas, 25, 12-21.

Forero-Céspedes, A. M., Gutiérrez, C., & Reinoso-Flórez, G. (2016). Composición y estructura de la familia Baetidae (Insecta: Ephemeroptera) en una cuenca andina colombiana. Hidrobiológica, 26(3), 459-474.

Forero-Céspedes, A. M., Reinoso-Flórez, G., & Gutiérrez, C. (2013). Evaluación de la calidad del agua del río opia (tolima-colombia) mediante macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos: water quality assessment of the Opia River (Tolima-Colombia), using macroinvertebrates and physicochemical parameters. Caldasia, 35(2), 371-387.

Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight–length relationships: history, meta-analysis and recommendations. Journal of applied ichthyology, 22(4), 241-253

García-Alzate, C., DoNascimiento, C., Villa-Navarro, F. A., García-Melo, J. E. & Herrera-R., G. (2020). Diversidad de peces de la cuenca del río Magdalena, Colombia. En:

Jiménez-Segura, L. & C. A. Lasso (Eds.). XIX. Peces de la cuenca del río Magdalena, Colombia: diversidad, conservación y uso sostenible. Pp: 85-113. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia. DOI: 10.21068/B2020RRHHXIX02

García-Melo, L. (2005). Distribución, Diversidad y Ecologia Básica de la familia Trichomycteridae (Ostariophysy: Siluriformes) en la cuenca del río Coello departamento del Tolima. Tesis de Pregrado. Programa de Biología., Facultad de Ciencias Básicas, Universidad del Tolima. Ibagué.

Garcia-Melo, Luis José y Lozano-Zarate, Yeimi Yaneth. Capítulo de peces. 357 pp. en: Reinoso-Florez, F., Villa-Navarro, F., Esquivel, H., Garcia-Melo, J. y Vejarano-Delgado, A. 2008. Biodiversidad Faunística Y Florística de la Cuenca del río Lagunillas - Biodiversidad Regional Fase IV. Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.

Garcia-Melo, Luis José y Lozano-Zarate, Yeimi Yaneth. Capítulo de peces. 99 pp. en: Reinoso-Florez, F., Garcia-Melo, J. y Vejarano-Delgado, A. 2008. Seguimiento hidrobiológico corrientes de agua cruzadas por vía de acceso al portal de entrada altunel - proyecto trasvase guarinó. Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.

Global Invasive Species Database. 2019. Species profile: Oncorhynchus mykiss. Downloaded from http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=103 on 03-05-2019.

González, E., Varona, M. P., & Cala, P. (1996). Datos biológicos del oscar, Astronotus ocellatus (Pisces: Cichlidae), en los alrededores de Leticia, Amazonia. Dahlia, 1, 51-62.

González, S. M., Ramírez, Y. P., Meza, A. M., & Dias, L. G. (2012). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del municipio de Manizales. Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural, 16(2), 135-148.

Gutiérrez, J. D., Riss, W., & Ospina, R. (2006). Bioindicación de la calidad del agua en la Sabana de Bogotá-Colombia, mediante la utilización de la lógica difusa neuroadaptativa como herramienta. Caldasia, 28(1), 45.

Hammer, Ø., Harper, D. A., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia electronica, 4(1), 9.

Hammer, Ø., Harper, D.A.T., & Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software pckage for education and data analysis. Education, 4(1), 1–9.

Hanson, P., Springer, M., &Ramirez, A. (2010). Capítulo 1: Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. Revista de Biología Tropical, 58, 3-37.

Hill, M. O. (1973). Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. Ecology, 54(2), 427-432.

Hilsenhoff, W. L. (2017). An improved biotic index of organic stream pollution. The Great Lakes Entomologist, 20(1), 7.

Jara Céspedes, C. F. (2017). Los determinantes ambientales y su efecto en la planificación del territorio.

Jaramillo-Villa, U., Maldonado-Ocampo, J. A., & Escobar, F. (2010). Altitudinal variation in fish assemblage diversity in streams of the central Andes of Colombia. Journal of fish biology, 76(10), 2401-2417

Jost, L. (2006). Entropy and diversity. Oikos, 113(2), 363-375.

Junk, W. J., Bayley, P. B., & Sparks, R. E. (1989). The flood pulse concept in river-floodplain systems. Canadian special publication of fisheries and aquatic sciences, 106(1), 110-127.

Le Cren, E. D. (1951). The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (Perca fluviatilis). The Journal of Animal Ecology, 201-219.

Longo, M., Zarnora, H., Guisande, C., & Ramírez, J. J. (2010). Dinámica de la comunidad de macroinvertebrados en la quebrada Potrerillos (Colombia) respuesta a los cambios estacionales de caudal. Limnetica, 29(2), 0195-210.

López-Delgado, E. (2013). Composición y estructura de la comunidad de peces y sus relaciones con la calidad de la vegetación riparia y algunas variables ambientales en dos ríos de Bosque Seco Tropical (Bs-T), Tolima(Colombia). Universidad de Tolima. Facultad de Ciencias. Maestría en Ciencias Biológicas. Ibagué, 167.

Lozano, Y. & Garcia-Melo, L. (2009). cuenca mayor del río recio biodiversidad regional fase v 104 pp. En: Reinoso- florez, g., villa-navarro, f.a., garcia-melo j.e y vejarano- delgado m.a. 2009 grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.

Machado, T. (Octubre de 1989). Distribución Ecológica e Identificación de los Coleópteros Acuáticos en Diferentes Pisos Altitudinales en el Departamento de Antioquia. Distribución Ecológica e Identificación de los Coleópteros Acuáticos en Diferentes Pisos Altitudinales en el Departamento de Antioquia. Medellín, Antioquia, Colombia: Universidad de Antioquia.

Maldonado-Ocampo, J. A., Ortega-Lara, A., Usma, J. S., Galvis, G., Villa-Navarro, F. A., Vásquez, L., ... & Ardila, C. (2005). Peces de los Andes de Colombia. Bogotá: Instituto HUMBOLDT Colombia.

Martínez, F. & Donato, J. (2003). Efectos del caudal sobre la colonización de algas en un río de alta montaña tropical (Boyacá, Colombia). Caldasia. 25(2), 337-354.

Mason, N. W., Lanoiselée, C., Mouillot, D., Wilson, J. B., & Argillier, C. (2008). Does niche overlap control relative abundance in French lacustrine fish communities? A new method incorporating functional traits. Journal of Animal Ecology, 661-669.

Medianero, E., & Samaniego, M. (2004). Comunidad de insectos acuáticos asociados a condiciones de contaminación en el río Curundú, Panamá. Folia Entomológica Mexicana, 279-294.

Merritt, R. W., & Cummins, K. W. (1996). An introduction to the aquatic insects of North America. Kendall Hunt.

Merritt, R., Cummins, K., & Berg, M. (2008). An introduction to the Aquatic Insects of North América.Kendall: Kendall/Hunt Publishing Company.

Mojica, J. I. E., Usma Oviedo, J. U. E., Alvarez León, R. E., & Lasso, C. A. (2012). Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia (2012) (No. Doc. 26063) CO-BAC, Bogotá).

MOJICA, J. I. Y GALVIS, G. Métodos para el estudio de los peces continentales. En: Manual de métodos en limnología. Bogotá: Asociación Colombiana de Limnología ACL-Limnos, 2002. p. 62.

Molina, C. I., Gibon, F. M., Pinto, J., & Rosales, C. (2008). Estructura de macroinvertebrados acuáticos en un río altoandino de la Cordillera Real, Bolivia: variación anual y longitudinal en relación a factores ambientales. Ecología aplicada, 7(1-2).

Moreno, C. E., Barragán, F., Pineda, E., & Pavón, N. P. (2011). Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. Revista mexicana de biodiversidad, 82(4), 1249-1261.

Mouillot, D., Dumay, O., & Tomasini, J. A. (2007). Limiting similarity, niche filtering and functional diversity in coastal lagoon fish communities. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 71(3-4), 443-456.

Mueller, R. J., & Pyron, M. (2010). Fish assemblages and substrates in the middle Wabash River, USA. Copeia, 2010(1), 47-53.

Murillo-Montoya, S. A., Mendoza-Mora, A., Restrepo-Bastidas, E. S., & Rodríguez, M. Á. (2018). Utilización de macroinvertebrados acuáticos como herramienta para determinar la calidad del agua en la quebrada Santo Tomás, municipio de Pensilvania, Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 42(164), 212-220.

Neiff, J. J. (1999). El régimen de pulsos en ríos y grandes humedales de Sudamérica. Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica, 229.

Nico, L. G., & Martin, R. T. (2001). The South American suckermouth armored catfish, Pterygoplichthys anisitsi (Pisces: Loricaridae), in Texas, with comments on foreign fish introductions in the American Southwest. The Southwestern Naturalist, 46(1), 98-104.

Novelo, E. (2012). Flora del valle de Tehuacán-Cuicatlán. Bacillariophyta. Fascículo, 102.

Pérez, G. R. (2020). La limnología en Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 44(171), 301-303.

Pérez, J. H., Martínez-Romero, L. C., Castellanos-Guerrero, L. T., Mora-Parada, A. R., & Rocha-Gil, Z. E. (2020). Macroinvertebrados bioindicadores de calidad de agua en sistemas hídricos artificiales del Departamento de Boyacá, Colombia. Producción+ Limpia, 15(1), 35-48.

Pérez, R. M., Pineda, R. F., & Campos, V. (2004). Estructura trófica de las asociaciones de macroinvertebrados acuáticos de manantiales cársticos en la Huasteca Mexicana. Biológicas, 6, 37-47.

Pillot, H. K. M. (2014). Chironomidae Larvae, Vol. 3: Orthocladiinae: Biology and Ecology of the Aquatic Orthocladiinae (Vol. 3). Hotei Publishing

Pinilla, A. G. (1998). Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos de Colombia. Compilación Bibliográfica. Centro de Investigaciones Científicas. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Colombia.

Posada, J. & G. Roldán. (2003). Clave ilustrada y diversidad de las larvas de Trichoptera en el Nor-Occidente de Colombia. Caldasia 25: 169-192.

Poveda-Cuellar, J. L., López Delgado, E. O., & Villa Navarro, F. A. (2018). Efecto de la cobertura vegetal de ribera en las comunidades ícticas en el bosque húmedo premontano y muy húmedo premontano del Alto Magdalena, Colombia.

Poveda-Cuellar, J. L., López Delgado, E. O., Zúñiga-Upegui, P. T., & Villa Navarro, F. A. (2022). What controls fish functional diversity patterns in Colombian Andean streams? Ecology of Freshwater Fish, 31(1), 87-101.

Prescott, G. W. 1970. The freshwater Algae.Brow Company Publisher. Duboque, Iowa. 348 p.

Quesada-Alvarado, F., & Solano-Ulate, D. (2020). Colonización de macroinvertebrados acuáticos en tres tipos de sustratos artificiales, en un río tropical. Revista de Biología Tropical, 68, 68-78.

R Development Core Team (2017). R: A language and environment for sta- tistical computing. R Foundation for Statistical Computing. www.r- project.org

Ramírez G., A. & Viña, V. G. (1998). Limnología colombiana. Aportes a su conocimiento y estadística de análisis. Bogotá – Colombia, Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

Ramírez, A., & Viña, G. (1998). Limnología colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. Bogotá: BP-Exploration, Universidad Jorge Tadeo Lozano, 1-191.

Ramírez, J. (2000). Fitoplancton de agua dulce: bases ecológicas, taxonómicas y sanitarias. Colombia. Editorial Universidad de Antioquia.

Ramírez, J. J. 2000. Fitoplancton de aguas dulces: Aspectos ecológicos, taxonómicos y sanitarios. Universidad de Antioquia: Colombia. 207 p.

Reinoso, G., Villa, F., García, J., Vejarano, M., & Esquivel, H. (2008). Biodiversidad Faunística y Florística de la cuenca del Río Lagunilla. Biodiversidad Regional Fase IV. Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.

REINOSO-FLOREZ, G., villa-navarro, f.a., losada-prado, s., garcia- melo j.e., vejarano-delgado m.a. y molina – martínez y.g. (2010) biodiversidad faunística y florística de la cuenca mayor del río guali biodiversidad regional fase vi. grupo de Investigación en Zoología-Universidad del Tolima, Cortolima. Ibagué, Colombia.

Reinoso-Florez, Garcia-Melo, J y Vejarano, M. (2008). seguimiento hidrobiológico corrientes agua cruzada por via de acesso al portal de entrada al tunel-proyecto trasvase guarinó. Grupo de Investigación en Zoología-Universidad del Tolima. Ibagué, Colombia.

Rodríguez, J. M. W., & Castro, J. F. D. (2008). Caracterización hidrobiológica y evaluación ecológica de la calidad del agua del río Guarino, Departamento de Caldas. Revista de Ciencias, 12, 31-44.

Rodríguez, J., Ospina, R., Berrío, M., Cepeda, B., Castellanos, G., & Valencia, M. (2006). Variación diaria de la deriva de macroinvertebrados acuáticos y de materia orgánica en la cabecera de un río tropical de montaña en el departamento de Nariño, Colombia. Acta Biológica Colombiana, 11, 47-53.

Roldán G. & Ramírez J. (2008). Fundamentos de Limnología neotropical. (2.a ed.) Medellín: Editorial Universidad de Antioquia. ISBN: 978-958-714-144-3.

Roldán Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica.

Roldán, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Propuesta para el uso del método BMWP/Col. Editorial Universidad de Antioquia. Colección de Ciencia y Tecnología. Medellín.

Roldán, G. (2017). Contribución al conocimiento de las ninfas de los efemerópteros (clase; insecta, orden: Ephemeroptera) en el departamente de Antioquia, Colombiaq. Actualidades Biológicas, 14(51), 3-13.

Roldan, G. R. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en colombia: Propuesta para el uso del método BMWP Col. Universidad de Antioquia.

Roldán, G., & Ramirez, J. (2008). Fundamentos de limnología neotropical. Universidad de Antioquia, 2, 324-346

Rumeau, A., & Coste, M. (1988). Initiation à la systématique des diatomées d'eau douce. Pour l'utilisation pratique d'un indice diatomique générique. Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture, (309), 1-69.

Sevilla, J. R., & Villar, R. H. (2008). Caracterización de la estructura trófica de los macroinvertebrados del río Júcar y sus tributarios en la provincia de Albacete mediante la aplicación del índice del modo de nutrición (IMN). Sabuco: revista de estudios albacetenses, (6), 53-70.

Shapiro, D. Y. (1991). Intraespecific variability in social system of coral reef fishes. En P. F. Sale (Ed.), The ecology of fishes on coral reefs (pp. 331–355). San Diego: Academic Press.

Streble, H., & Krauter, D. (1987). Atlas de los Microorganismos de Agua Dulce: la vida en una gota de agua (Ediciones, 372 p.). Barcelona

Tamaris-Turizo, C., Rodríguez-Barrios, J., & Ospina-Torres, R. (2013). Deriva de macroinvertebrados acuáticos a lo largo del río Gaira, vertiente noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. Caldasia, 35(1), 149-163.

Tejerina, E. G., & Molineri, C. (2007). Comunidades de Chironomidae (Diptera) en arroyos de montaña del NOA: comparación entre Yungas y Monte. Revista de la Sociedad Entomológica Argentina, 66(3-4), 169-177.

Thomazi, R.D., Kiifer, W.P., Ferreria, J.R. & Sá, F.S. (2008). A sucessão ecológica sazonal de macroinvertebrados bentônicos em diferentes tipos de atratores artificiais no rioBubu, Cariacica, ES Natureza online 6(1): 1-8.

Umaña Villalobos, G., Springer, M., & Picado Barboza, J. (2020). Variación estacional y características fisicoquímicas e hidrológicas que influyen en los macroinvertebrados acuáticos, en un río tropical. Revista de Biología Tropical, 68, 54-67.

Vásquez, J., & Reinoso, G. (2012). Estructura de la fauna béntica en corrientes de los Andes colombianos. Revista Colombiana de Entomología, 351-358.

Vazzoler, A. E.A. (1982). Manual de métodos para estudos biológicos de populações de peixes reprodução e crescimento. Brasilia: CNPq. Programa Nacional de Zoología, p. 48–52.

Vidal, C., & Romero Aravena, H. (2010). Efectos ambientales de la urbanización de las cuencas de los ríos Bíobío y Andalién sobre los riesgos de inundación y anegamiento de la ciudad de Concepción.

Vieira, D. B., & Shibatta, O. A. (2007). Peixes como indicadores da qualidade ambiental do ribeirão Esperança, município de Londrina, Paraná, Brasil. Biota Neotropica, 7(1), 0-0.

Villa-Navarro, F., Lozano, Y. & Garcia-Melo, L & (2010). Peces. 186 pp. reinoso- florez, g., villa-navarro, f.a., losada-prado, s., garcia-melo j.e., vejarano-delgado m.a. y molina – martínez y. g. 2010 biodiversidad faunística y florística de la cuenca mayor del río guali. biodiversidad regional fase vi. Grupo de Investigación en Zoología-Universidad del Tolima, Cortolima. Ibagué, Colombia.

Villa-Navarro, F., Garcia-Melo, L., Herrera, E & Lozano, Y. (2007). Biodiversidad Faunística y Florística de las cuencas del río Totare: Biodiversidad Regional Fase III. Informe técnico. Ibagué: Corporación Autónoma Regional del Tolima (CORTOLIMA), Universidad del Tolima.

Villa-Navarro, F.; Ortega-Lara, A.; García-Melo J.; Briñez, G; García-Melo, L. & Zúñiga, P. (2003). Biodiversidad Faunística de la Cuenca del río Coello. Biodiversidad Regional Fase I. Grupo de Investigación en Zoología, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia. 390-413

Wantzen, R. & Rueda-Delgado, G. (2009). Técnica de muestreo de macroinvertebrados bentónicos. En: Domínguez, E. y H. Fernández (Eds.), Macroinvertebrados bentónicos Sudamericano: sistemática y biología. Primera edición. Tucumán - Argentina. Fundación Miguel Lillo.

Wehr, J., Sheath, R. (2002). Freshwater Algae of North America: Ecology and Clasification (917 p.). California: AcademicPress.

Yacobson, S. (1969). Algas de ambientes continentales nuevos para Venezuela (cyanophytas y chlorophytas) (180 p.). Venezuela.

Yáñez-Arancibia, A., Curiel-Gómez, J., & De Yánez, V. L. (1976). Prospección biológica y ecología del bagre marino Galeichthys caerulescens (Günther) en el sistema lagunar costero de Guerrero, México (Pisces: Ariidae). An Centro Cienc del Mar y Limnol Univ Nal Autón México, 3(1), 125-180.

Capítulo Indicadores de la Evaluación Regional del Agua

La disponibilidad hídrica en el territorio está determinada por la cantidad y calidad del agua, es decir, un cuerpo de agua puede presentar una alta fluctuación temporal del caudal, implicando que el volumen de agua ofertado no sea suficiente en algunas épocas del año para satisfacer las demandas hídricas para uso doméstico, agrícola, pecuario, piscícola, industrial, entre otros. Por otro lado, el cuerpo de agua podría presentar una oferta hídrica suficiente pero un estado de calidad del agua que impida su uso benéfico generando restricciones para su aprovechamiento.

De allí se deriva la importancia de contar con una evaluación de la variabilidad, estado y tendencia del agua con datos actualizados obtenidos mediante un monitoreo sistemático y aplicación de herramientas de modelación hidrológica. En esta perspectiva la Evaluación Regional del Agua (ERA) se constituye en el instrumento base para la gestión y administración del recurso hídrico a través de la generación actualizada de los indicadores del Sistema Hídrico Natural, indicadores de Presión por el Uso del Agua, indicadores de Estado de la Calidad del Agua, e indicadores de riesgo en las subzonas hidrográficas de los ríos Bajo Saldaña, Alto Saldaña, Amoyá, Anamichú, Anchique-Chenche, Atá, Cambrín, Medio Saldaña y Pata

Este documento presenta la base de indicadores hídricos regionales consolidado en el marco de ejecución del convenio interadministrativo 720-2021 “Evaluación Regional del Agua del Departamento del Tolima Fase 2”.

44. Indicadores del Sistema Hídrico Natural

44.1. Índice de Aridez

De acuerdo con IDEAM, (2013), el índice de aridez permite identificar áreas con déficit o excedente de agua, a través de la cuantificación del grado de suficiencia o insuficiencia de la precipitación para el sostenimiento de los ecosistemas de la zona de estudio y su cálculo se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$Ia = \frac{ETP - ETR}{ETP}$$

Donde:

Ia: índice de aridez (adimensional)

ETP: evapotranspiración potencial (mm)

ETR: evapotranspiración real (mm)

La *Tabla 641* presenta la clasificación del índice de aridez.

Tabla 641. Categorías del índice de aridez. Fuente: (IDEAM, 2013)

Límites de categorías	Categoría	Descripción
<0.15		Altos excedentes de agua
0.15 - 0.19		Excedentes de agua
0.20 - 0.29		Entre moderado y excedentes de agua
0.30 - 0.39		Moderado
0.40 - 0.49		Entre moderado y deficitario de agua
0.50 - 0.59		Deficitario de agua
>0.59		Altamente deficitario de agua

A partir de los requerimientos de información para la estimación de la evapotranspiración, en Colombia se han probado diversas expresiones para la estimación de la evapotranspiración (Poveda et al., 2007), de acuerdo con Poveda et al., (2007), la ecuación aplicada y que mejor podría describir el comportamiento de la evapotranspiración potencial en la zona de estudio, bajo las consideraciones de información disponible, corresponde a la ecuación de Turc modificada (1961):

En el caso de humedad relativa media mensual superior al 50%:

$$ETP = K\left(\frac{T}{T+15}\right)(Rg+50)$$

En el caso de humedad relativa media mensual inferior a 50%:

$$ETP = K\left(\frac{T}{T+15}\right)(Rg+50)\left(1+\frac{50-HR}{70}\right)$$

Donde:

ETP: evapotranspiración potencial (mm/mes)

K: constante igual a 0.40 para meses de 30 y 31 días, 0.37 para febrero

T: temperatura media mensual (ºC)

Rg: radiación solar global incidente del mes considerado (cal/ cm² /día)

La evapotranspiración real se determinó a escala mensual a través de la metodología de BUDYKO (IDEAM, 2013):

$$ETR_i = \left[ETP_i * P_i * \tanh\left(\frac{P_i}{ETP_i}\right) * \left(1-\cosh\left(\frac{ETP_i}{P_i}\right)+\sinh\left(\frac{ETP_i}{P_i}\right)\right)\right]^{1/2}$$

Donde:

ETR_i: evapotranspiración real del mes i (mm)

ETP_i: evapotranspiración potencial del mes i (mm)

P_i: precipitación del mes i (mm)

Lo anterior se aplicó a las 3 condiciones hidrológicas: 1) año medio, corresponde a la información mensual multianual, 2) año seco, se define como el episodio histórico de la fase cálida del ENSO más severo del que se tiene registro, el cual se identificó el año 2015/2016 y 3) año húmedo, es el episodio más extremo de la fase fría del ENSO, en este caso 2010/2011.

44.1.1. IA en la SZH del río Patá

En aras de conocer y determinar el comportamiento espacial y temporal de la evapotranspiración real e índice de aridez, la subzona hidrográfica del río Patá se subdividió en 16 unidades hidrográficas de análisis (*Tabla 642*, *Figura 891*).

Tabla 642. Unidades hidrográficas de análisis, subzona hidrográfica río Patá

PATÁ	
Nombre Unidad de Análisis	**Descripción**
Río Pata 8	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Canoas - Hasta aguas arriba de la desembocadura al Río Magdalena
Quebrada Canoas	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Patá
Río Pata 7	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada El Salitre - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Canoas
Quebrada Salitre	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Patá
Río Pata 6	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Vieja - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada El Salitre
Quebrada Vieja	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Patá
Río Pata 5	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada La Tambilla - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Vieja
Quebrada Tambilla	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Patá
Río Pata 4	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Chilirco - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada La Tambilla
Quebrada Chilirco	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Patá
Río Pata 3	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Buenos Aires - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Chilirco
Quebrada BAires	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Patá
Río Pata 2	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada San Pablo - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Buenos Aires
Quebrada San Pablo	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Patá
Río Pata 1	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada San Pablo
Directos Magdalena Pata	Directos al Magdalena de la subzona del Río Patá

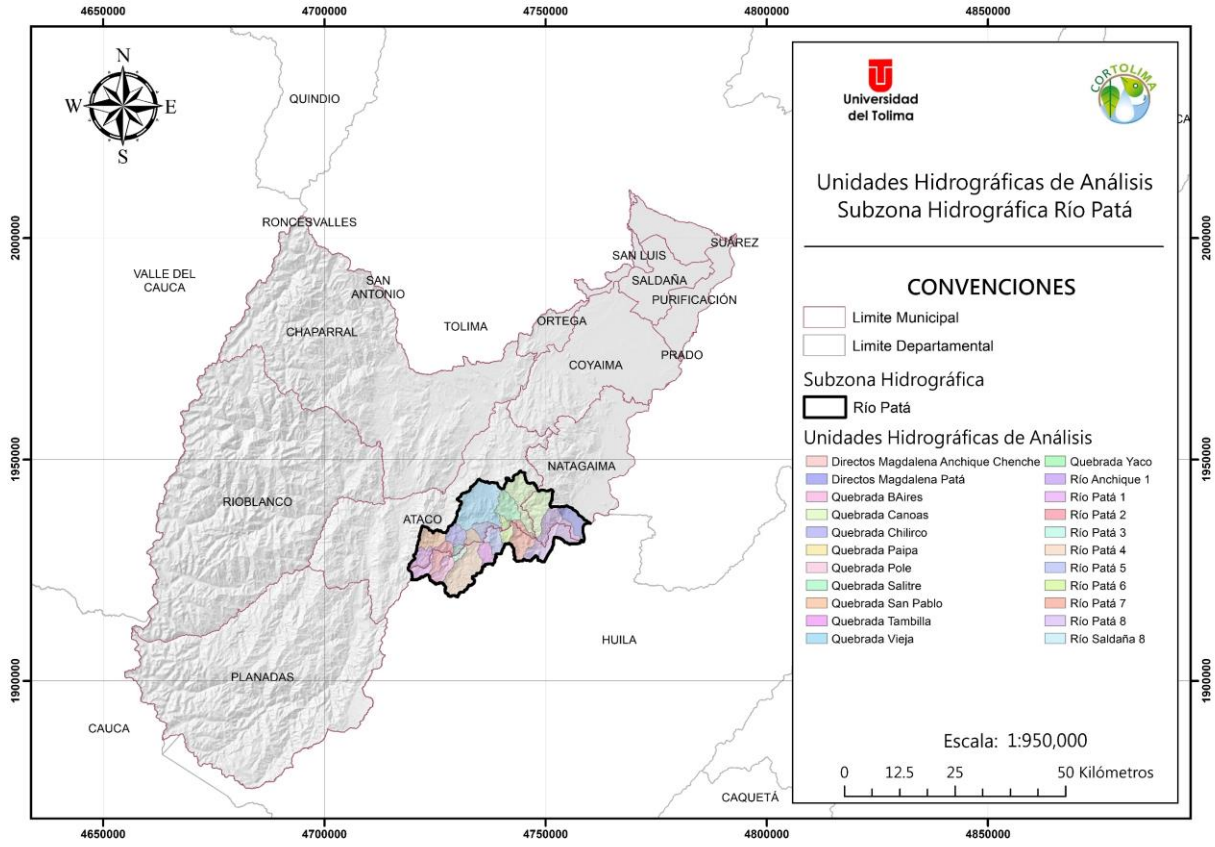


Figura 891. Unidades hidrográficas de análisis, subzona hidrográfica río Patá. Elaboración propia.

44.1.1.1. Análisis Índice de Aridez

En la condición hidrológica media se presenta el índice de aridez más alto (>0.59) en el 5% de la subzona hidrográfica del río Pató en el mes de agosto (*Figura 892*). Así mismo, se presenta el menor índice de aridez (<15) en el 90% de la subzona hidrográfica del río Pató en los meses de marzo, abril, mayo octubre, noviembre y diciembre (*Tabla 643*).

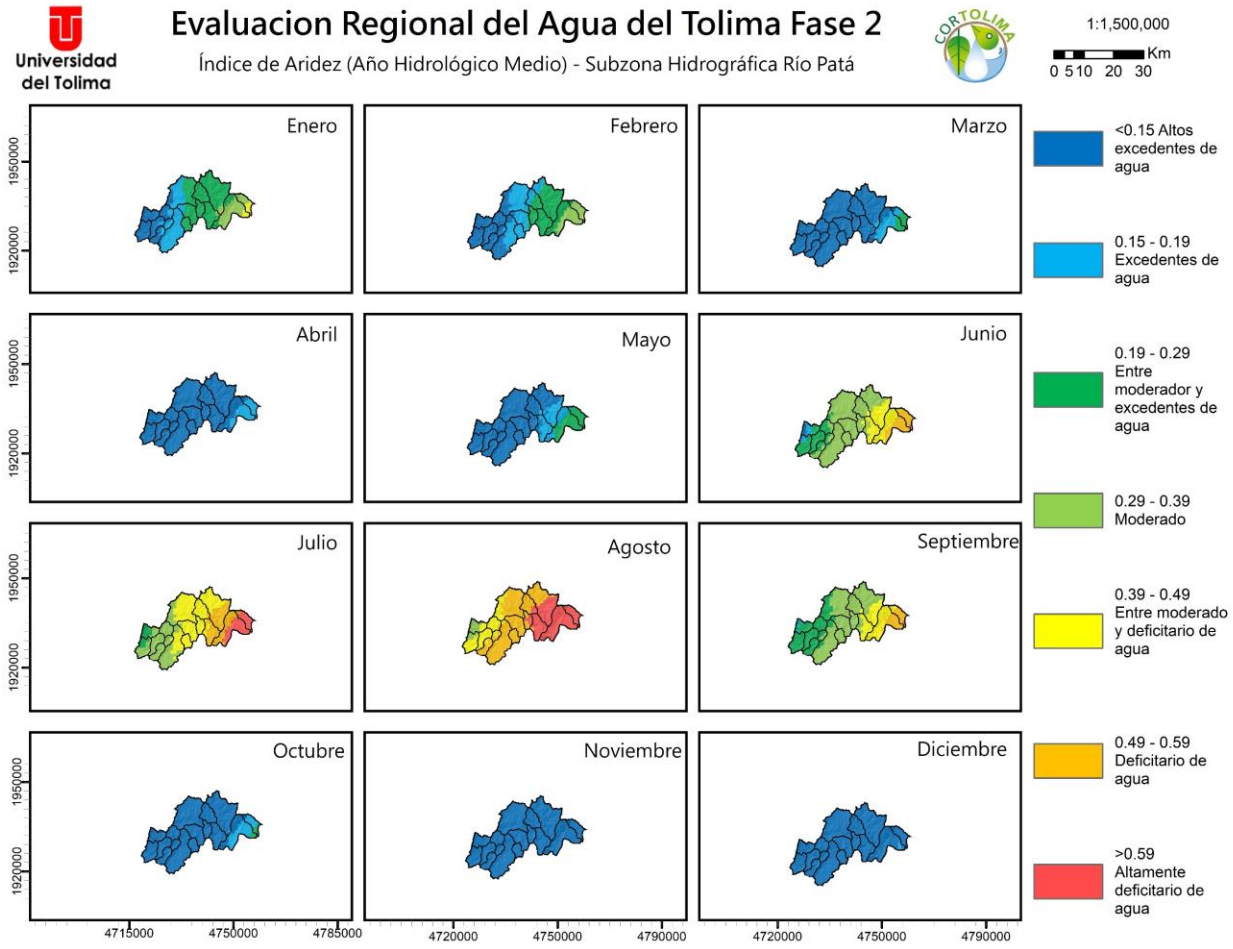


Figura 892. Índice de aridez condición hidrológica media de la subzona hidrográfica del río Patá. Elaboración propia.

Tabla 643: Índice de aridez medio mensual en año medio para las unidades hidrográficas del Río Patá

	MES											
Nombre Unidad de Análisis	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Río Pata 8	0.33	0.30	0.17	0.15	0.21	0.49	0.60	0.70	0.48	0.16	0.10	0.13
Quebrada Canoas	0.24	0.21	0.12	0.11	0.15	0.38	0.48	0.59	0.37	0.12	0.08	0.11
Río Pata 7	0.26	0.23	0.14	0.12	0.16	0.41	0.51	0.62	0.40	0.13	0.08	0.12
Quebrada Salitre	0.22	0.19	0.12	0.10	0.13	0.36	0.45	0.57	0.35	0.11	0.08	0.11
Río Pata 6	0.23	0.20	0.12	0.10	0.14	0.37	0.46	0.58	0.36	0.11	0.08	0.11
Quebrada Vieja	0.18	0.16	0.10	0.09	0.11	0.33	0.41	0.51	0.30	0.09	0.07	0.09
Río Pata 5	0.20	0.17	0.11	0.09	0.12	0.34	0.43	0.54	0.33	0.10	0.07	0.10
Quebrada Tambilla	0.20	0.18	0.11	0.09	0.12	0.34	0.43	0.55	0.33	0.10	0.07	0.10
Río Pata 4	0.17	0.15	0.10	0.08	0.11	0.32	0.38	0.53	0.31	0.09	0.07	0.09
Quebrada Chilirco	0.14	0.13	0.08	0.07	0.09	0.28	0.36	0.46	0.25	0.07	0.06	0.07
Río Pata 3	0.16	0.14	0.09	0.08	0.10	0.29	0.37	0.49	0.28	0.08	0.06	0.08
Quebrada BAires	0.14	0.13	0.08	0.07	0.10	0.29	0.34	0.50	0.28	0.08	0.06	0.08
Río Pata 2	0.14	0.13	0.08	0.07	0.09	0.25	0.33	0.46	0.26	0.08	0.06	0.07
Quebrada San Pablo	0.12	0.12	0.08	0.06	0.07	0.18	0.27	0.37	0.21	0.07	0.05	0.06
Río Pata 1	0.12	0.12	0.08	0.07	0.08	0.23	0.30	0.43	0.24	0.07	0.05	0.07
Directos Magdalena Pata	0.38	0.35	0.20	0.17	0.25	0.55	0.67	0.74	0.54	0.18	0.11	0.14

En la condición hidrológica seca se presenta el índice de aridez más alto (>0.59) en el 85% de la subzona hidrográfica del río Patá en los meses de junio, julio, agosto, septiembre y diciembre (*Figura 893*). Así mismo, se presenta el menor índice de aridez (<15) en el 80% de la subzona hidrográfica del río Patá en los meses de marzo, abril, y noviembre (*Tabla 644*).

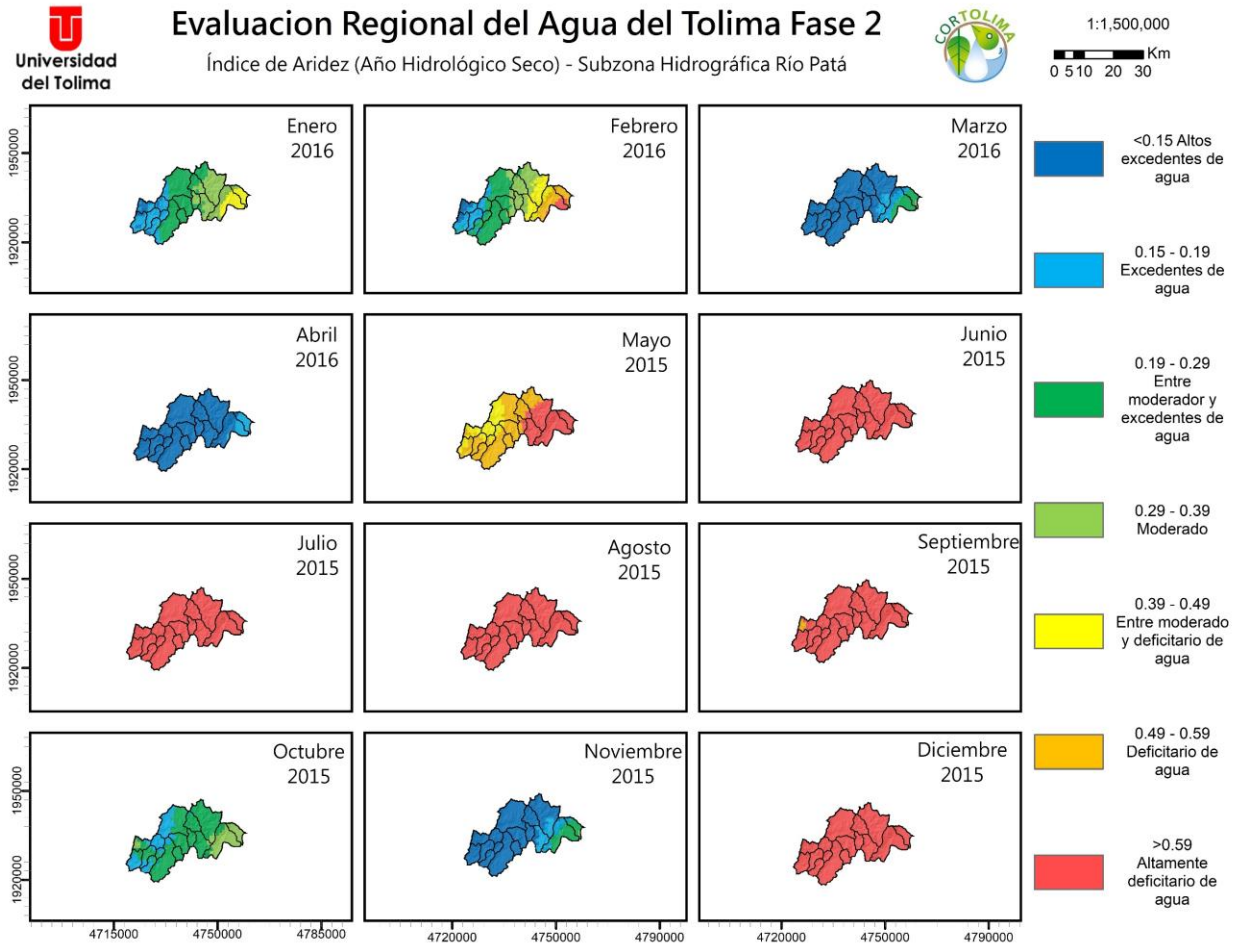


Figura 893. Índice de aridez condición hidrológica seca de la subzona hidrográfica del río Patá. Elaboración propia.

Tabla 644: Índice de aridez medio mensual en año seco para las unidades hidrográficas del Río Patá

	MES											
Nombre Unidad de Análisis	**2016_1**	**2016_2**	**2016_3**	**2016_4**	**2015_5**	**2015_6**	**2015_7**	**2015_8**	**2015_9**	**2015_10**	**2015_11**	**2015_12**
Río Pata 8	0.39	0.54	0.19	0.14	0.78	0.79	0.84	0.97	0.81	0.31	0.20	0.95
Quebrada Canoas	0.32	0.38	0.13	0.11	0.60	0.70	0.74	0.92	0.69	0.24	0.14	0.90
Río Pata 7	0.32	0.41	0.14	0.12	0.65	0.73	0.78	0.93	0.75	0.27	0.16	0.92
Quebrada Salitre	0.29	0.33	0.12	0.10	0.56	0.70	0.74	0.92	0.69	0.22	0.13	0.90
Río Pata 6	0.29	0.34	0.13	0.10	0.59	0.72	0.76	0.92	0.72	0.24	0.14	0.91
Quebrada Vieja	0.23	0.24	0.10	0.09	0.50	0.73	0.75	0.91	0.70	0.19	0.10	0.88
Río Pata 5	0.25	0.28	0.11	0.09	0.54	0.72	0.76	0.91	0.71	0.21	0.12	0.89
Quebrada Tambilla	0.25	0.28	0.11	0.10	0.56	0.73	0.76	0.91	0.73	0.22	0.12	0.88
Río Pata 4	0.21	0.23	0.09	0.09	0.54	0.75	0.77	0.89	0.76	0.20	0.12	0.84
Quebrada Chilirco	0.15	0.18	0.08	0.07	0.45	0.79	0.78	0.91	0.72	0.17	0.08	0.85
Río Pata 3	0.17	0.21	0.09	0.08	0.50	0.76	0.76	0.90	0.73	0.19	0.10	0.85
Quebrada BAires	0.17	0.20	0.08	0.08	0.52	0.78	0.80	0.88	0.80	0.19	0.11	0.80
Río Pata 2	0.17	0.18	0.08	0.07	0.50	0.79	0.78	0.89	0.73	0.19	0.10	0.82
Quebrada San Pablo	0.14	0.14	0.07	0.06	0.47	0.85	0.79	0.89	0.62	0.25	0.08	0.83
Río Pata 1	0.16	0.16	0.07	0.07	0.49	0.79	0.76	0.86	0.72	0.18	0.10	0.79
Directos Magdalena Pata	0.43	0.57	0.24	0.17	0.87	0.87	0.88	0.99	0.87	0.34	0.25	0.97

En la condición hidrológica húmeda se presenta el índice de aridez más alto en las unidades hidrográficas del río Patá en el mes de agosto (>0.59) (*Figura 894*). Así mismo, se presenta el menor índice de aridez (<15) en el 90% de la subzona hidrográfica del río Patá en los meses de febrero, marzo, abril, mayo, julio, octubre, noviembre y diciembre (*Tabla 645*).

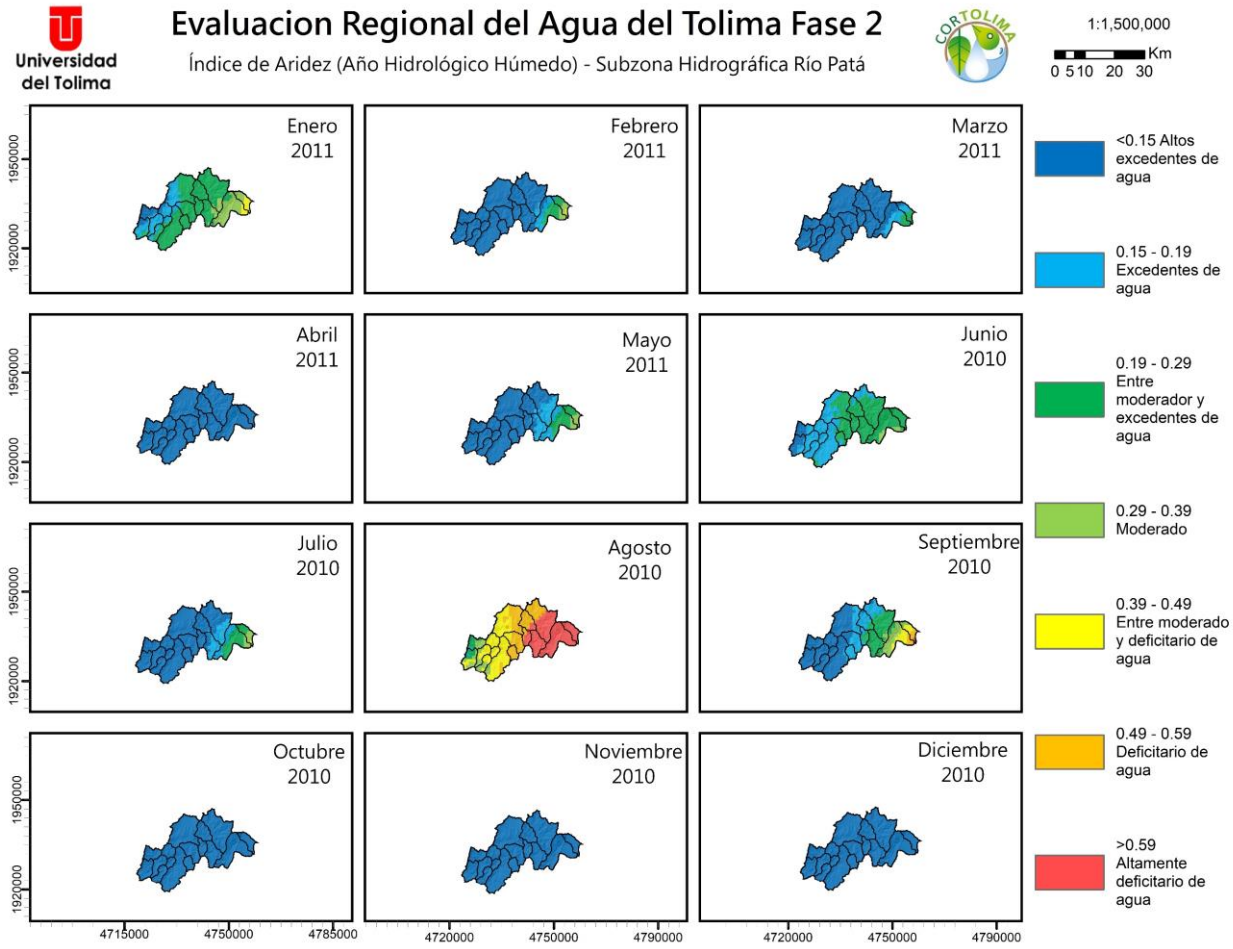


Figura 894. Índice de aridez condición hidrológica húmeda de la subzona hidrográfica del río Patá. Elaboración propia.

Tabla 645: Índice de aridez mensual en año húmedo para las unidades hidrográficas del Río Patá

	MES											
Nombre Unidad de Análisis	**2011_1**	**2011_2**	**2011_3**	**2011_4**	**2011_5**	**2010_6**	**2010_7**	**2010_8**	**2010_9**	**2010_10**	**2010_11**	**2010_12**
Río Pata 8	0.34	0.20	0.16	0.06	0.22	0.27	0.22	0.74	0.38	0.12	0.06	0.07
Quebrada Canoas	0.26	0.12	0.11	0.05	0.15	0.20	0.14	0.61	0.21	0.09	0.05	0.07
Río Pata 7	0.28	0.13	0.12	0.05	0.16	0.23	0.16	0.65	0.24	0.10	0.05	0.07
Quebrada Salitre	0.24	0.10	0.10	0.05	0.13	0.20	0.13	0.56	0.18	0.09	0.05	0.07
Río Pata 6	0.25	0.10	0.10	0.05	0.14	0.21	0.13	0.59	0.19	0.09	0.05	0.07
Quebrada Vieja	0.20	0.08	0.08	0.04	0.11	0.19	0.12	0.50	0.13	0.08	0.04	0.06
Río Pata 5	0.22	0.09	0.09	0.04	0.12	0.20	0.12	0.53	0.16	0.08	0.04	0.06
Quebrada Tambilla	0.23	0.09	0.09	0.04	0.12	0.19	0.12	0.55	0.16	0.09	0.05	0.06
Río Pata 4	0.21	0.08	0.08	0.04	0.11	0.18	0.11	0.47	0.14	0.08	0.04	0.06
Quebrada Chilirco	0.16	0.06	0.06	0.04	0.09	0.17	0.11	0.42	0.11	0.06	0.04	0.05
Río Pata 3	0.19	0.07	0.07	0.04	0.10	0.17	0.11	0.45	0.12	0.07	0.04	0.05
Quebrada BAires	0.19	0.07	0.07	0.04	0.09	0.18	0.10	0.39	0.12	0.08	0.04	0.05
Río Pata 2	0.18	0.06	0.06	0.04	0.09	0.16	0.10	0.38	0.11	0.07	0.04	0.05
Quebrada San Pablo	0.14	0.05	0.05	0.03	0.09	0.14	0.08	0.27	0.09	0.05	0.03	0.04
Río Pata 1	0.17	0.06	0.06	0.03	0.09	0.14	0.09	0.33	0.11	0.07	0.03	0.04
Directos Magdalena Pata	0.39	0.31	0.20	0.06	0.29	0.25	0.30	0.74	0.48	0.12	0.07	0.08

44.1.2. IA en la SZH de río Chenche, Anchique y Drenajes directos al Magdalena

En aras de conocer y determinar el comportamiento espacial y temporal de la evapotranspiración real e índice de aridez, la subzona hidrográfica del río Anchique se subdividió en 24 unidades hidrográficas de análisis (*Tabla 646*, *Figura 895*).

Tabla 646. Unidades hidrográficas de análisis, subzona hidrográfica río Anchique

ANCHIQUE	
Nombre Unidad de Análisis	**Descripción**
Río Chenche 6	Desde aguas debajo de la Quebrada Cabuyal - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Magdalena
Quebrada Cabuyal	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Chenche
Río Chenche 5	Desde aguas debajo de la Quebrada El Carmen - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Cabuyal
Quebrada Carmen	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Chenche
Río Chenche 4	Desde aguas debajo de la Quebrada El Socorro - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada El Carmen
Quebrada Socorro	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Chenche
Río Chenche 3	Desde aguas debajo de la Quebrada Zaragoza - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada El Socorro
Quebrada Zaragoza	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Chenche
Río Chenche 2	Desde aguas debajo de la Quebrada Zanja Honda - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Zaragoza
Quebrada Zanja Honda	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Chenche
Río Chenche 1	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Zanja Honda
Río Hilarco	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Magdalena
Quebrada Guaguarco 3	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Baloca Grande - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Magdalena
Quebrada Baloca Grande	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia a la Quebrada Guaguarco
Quebrada Guaguarco 2	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Totarco - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Baloca Grande
Quebrada Totarco	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia a la Quebrada Guaguarco
Quebrada Guaguarco 1	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia de la Quebrada Totarco
Río Anchique 3	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Natarroco - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Magdalena
Quebrada Natarroco	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Anchique
Río Anchique 2	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada El Chocha - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Natarroco
Quebrada Chocho	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Anchique
Río Anchique 1	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada El Chorro
Quebrada Yaco	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Magdalena
Directos Magdalena Anchique Chenche	Directos al Magdalena de la subzona de los Ríos Anchique y Chenche

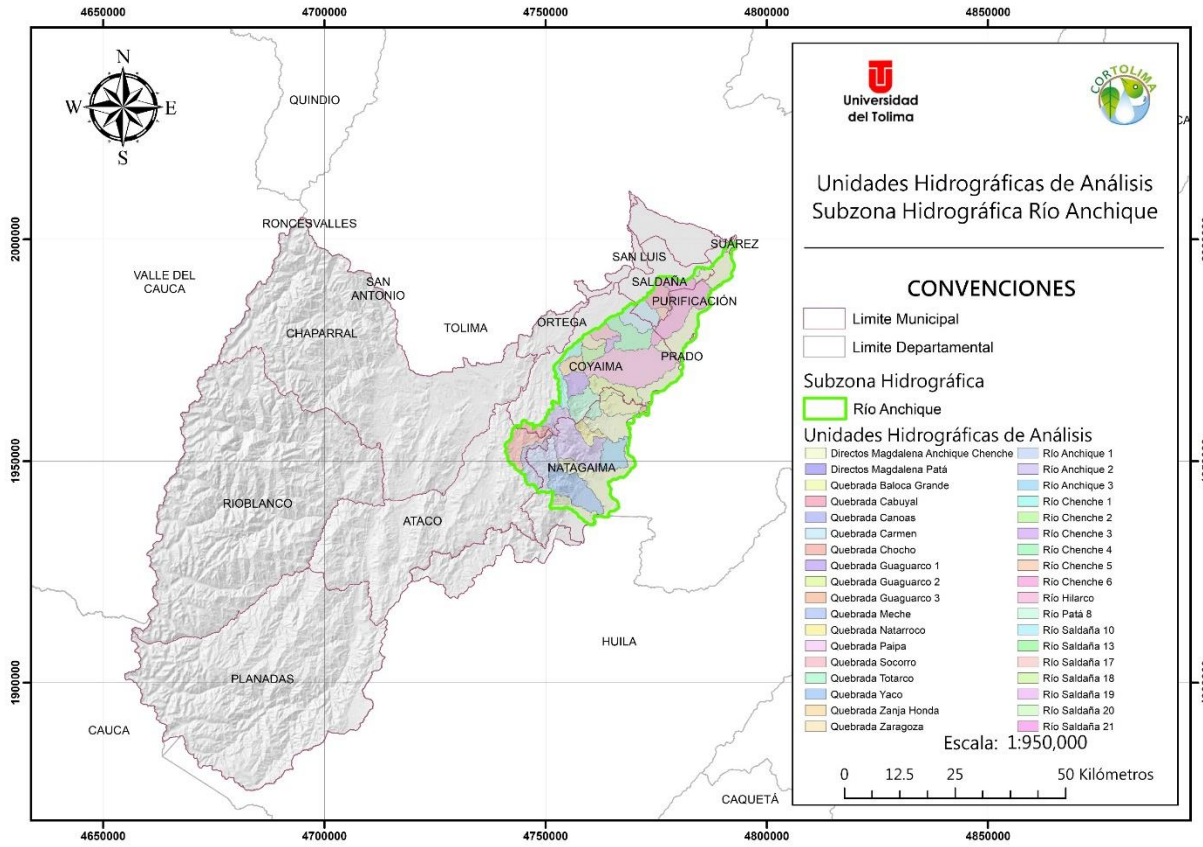


Figura 895. Unidades hidrográficas de análisis, subzona hidrográfica de río Chenche, Anchique y drenajes directos al Magdalena. Elaboración propia.

44.1.2.1. Análisis Índice de Aridez

En la condición hidrológica media se presenta el índice de aridez más alto (>0.59) en el 80% de la subzona hidrográfica en el mes de agosto (*Figura 896*). Así mismo, se presenta el menor índice de aridez (<15) en el 90% de la subzona hidrográfica en los meses de marzo, abril, mayo octubre, noviembre y diciembre (*Tabla 647*).

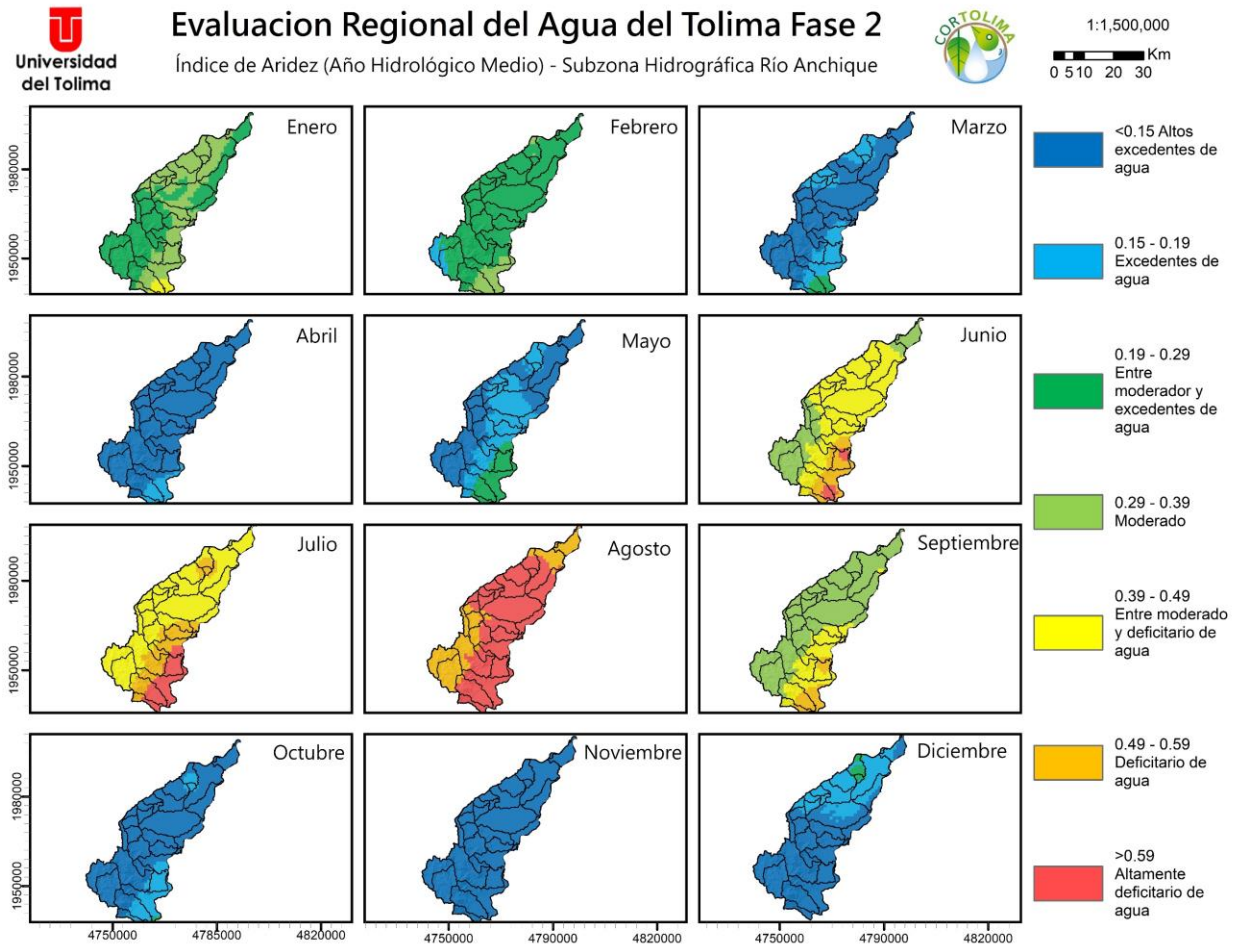


Figura 896. Índice de aridez condición hidrológica media de la subzona hidrográfica del río Chenche, Anchique y drenajes directos al Magdalena. Elaboración propia.

Tabla 647: Índice de aridez medio mensual en año medio para las unidades hidrográficas del Río Anchique

	MES											
Nombre Unidad de Análisis	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Río Chenche 6	0.30	0.25	0.14	0.10	0.14	0.40	0.47	0.59	0.36	0.13	0.11	0.17
Quebrada Cabuyal	0.34	0.29	0.16	0.10	0.16	0.43	0.48	0.61	0.36	0.15	0.12	0.19
Río Chenche 5	0.35	0.28	0.16	0.10	0.16	0.46	0.51	0.64	0.38	0.16	0.12	0.20
Quebrada Carmen	0.32	0.27	0.15	0.10	0.15	0.41	0.48	0.60	0.36	0.14	0.11	0.17
Río Chenche 4	0.30	0.26	0.15	0.11	0.15	0.40	0.47	0.60	0.36	0.14	0.10	0.16
Quebrada Socorro	0.30	0.27	0.15	0.11	0.15	0.41	0.47	0.60	0.37	0.14	0.10	0.15
Río Chenche 3	0.30	0.26	0.15	0.11	0.16	0.41	0.47	0.60	0.37	0.14	0.11	0.15
Quebrada Zaragoza	0.30	0.27	0.15	0.11	0.15	0.42	0.47	0.62	0.38	0.14	0.10	0.16
Río Chenche 2	0.29	0.26	0.15	0.11	0.15	0.41	0.47	0.61	0.37	0.14	0.10	0.15
Quebrada Zanja Honda	0.28	0.26	0.14	0.11	0.14	0.39	0.45	0.59	0.37	0.13	0.09	0.15
Río Chenche 1	0.27	0.25	0.14	0.10	0.14	0.38	0.45	0.58	0.36	0.12	0.09	0.14
Río Hilarco	0.29	0.25	0.14	0.11	0.15	0.40	0.47	0.60	0.38	0.13	0.10	0.15
Quebrada Guaguarco 3	0.29	0.26	0.15	0.12	0.17	0.44	0.52	0.64	0.41	0.14	0.09	0.15
Quebrada Baloca Grande	0.29	0.26	0.15	0.12	0.17	0.44	0.52	0.63	0.41	0.14	0.09	0.14
Quebrada Guaguarco 2	0.29	0.26	0.14	0.12	0.16	0.41	0.49	0.61	0.39	0.14	0.09	0.15
Quebrada Totarco	0.26	0.24	0.13	0.11	0.15	0.39	0.47	0.59	0.37	0.13	0.09	0.13
Quebrada Guaguarco 1	0.27	0.24	0.14	0.11	0.14	0.38	0.45	0.58	0.36	0.13	0.09	0.14
Río Anchique 3	0.30	0.29	0.17	0.14	0.21	0.56	0.62	0.71	0.49	0.16	0.09	0.14
Quebrada Natarroco	0.27	0.24	0.14	0.12	0.16	0.44	0.52	0.63	0.40	0.13	0.08	0.13
Río Anchique 2	0.26	0.24	0.13	0.11	0.15	0.41	0.50	0.60	0.39	0.13	0.08	0.12
Quebrada Chocho	0.21	0.19	0.11	0.10	0.12	0.34	0.42	0.52	0.32	0.10	0.07	0.11
Río Anchique 1	0.22	0.20	0.12	0.10	0.13	0.36	0.44	0.55	0.34	0.11	0.07	0.11
Quebrada Yaco	0.33	0.29	0.16	0.14	0.20	0.50	0.60	0.68	0.46	0.15	0.09	0.12
Directos Magdalena Anchique Chenche	0.30	0.27	0.15	0.13	0.17	0.46	0.54	0.64	0.42	0.14	0.09	0.14

En la condición hidrológica seca se presenta el índice de aridez más alto (>0.59) en el 85% de la subzona hidrográfica del río Anchique en los meses de julio, agosto y diciembre (*Figura 897*). Así mismo, se presenta el menor índice de aridez (<15) en el 80% de la subzona hidrográfica del río Anchique en los meses de abril, y noviembre (*Tabla 648*).

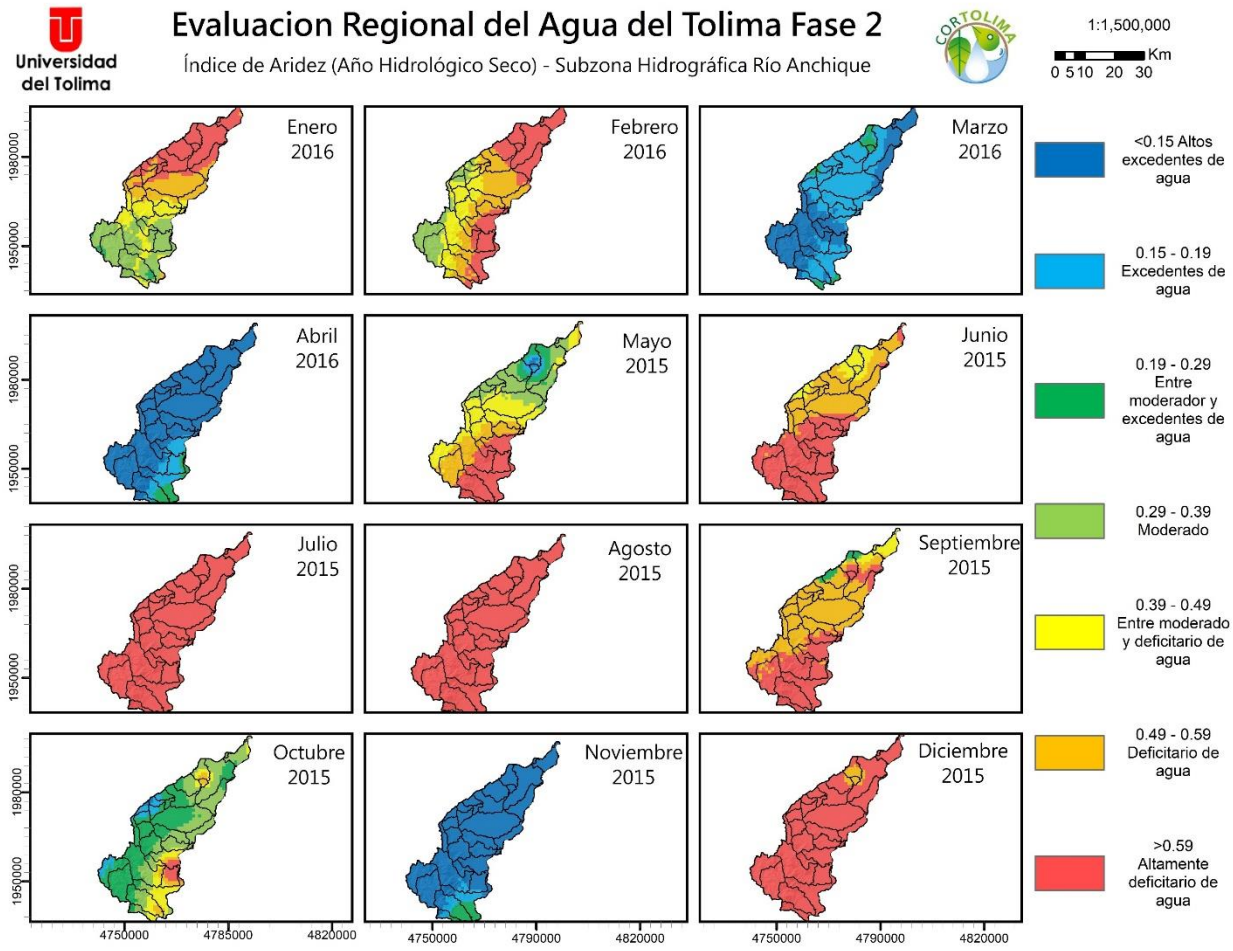


Figura 897. Índice de aridez condición hidrológica seca de la subzona hidrográfica del río Chenche, Anchique y drenajes directos al Magdalena. Elaboración propia.

Tabla 648: Índice de aridez medio mensual en año seco para las unidades de análisis de la SZH del Río Chenche, Anchique y drenajes directos al Magdalena

	MES											
Nombre Unidad de Análisis	**2016_1**	**2016_2**	**2016_3**	**2016_4**	**2015_5**	**2015_6**	**2015_7**	**2015_8**	**2015_9**	**2015_10**	**2015_11**	**2015_12**
Río Chenche 6	0.73	0.70	0.15	0.10	0.28	0.51	0.83	0.96	0.53	0.32	0.11	0.67
Quebrada Cabuyal	0.85	0.72	0.20	0.08	0.18	0.42	0.83	0.97	0.45	0.40	0.10	0.58
Río Chenche 5	0.90	0.75	0.20	0.09	0.15	0.42	0.75	0.99	0.69	0.51	0.10	0.55
Quebrada Carmen	0.73	0.63	0.18	0.10	0.27	0.49	0.80	0.96	0.45	0.33	0.11	0.63
Río Chenche 4	0.64	0.55	0.17	0.11	0.35	0.52	0.77	0.95	0.51	0.27	0.12	0.67
Quebrada Socorro	0.63	0.46	0.18	0.12	0.38	0.50	0.79	0.96	0.54	0.20	0.13	0.82
Río Chenche 3	0.63	0.50	0.17	0.12	0.39	0.52	0.77	0.95	0.54	0.23	0.13	0.82
Quebrada Zaragoza	0.62	0.40	0.19	0.13	0.37	0.48	0.80	0.97	0.56	0.16	0.13	0.86
Río Chenche 2	0.57	0.42	0.18	0.12	0.39	0.51	0.78	0.95	0.55	0.19	0.13	0.86
Quebrada Zanja Honda	0.56	0.40	0.17	0.12	0.40	0.52	0.76	0.95	0.55	0.18	0.13	0.87
Río Chenche 1	0.54	0.38	0.16	0.12	0.41	0.53	0.76	0.95	0.55	0.18	0.12	0.87
Río Hilarco	0.56	0.54	0.16	0.12	0.40	0.56	0.76	0.94	0.56	0.27	0.13	0.84
Quebrada Guaguarco 3	0.46	0.61	0.15	0.14	0.53	0.68	0.78	0.94	0.61	0.36	0.14	0.90
Quebrada Baloca Grande	0.45	0.58	0.15	0.14	0.55	0.68	0.79	0.95	0.60	0.36	0.14	0.91
Quebrada Guaguarco 2	0.50	0.52	0.16	0.13	0.48	0.62	0.77	0.94	0.58	0.29	0.13	0.89
Quebrada Totarco	0.43	0.47	0.14	0.12	0.50	0.62	0.75	0.93	0.57	0.27	0.13	0.90
Quebrada Guaguarco 1	0.52	0.43	0.15	0.12	0.44	0.57	0.75	0.93	0.56	0.22	0.13	0.88
Río Anchique 3	0.34	0.71	0.15	0.18	0.79	0.87	0.91	0.99	0.63	0.62	0.14	0.99
Quebrada Natarroco	0.38	0.54	0.14	0.14	0.61	0.72	0.80	0.95	0.60	0.37	0.13	0.94
Río Anchique 2	0.38	0.48	0.14	0.13	0.58	0.69	0.77	0.94	0.61	0.31	0.13	0.91
Quebrada Chocho	0.34	0.33	0.12	0.10	0.48	0.61	0.70	0.91	0.58	0.20	0.11	0.88
Río Anchique 1	0.33	0.37	0.12	0.11	0.53	0.65	0.71	0.91	0.61	0.22	0.12	0.88
Quebrada Yaco	0.35	0.52	0.15	0.16	0.76	0.81	0.81	0.96	0.77	0.37	0.18	0.92
Directos Magdalena Anchique Chenche	0.48	0.63	0.15	0.14	0.58	0.70	0.81	0.96	0.63	0.38	0.14	0.86

En la condición hidrológica húmeda se presenta el índice de aridez más alto en las unidades hidrográficas del río Anchique en el mes de agosto (>0.59) (*Figura 898*). Así mismo, se presenta el menor índice de aridez (<15) en el 90% de la subzona hidrográfica del río Anchique en los meses de abril, julio, noviembre y diciembre (*Tabla 649*).

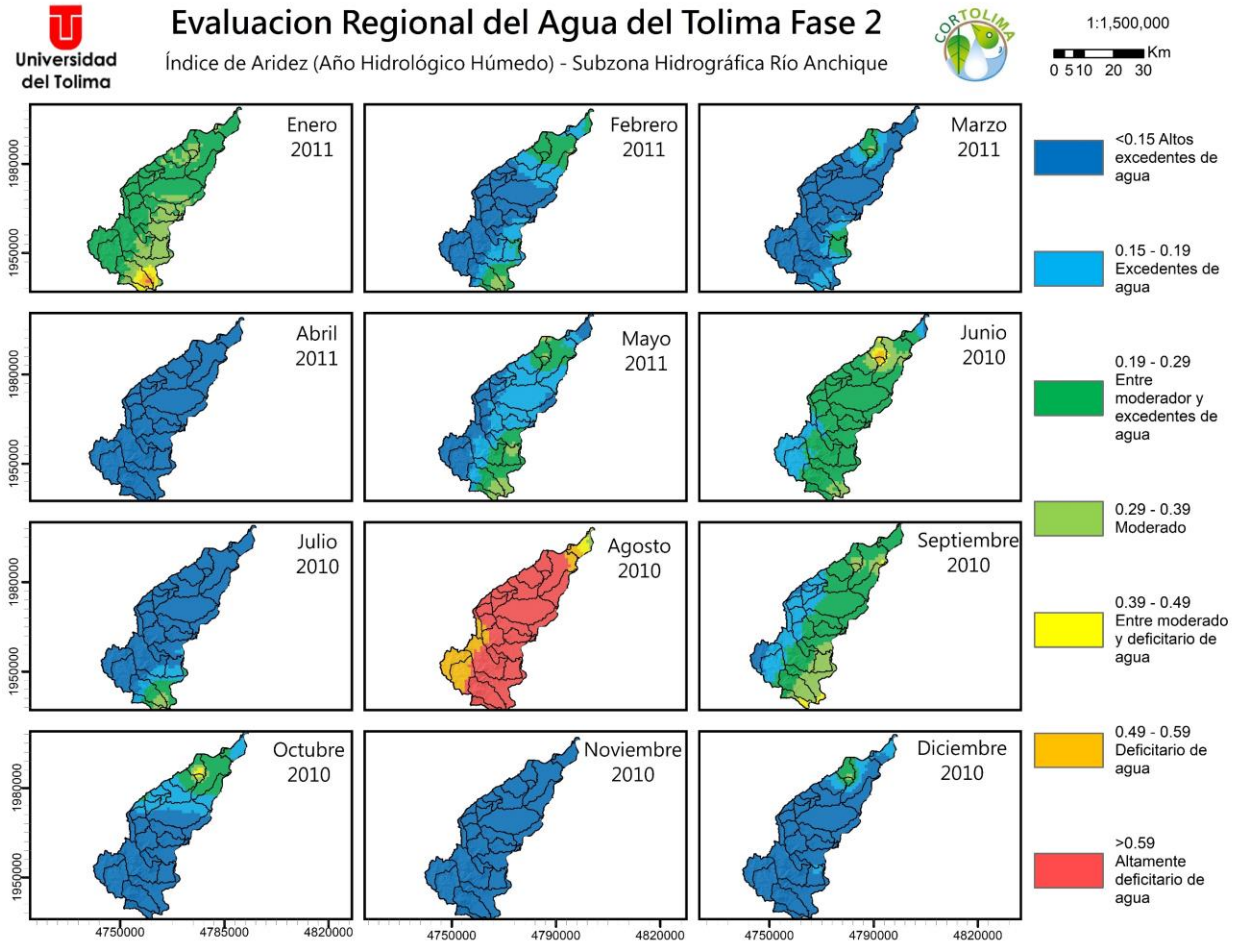


Figura 898. Índice de aridez condición hidrológica húmeda de la subzona hidrográfica del río Chenche, Anchique y drenajes directos al Magdalena. Elaboración propia.

Tabla 649: Índice de aridez medio mensual en año húmedo para las unidades de análisis de la SZH del Río Chenche, Anchique y drenajes directos al Magdalena

	MES											
Nombre Unidad de Análisis	**2011_1**	**2011_2**	**2011_3**	**2011_4**	**2011_5**	**2010_6**	**2010_7**	**2010_8**	**2010_9**	**2010_10**	**2010_11**	**2010_12**
Río Chenche 6	0.26	0.21	0.15	0.05	0.21	0.30	0.12	0.64	0.27	0.23	0.09	0.16
Quebrada Cabuyal	0.27	0.22	0.23	0.04	0.28	0.41	0.13	0.76	0.26	0.31	0.10	0.24
Río Chenche 5	0.30	0.24	0.27	0.04	0.28	0.51	0.13	0.81	0.32	0.40	0.09	0.28
Quebrada Carmen	0.29	0.18	0.16	0.05	0.18	0.29	0.12	0.66	0.23	0.22	0.09	0.16
Río Chenche 4	0.29	0.15	0.14	0.05	0.16	0.24	0.11	0.62	0.21	0.17	0.08	0.13
Quebrada Socorro	0.26	0.12	0.13	0.05	0.15	0.23	0.10	0.66	0.17	0.17	0.08	0.12
Río Chenche 3	0.29	0.13	0.13	0.05	0.15	0.23	0.11	0.63	0.18	0.16	0.07	0.11
Quebrada Zaragoza	0.24	0.11	0.13	0.05	0.15	0.23	0.09	0.75	0.16	0.18	0.07	0.12
Río Chenche 2	0.25	0.12	0.13	0.05	0.15	0.22	0.10	0.68	0.17	0.16	0.07	0.11
Quebrada Zanja Honda	0.26	0.11	0.12	0.05	0.15	0.22	0.09	0.65	0.16	0.15	0.07	0.10
Río Chenche 1	0.25	0.10	0.12	0.05	0.14	0.21	0.09	0.66	0.15	0.14	0.07	0.10
Río Hilarco	0.28	0.14	0.13	0.05	0.15	0.23	0.11	0.62	0.21	0.15	0.07	0.11
Quebrada Guaguarco 3	0.30	0.15	0.14	0.05	0.17	0.22	0.13	0.65	0.25	0.12	0.07	0.10
Quebrada Baloca Grande	0.30	0.15	0.14	0.05	0.18	0.22	0.13	0.66	0.24	0.12	0.07	0.10
Quebrada Guaguarco 2	0.29	0.14	0.13	0.05	0.16	0.22	0.12	0.63	0.21	0.13	0.07	0.10
Quebrada Totarco	0.27	0.13	0.12	0.05	0.15	0.20	0.11	0.61	0.19	0.11	0.06	0.09
Quebrada Guaguarco 1	0.27	0.12	0.12	0.05	0.15	0.21	0.10	0.61	0.17	0.13	0.07	0.09
Río Anchique 3	0.31	0.18	0.21	0.05	0.27	0.25	0.16	0.81	0.33	0.10	0.07	0.12
Quebrada Natarroco	0.28	0.14	0.14	0.05	0.18	0.21	0.13	0.68	0.23	0.10	0.06	0.09
Río Anchique 2	0.27	0.13	0.13	0.05	0.17	0.21	0.13	0.64	0.22	0.10	0.06	0.08
Quebrada Chocho	0.22	0.10	0.10	0.04	0.13	0.18	0.10	0.53	0.14	0.09	0.05	0.07
Río Anchique 1	0.24	0.11	0.10	0.04	0.14	0.18	0.12	0.57	0.17	0.09	0.05	0.07
Quebrada Yaco	0.37	0.21	0.13	0.05	0.24	0.24	0.21	0.72	0.30	0.09	0.06	0.07
Directos Magdalena Anchique Chenche	0.31	0.19	0.14	0.05	0.20	0.24	0.15	0.66	0.29	0.13	0.07	0.11

44.1.3. IA en la SZH Bajo Saldaña

En aras de conocer y determinar el comportamiento espacial y temporal del índice de aridez, la subzona hidrográfica Bajo Saldaña se subdividió en 18 unidades hidrográficas de análisis (*Tabla 650*, *Figura 899*).

Tabla 650. Unidades hidrográficas de análisis, subzona hidrográfica río Bajo Saldaña

BAJO SALDAÑA	
Nombre Unidad de Análisis	**Descripción**
Río Saldaña 21	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Lemaya - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Magdalena
Quebrada Lemaya	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
Río Saldaña 20	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Chicora - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Lemaya
Quebrada Chícora	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
Río Saldaña 19	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada La Pedregosa - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Chicora
Quebrada Pedregosa	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
Río Saldaña 18	Desde aguas debajo de la confluencia del Río Cucuana - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada La Pedregosa
Río Saldaña 17	Desde aguas debajo de la Captación USOSALDAÑA - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río Cucuana
Río Saldaña 16	Desde aguas debajo de la confluencia del Río Ortega - Hasta aguas arriba de la Captación USOSALDAÑA
Río Saldaña 15	Desde aguas debajo de la confluencia del Río Tetúan - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río Ortega
Río Saldaña 14	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Aico - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río Tetúan
Quebrada Aíco	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
Río Saldaña 13	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Meche - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Aico
Quebrada Meche	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
Río Saldaña 12	Desde aguas debajo de la Captación Triangulo del Tolima - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Meche
Río Saldaña 11	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Olini - Hasta aguas arriba de la Captación Triangulo del Tolima
Quebrada Olíní	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
Río Saldaña 10	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Guaní - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Olini

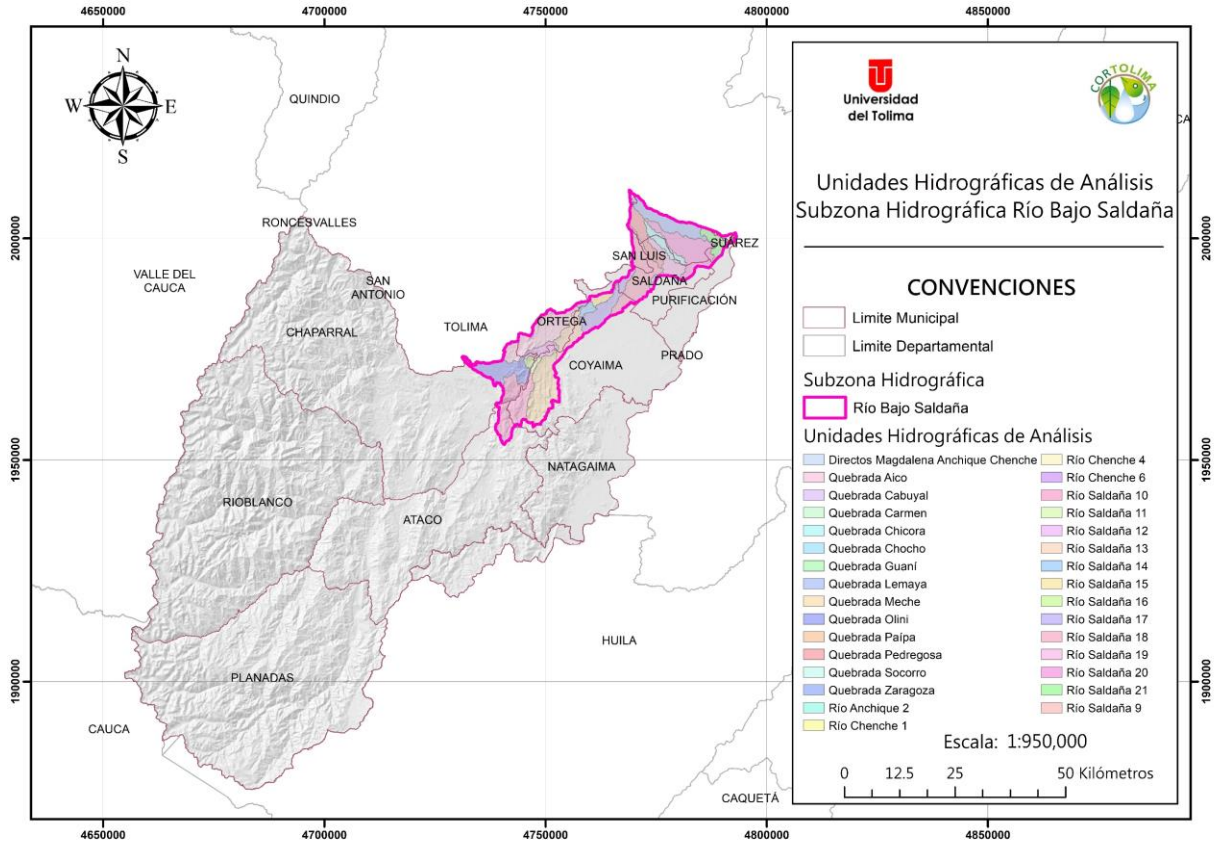


Figura 899. Unidades hidrográficas de análisis, subzona hidrográfica río Bajo Saldaña. Elaboración propia.

44.1.3.1. Análisis Índice de Aridez

En la condición hidrológica media se presenta el índice de aridez más alto en las unidades hidrográficas del río Saldaña 14 al 18 *Figura 900*) en el mes de agosto. Así mismo, se presenta el menor índice de aridez (<15) en el 90% de la subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña en los meses de marzo, abril, mayo, octubre y noviembre (*Tabla 651*).

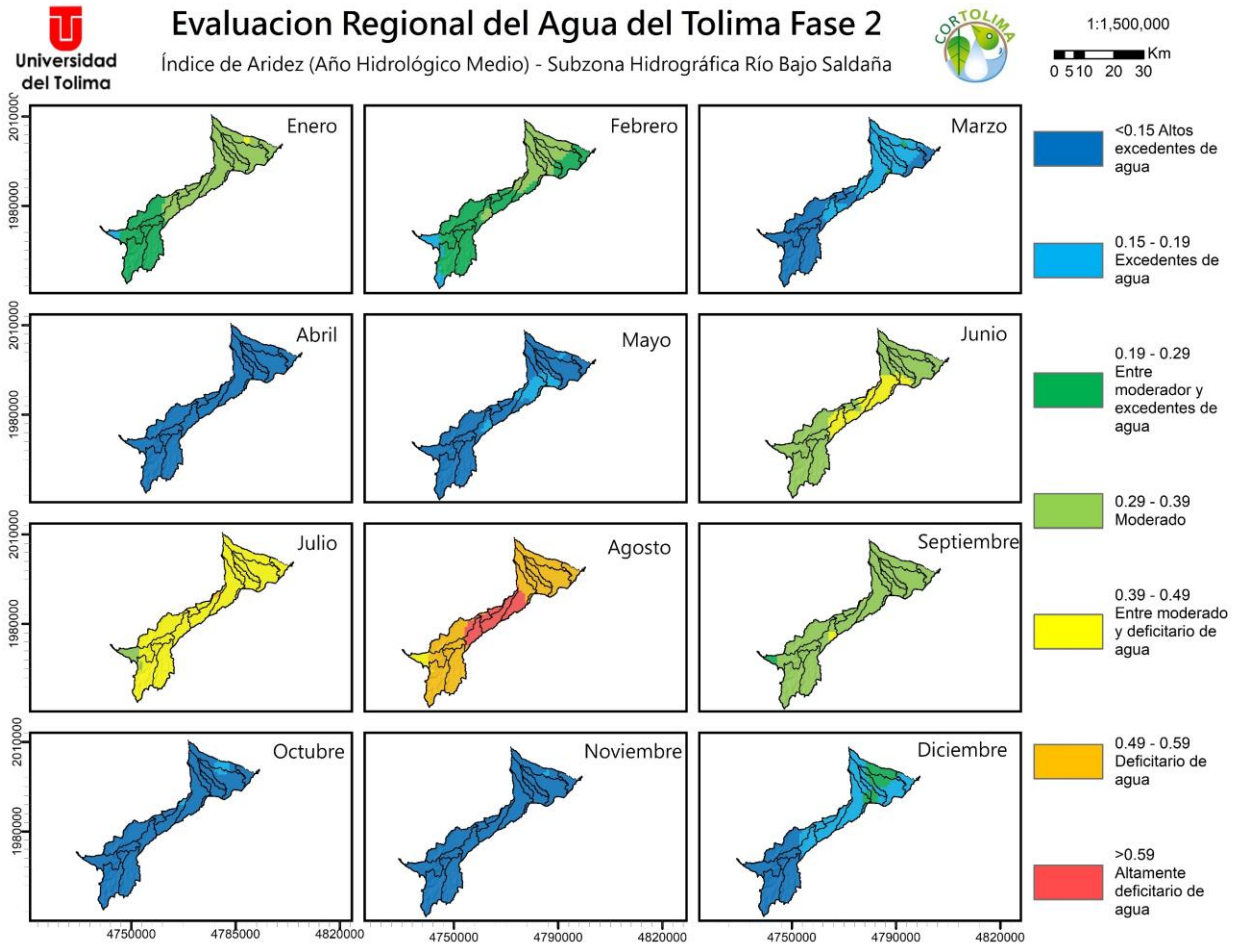


Figura 900. Índice de aridez condición hidrológica media de la subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña. Elaboración propia.

Tabla 651: Índice de aridez medio mensual en año medio para las unidades hidrográficas del Río Bajo Saldaña

	MES											
Nombre Unidad de Análisis	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Rio Saldaña 21	0.30	0.27	0.14	0.10	0.13	0.36	0.43	0.56	0.31	0.12	0.12	0.17
Quebrada Lemaya	0.35	0.31	0.17	0.10	0.14	0.36	0.45	0.55	0.33	0.14	0.13	0.20
Rio Saldaña 20	0.33	0.29	0.16	0.10	0.14	0.37	0.45	0.56	0.33	0.14	0.12	0.18
Quebrada Chicora	0.33	0.29	0.16	0.10	0.14	0.37	0.45	0.56	0.33	0.14	0.12	0.19
Rio Saldaña 19	0.33	0.29	0.17	0.10	0.15	0.39	0.45	0.57	0.34	0.14	0.13	0.19
Quebrada Pedregosa	0.33	0.30	0.16	0.10	0.14	0.36	0.45	0.55	0.33	0.14	0.12	0.18
Rio Saldaña 18	0.33	0.29	0.16	0.10	0.15	0.40	0.46	0.59	0.34	0.14	0.12	0.18
Rio Saldaña 17	0.32	0.29	0.15	0.11	0.15	0.41	0.47	0.62	0.37	0.14	0.11	0.16
Rio Saldaña 16	0.34	0.33	0.16	0.11	0.15	0.43	0.49	0.66	0.38	0.15	0.12	0.16
Rio Saldaña 15	0.31	0.28	0.15	0.11	0.14	0.39	0.45	0.60	0.35	0.14	0.11	0.16
Rio Saldaña 14	0.30	0.27	0.15	0.11	0.14	0.39	0.45	0.59	0.36	0.13	0.10	0.16
Quebrada Aico	0.26	0.23	0.13	0.10	0.12	0.35	0.42	0.55	0.35	0.12	0.09	0.13
Rio Saldaña 13	0.30	0.28	0.15	0.11	0.15	0.42	0.47	0.63	0.38	0.13	0.10	0.16
Quebrada Meche	0.25	0.22	0.13	0.10	0.13	0.35	0.43	0.54	0.34	0.12	0.08	0.13
Rio Saldaña 12	0.26	0.24	0.13	0.10	0.13	0.36	0.43	0.55	0.35	0.12	0.09	0.13
Rio Saldaña 11	0.24	0.21	0.12	0.10	0.12	0.34	0.41	0.52	0.33	0.11	0.08	0.12
Quebrada Olini	0.20	0.19	0.11	0.09	0.11	0.32	0.39	0.48	0.30	0.10	0.07	0.11
Rio Saldaña 10	0.22	0.20	0.12	0.10	0.12	0.33	0.41	0.51	0.32	0.11	0.08	0.11

En la condición hidrológica seca se presenta el índice de aridez más alto (>0.59) en el 80% de la subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña en los meses de enero, julio, agosto y diciembre (*Figura 901*). Así mismo, se presenta el menor índice de aridez (<15) en el 90% de la subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña en los meses de abril y noviembre *Tabla 652*.

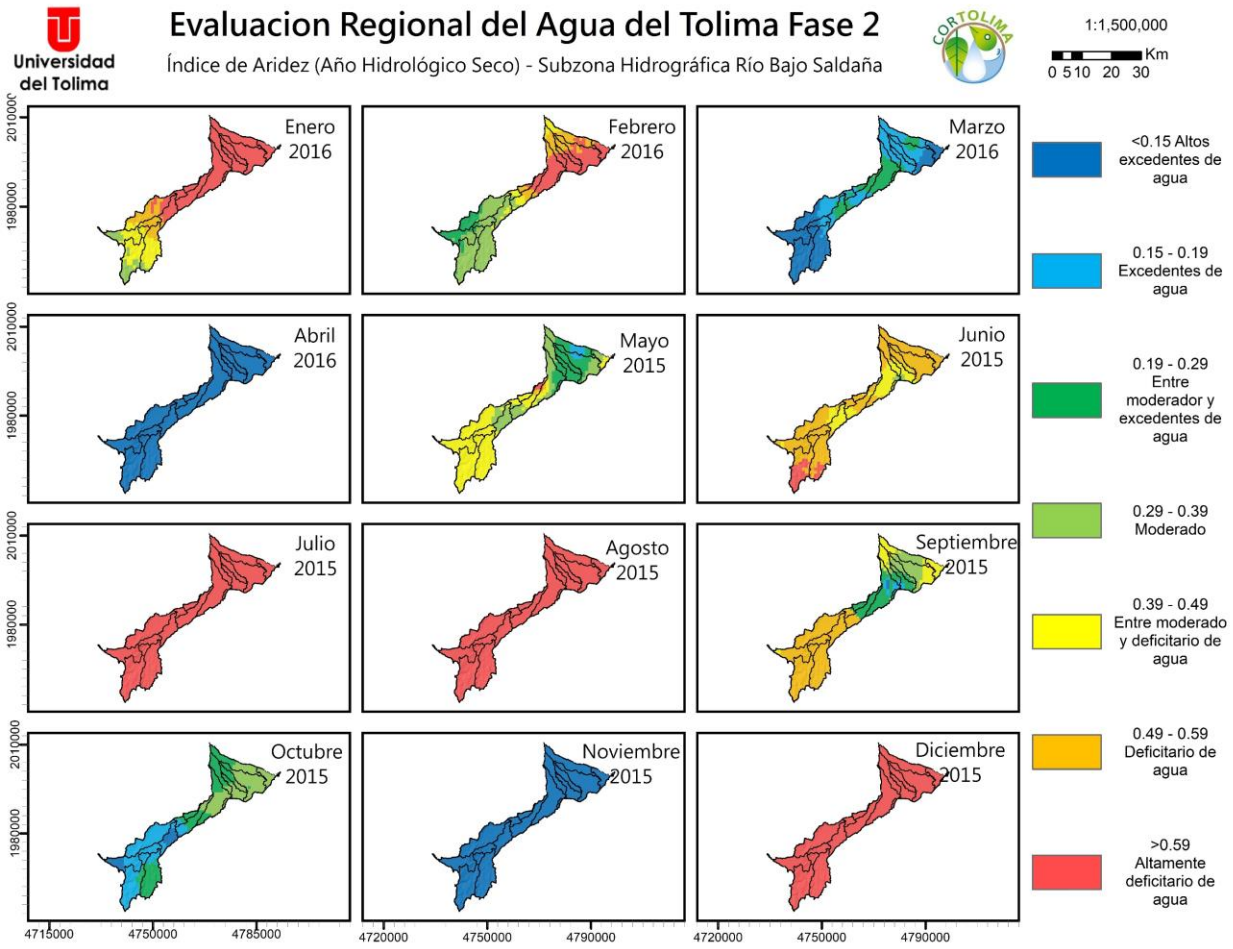


Figura 901. Índice de aridez condición hidrológica seca de la subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña. Elaboración propia.

Tabla 652: Índice de aridez medio mensual en año seco para las unidades hidrográficas del Río Bajo Saldaña

	MES											
Nombre Unidad de Análisis	**2016_1**	**2016_2**	**2016_3**	**2016_4**	**2015_5**	**2015_6**	**2015_7**	**2015_8**	**2015_9**	**2015_10**	**2015_11**	**2015_12**
Rio Saldaña 21	0.69	0.63	0.11	0.08	0.38	0.56	0.81	0.93	0.43	0.32	0.10	0.73
Quebrada Lemaya	0.82	0.53	0.19	0.09	0.24	0.55	0.87	0.97	0.39	0.27	0.10	0.75
Rio Saldaña 20	0.77	0.60	0.16	0.09	0.27	0.53	0.86	0.95	0.38	0.30	0.10	0.75
Quebrada Chicora	0.79	0.58	0.18	0.09	0.26	0.51	0.85	0.95	0.33	0.28	0.10	0.77
Rio Saldaña 19	0.80	0.65	0.18	0.08	0.24	0.45	0.88	0.96	0.26	0.30	0.10	0.69
Quebrada Pedregosa	0.76	0.55	0.18	0.09	0.29	0.51	0.83	0.95	0.36	0.26	0.11	0.78
Rio Saldaña 18	0.77	0.65	0.20	0.10	0.34	0.47	0.86	0.96	0.23	0.29	0.11	0.68
Rio Saldaña 17	0.71	0.59	0.22	0.12	0.46	0.50	0.84	0.97	0.35	0.24	0.12	0.74
Rio Saldaña 16	0.80	0.78	0.27	0.13	0.61	0.51	0.92	1.00	0.25	0.30	0.12	0.73
Rio Saldaña 15	0.72	0.53	0.21	0.11	0.46	0.51	0.80	0.96	0.30	0.24	0.12	0.79
Rio Saldaña 14	0.67	0.44	0.19	0.11	0.40	0.50	0.78	0.95	0.48	0.19	0.13	0.84
Quebrada Aico	0.55	0.31	0.15	0.11	0.41	0.51	0.74	0.94	0.53	0.16	0.12	0.86
Rio Saldaña 13	0.67	0.37	0.20	0.13	0.36	0.46	0.81	0.98	0.56	0.14	0.13	0.86
Quebrada Meche	0.46	0.36	0.14	0.11	0.44	0.57	0.72	0.92	0.55	0.20	0.12	0.88
Rio Saldaña 12	0.54	0.33	0.15	0.11	0.41	0.52	0.74	0.94	0.54	0.17	0.12	0.87
Rio Saldaña 11	0.48	0.31	0.14	0.11	0.42	0.54	0.71	0.92	0.53	0.18	0.12	0.87
Quebrada Olini	0.41	0.29	0.12	0.10	0.42	0.54	0.70	0.89	0.52	0.15	0.10	0.85
Rio Saldaña 10	0.39	0.31	0.13	0.10	0.45	0.59	0.69	0.91	0.56	0.18	0.11	0.88

En la condición hidrológica húmeda se presenta el índice de aridez más alto en las unidades hidrográficas del río Bajo Saldaña en más del 90% en el mes de agosto (>0.59) (*Figura 902*). Así mismo, se presenta el menor índice de aridez (<15) en el 90% de la subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña en los meses de marzo, abril, julio y noviembre (*Tabla 677*).

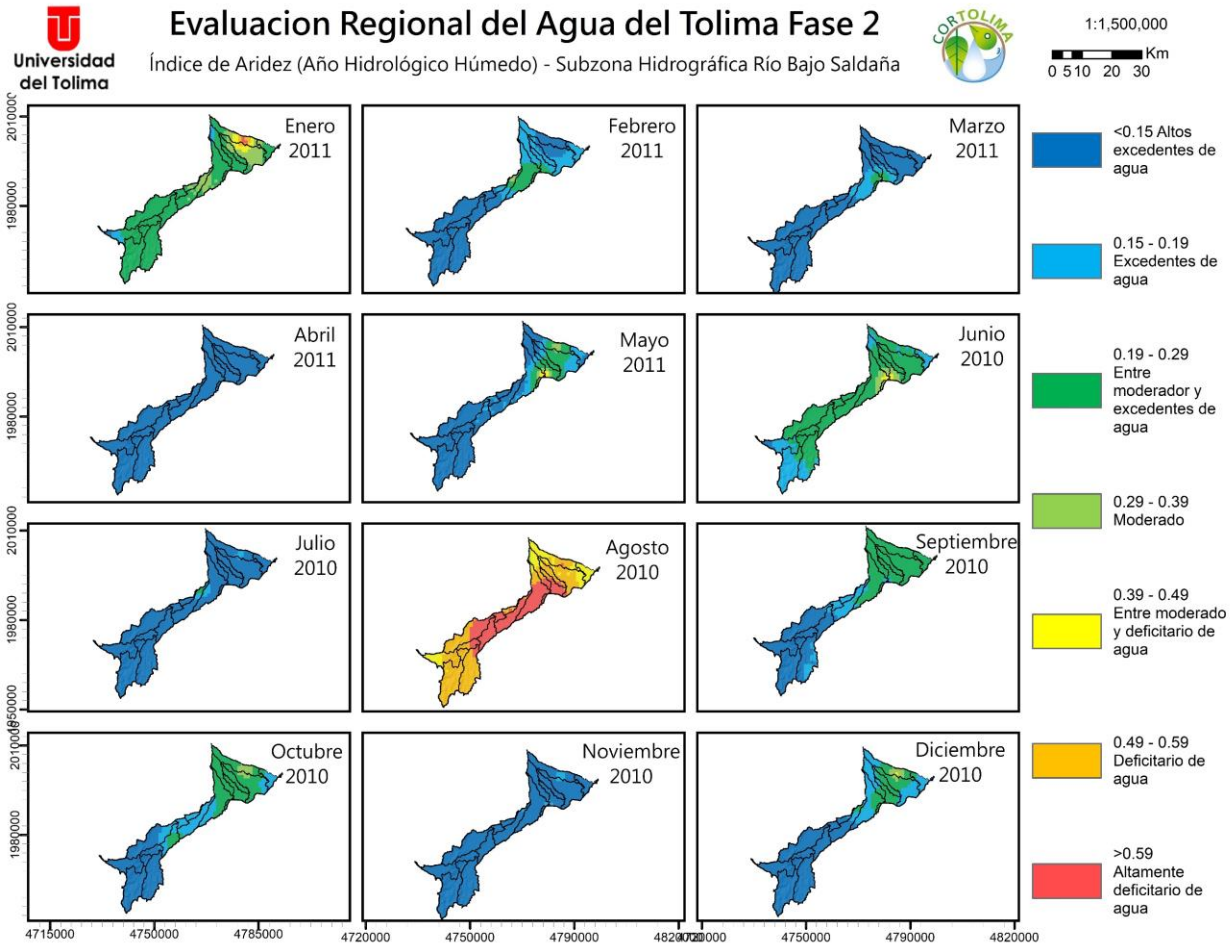


Figura 902. Índice de aridez condición hidrológica húmeda de la subzona hidrográfica del río Bajo Saldaña. Elaboración propia.

Tabla 653: Índice de aridez medio mensual en año húmedo para las unidades hidrográficas del Río Bajo Saldaña

	MES											
Nombre Unidad de Análisis	**2011_1**	**2011_2**	**2011_3**	**2011_4**	**2011_5**	**2010_6**	**2010_7**	**2010_8**	**2010_9**	**2010_10**	**2010_11**	**2010_12**
Rio Saldaña 21	0.28	0.17	0.14	0.05	0.16	0.18	0.10	0.45	0.25	0.18	0.08	0.18
Quebrada Lemaya	0.38	0.14	0.11	0.05	0.19	0.19	0.13	0.49	0.22	0.26	0.12	0.24
Rio Saldaña 20	0.34	0.15	0.13	0.05	0.19	0.21	0.12	0.51	0.23	0.23	0.10	0.20
Quebrada Chicora	0.28	0.16	0.13	0.05	0.19	0.23	0.12	0.54	0.21	0.24	0.10	0.20
Rio Saldaña 19	0.25	0.18	0.17	0.05	0.26	0.30	0.12	0.64	0.21	0.24	0.11	0.21
Quebrada Pedregosa	0.21	0.17	0.12	0.04	0.15	0.23	0.12	0.50	0.21	0.22	0.10	0.19
Rio Saldaña 18	0.26	0.20	0.16	0.05	0.18	0.27	0.13	0.61	0.20	0.20	0.11	0.18
Rio Saldaña 17	0.28	0.19	0.14	0.05	0.14	0.24	0.14	0.63	0.17	0.17	0.10	0.15
Rio Saldaña 16	0.32	0.28	0.16	0.06	0.12	0.26	0.20	0.60	0.17	0.17	0.14	0.18
Rio Saldaña 15	0.29	0.17	0.13	0.05	0.15	0.22	0.12	0.57	0.18	0.16	0.09	0.15
Rio Saldaña 14	0.27	0.13	0.13	0.05	0.15	0.21	0.10	0.62	0.16	0.17	0.08	0.12
Quebrada Aico	0.24	0.10	0.11	0.04	0.14	0.22	0.08	0.60	0.13	0.13	0.07	0.09
Rio Saldaña 13	0.23	0.09	0.13	0.05	0.14	0.23	0.08	0.80	0.14	0.19	0.07	0.11
Quebrada Meche	0.25	0.11	0.11	0.05	0.14	0.19	0.10	0.56	0.15	0.11	0.06	0.08
Rio Saldaña 12	0.25	0.10	0.11	0.05	0.14	0.21	0.09	0.60	0.13	0.13	0.07	0.09
Rio Saldaña 11	0.24	0.10	0.10	0.05	0.13	0.20	0.09	0.55	0.12	0.11	0.06	0.08
Quebrada Olini	0.19	0.09	0.09	0.04	0.12	0.17	0.09	0.48	0.10	0.10	0.06	0.06
Rio Saldaña 10	0.22	0.10	0.10	0.05	0.13	0.18	0.10	0.52	0.13	0.10	0.06	0.07

44.1.4. IA en la SZH Medio Saldaña

En aras de conocer y determinar el comportamiento espacial y temporal de la evapotranspiración real e índice de aridez, la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña se subdividió en 7 unidades hidrográficas de análisis (*Tabla 654*, *Figura 903*), para lo cual se generaron los mapas de evapotranspiración real e índice de aridez con la información calculada a través del algoritmo de aprendizaje de máquinas (machine learning).

Tabla 654. Unidades hidrográficas de análisis, subzona hidrográfica río Medio Saldaña

MEDIO SALDAÑA	
Nombre Unidad de Análisis	**Descripción**
Rio Saldaña 9	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Paipa - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río Amoyá
Quebrada Paipa	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
Rio Saldaña 8	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada El Guanábano - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Paipa
Quebrada Guanabano	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
Rio Saldaña 7	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Pole - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada El Guanábano
Quebrada Pole	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
Rio Saldaña 6	Desde aguas debajo de la confluencia del Río Mendarco - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Pole

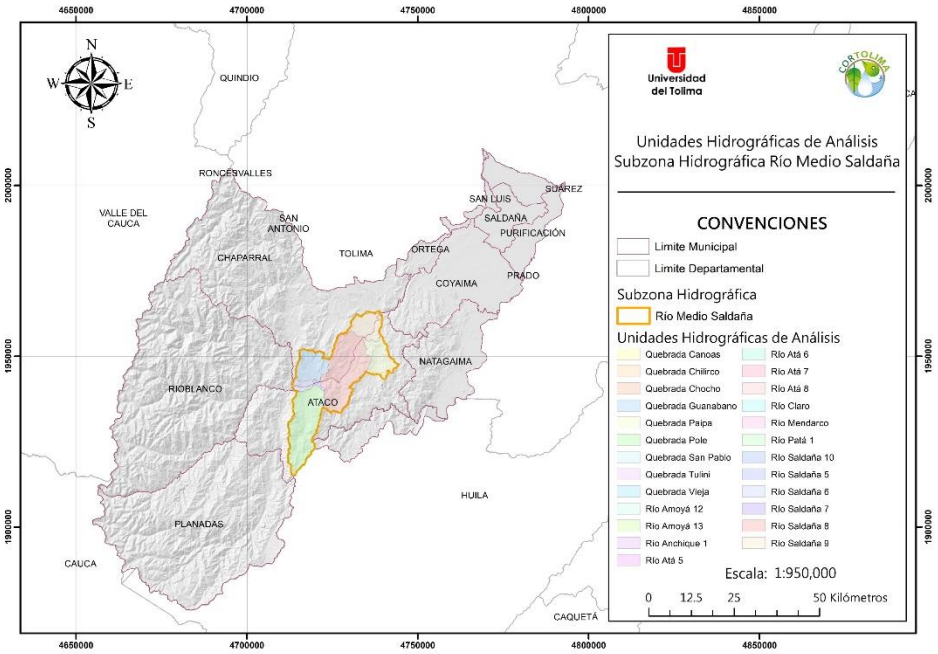


Figura 903. Unidades hidrográficas de análisis, subzona hidrográfica río Medio Saldaña. Elaboración propia.

44.1.4.1. Análisis Índice de Aridez

En la condición hidrológica media se presenta el índice de aridez más alto (>0.59) en el 80% de la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña en el mes de agosto (*Figura 904*). Así mismo, se presenta el menor índice de aridez (<15) en el 90% de la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña en los meses de marzo, abril, mayo octubre, noviembre y diciembre *Tabla 655*.

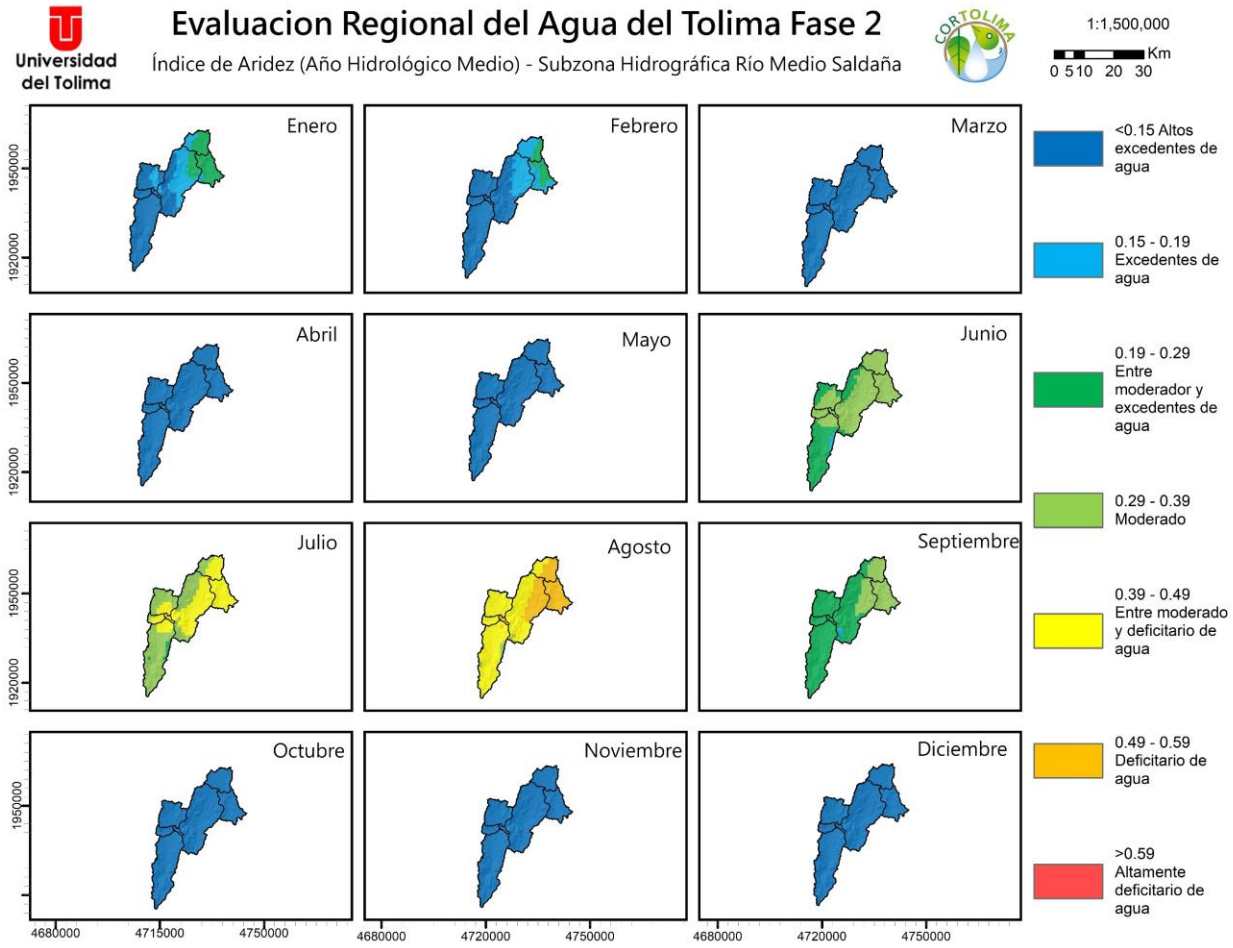


Figura 904. Índice de aridez condición hidrológica media de la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña. Elaboración propia.

Tabla 655: Índice de aridez medio mensual en año medio para las unidades hidrográficas del Río Medio Saldaña

	MES											
Nombre Unidad de Análisis	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Rio Saldaña 10	0.22	0.20	0.12	0.10	0.12	0.33	0.41	0.51	0.32	0.11	0.08	0.11
Rio Saldaña 9	0.20	0.18	0.11	0.09	0.12	0.32	0.39	0.49	0.30	0.10	0.07	0.10
Quebrada Paipa	0.21	0.19	0.11	0.10	0.12	0.34	0.42	0.53	0.32	0.10	0.08	0.11
Rio Saldaña 8	0.16	0.14	0.09	0.08	0.10	0.31	0.39	0.47	0.26	0.08	0.06	0.08
Quebrada Guanabano	0.14	0.13	0.09	0.08	0.10	0.29	0.37	0.45	0.25	0.08	0.06	0.08
Rio Saldaña 7	0.14	0.12	0.09	0.08	0.10	0.35	0.42	0.48	0.26	0.07	0.06	0.08
Quebrada Pole	0.12	0.11	0.08	0.07	0.09	0.25	0.34	0.44	0.25	0.07	0.05	0.07
Rio Saldaña 6	0.14	0.12	0.09	0.08	0.10	0.33	0.40	0.48	0.26	0.08	0.06	0.08

En la condición hidrológica seca se presenta el índice de aridez más alto (>0.59) en el 85% de la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña en los meses de junio, julio, agosto y diciembre (*Figura 905*). Así mismo, se presenta el menor índice de aridez (<15) en el 90% de la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña en los meses de marzo, abril y noviembre *Tabla 656*.

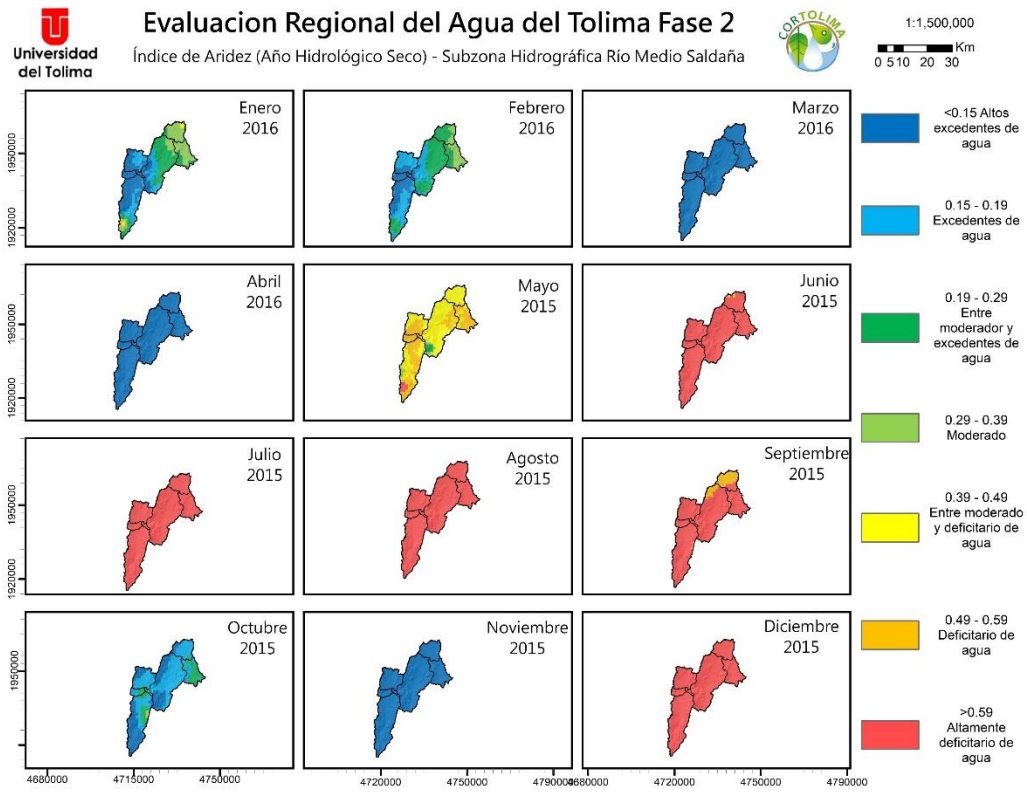


Figura 905. Índice de aridez condición hidrológica seca de la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña. Elaboración propia.

Tabla 656: Índice de aridez medio mensual en año seco para las unidades hidrográficas del Río Medio Saldaña

	MES											
Nombre Unidad de Análisis	**2016_1**	**2016_2**	**2016_3**	**2016_4**	**2015_5**	**2015_6**	**2015_7**	**2015_8**	**2015_9**	**2015_10**	**2015_11**	**2015_12**
Rio Saldaña 10	0.39	0.31	0.13	0.10	0.45	0.59	0.69	0.91	0.56	0.18	0.11	0.88
Rio Saldaña 9	0.33	0.27	0.12	0.10	0.46	0.61	0.68	0.90	0.57	0.16	0.11	0.87
Quebrada Paipa	0.30	0.30	0.12	0.10	0.50	0.66	0.71	0.91	0.63	0.20	0.12	0.89
Rio Saldaña 8	0.21	0.21	0.10	0.08	0.44	0.75	0.76	0.92	0.69	0.16	0.09	0.87
Quebrada Guanabano	0.15	0.16	0.09	0.08	0.49	0.74	0.75	0.90	0.71	0.16	0.09	0.87
Rio Saldaña 7	0.13	0.13	0.09	0.08	0.52	0.86	0.88	0.95	0.86	0.18	0.08	0.88
Quebrada Pole	0.18	0.16	0.07	0.07	0.50	0.80	0.77	0.87	0.77	0.15	0.09	0.83
Rio Saldaña 6	0.13	0.13	0.09	0.08	0.54	0.83	0.85	0.93	0.84	0.18	0.09	0.88

En la condición hidrológica húmeda se presenta el índice de aridez más alto en las unidades hidrográficas del río Medio Saldaña en el mes de agosto (>0.59) (*Figura 906*). Así mismo, se presenta el menor índice de aridez (<15) en el 90% de la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña en los meses de febrero, marzo, abril, mayo, julio, septiembre, octubre, noviembre y diciembre (*Tabla 657*).

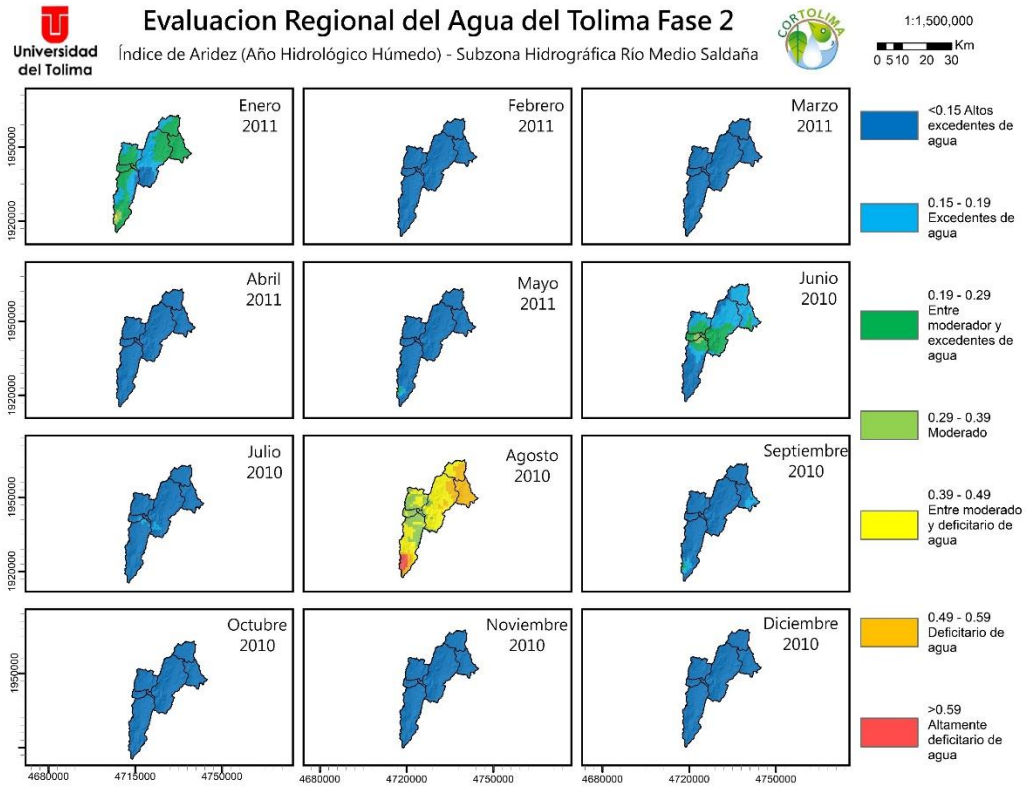


Figura 906. Índice de aridez condición hidrológica húmeda de la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña. Elaboración propia.

Tabla 657: Índice de aridez medio mensual en año húmedo para las unidades hidrográficas del Río Medio Saldaña

	MES											
Nombre Unidad de Análisis	**2011_1**	**2011_2**	**2011_3**	**2011_4**	**2011_5**	**2010_6**	**2010_7**	**2010_8**	**2010_9**	**2010_10**	**2010_11**	**2010_12**
Rio Saldaña 10	0.22	0.10	0.10	0.05	0.13	0.18	0.10	0.52	0.13	0.10	0.06	0.07
Rio Saldaña 9	0.20	0.10	0.10	0.04	0.12	0.16	0.10	0.49	0.11	0.10	0.05	0.07
Quebrada Paipa	0.23	0.10	0.10	0.05	0.13	0.18	0.11	0.53	0.14	0.09	0.05	0.07
Rio Saldaña 8	0.17	0.07	0.07	0.04	0.10	0.19	0.11	0.45	0.11	0.07	0.04	0.06
Quebrada Guanabano	0.19	0.07	0.09	0.04	0.10	0.19	0.11	0.39	0.10	0.08	0.04	0.06
Rio Saldaña 7	0.18	0.06	0.08	0.04	0.10	0.28	0.14	0.38	0.09	0.07	0.04	0.06
Quebrada Pole	0.21	0.06	0.07	0.03	0.10	0.15	0.10	0.45	0.12	0.07	0.03	0.04
Rio Saldaña 6	0.20	0.06	0.09	0.04	0.10	0.26	0.13	0.37	0.10	0.07	0.04	0.07

44.1.5. IA en la SZH Alto Saldaña

En aras de conocer y determinar el comportamiento espacial y temporal de la evapotranspiración real e índice de aridez, la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña se subdividió en 10 unidades hidrográficas de análisis (*Tabla 658*, *Figura 907*).

Tabla 658. Unidades hidrográficas de análisis, subzona hidrográfica río Alto Saldaña

ALTO SALDAÑA	
Nombre Unidad de Análisis	**Descrip**
Rio Mendarco	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
Rio Saldaña 5	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada La Lindosa - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río Mendarco
Quebrada Lindosa	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
Rio Saldaña 4	Desde aguas debajo de la confluencia del Río Siquila - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada La Lindosa
Rio Siquila	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
Rio Saldaña 3	Desde aguas debajo de la confluencia del Río Hereje - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río Siquila
Rio Hereje	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
Rio Saldaña 2	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río Hereje
Rio Candelario	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
Rio Saldaña 1	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río Hereje

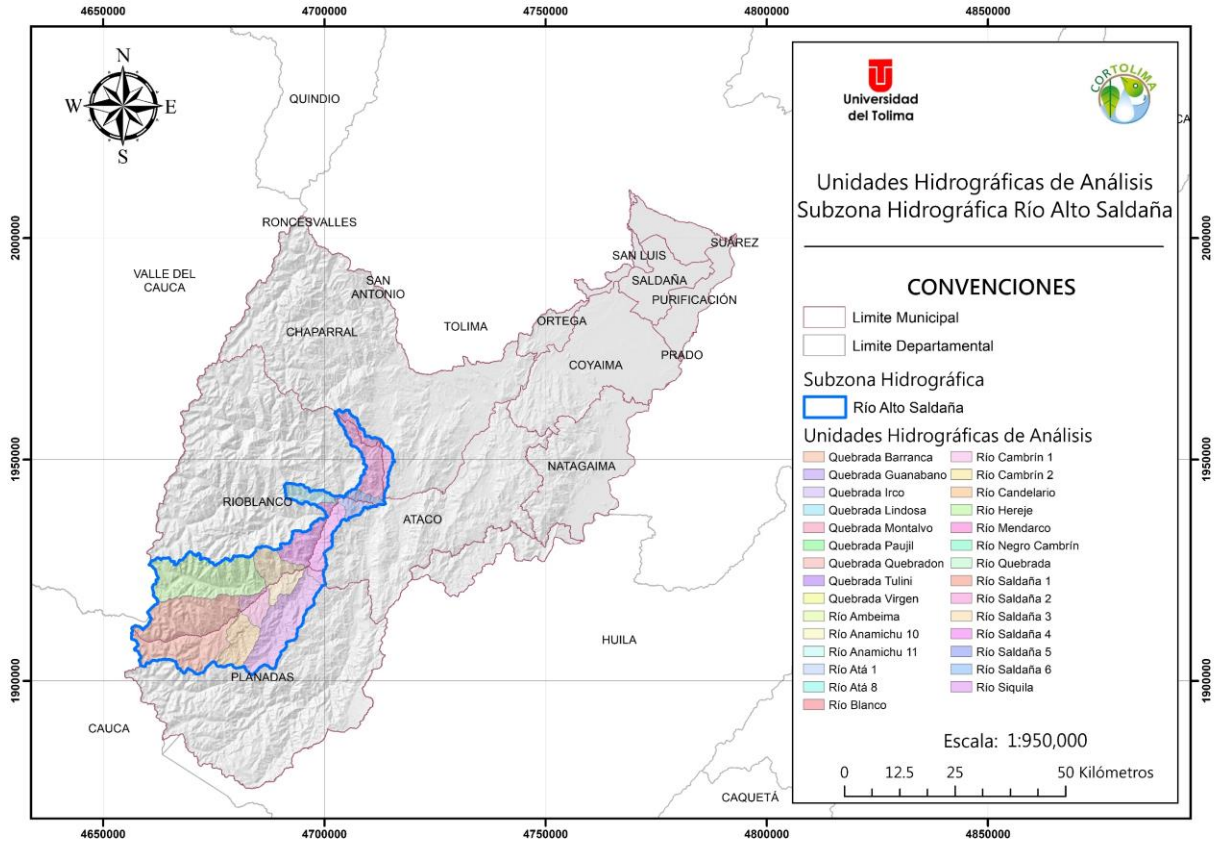


Figura 907. Unidades hidrográficas de análisis, subzona hidrográfica río Alto Saldaña. Elaboración propia.

44.1.5.1. Análisis Índice de Aridez

En la condición hidrológica media se presenta el índice de aridez más alto (>0.59) en el 40% de la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña en el mes de agosto (*Figura 908*). Así mismo, se presenta el menor índice de aridez (<15) en el 90% de la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña en los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo octubre, noviembre y diciembre (*Tabla 659*).

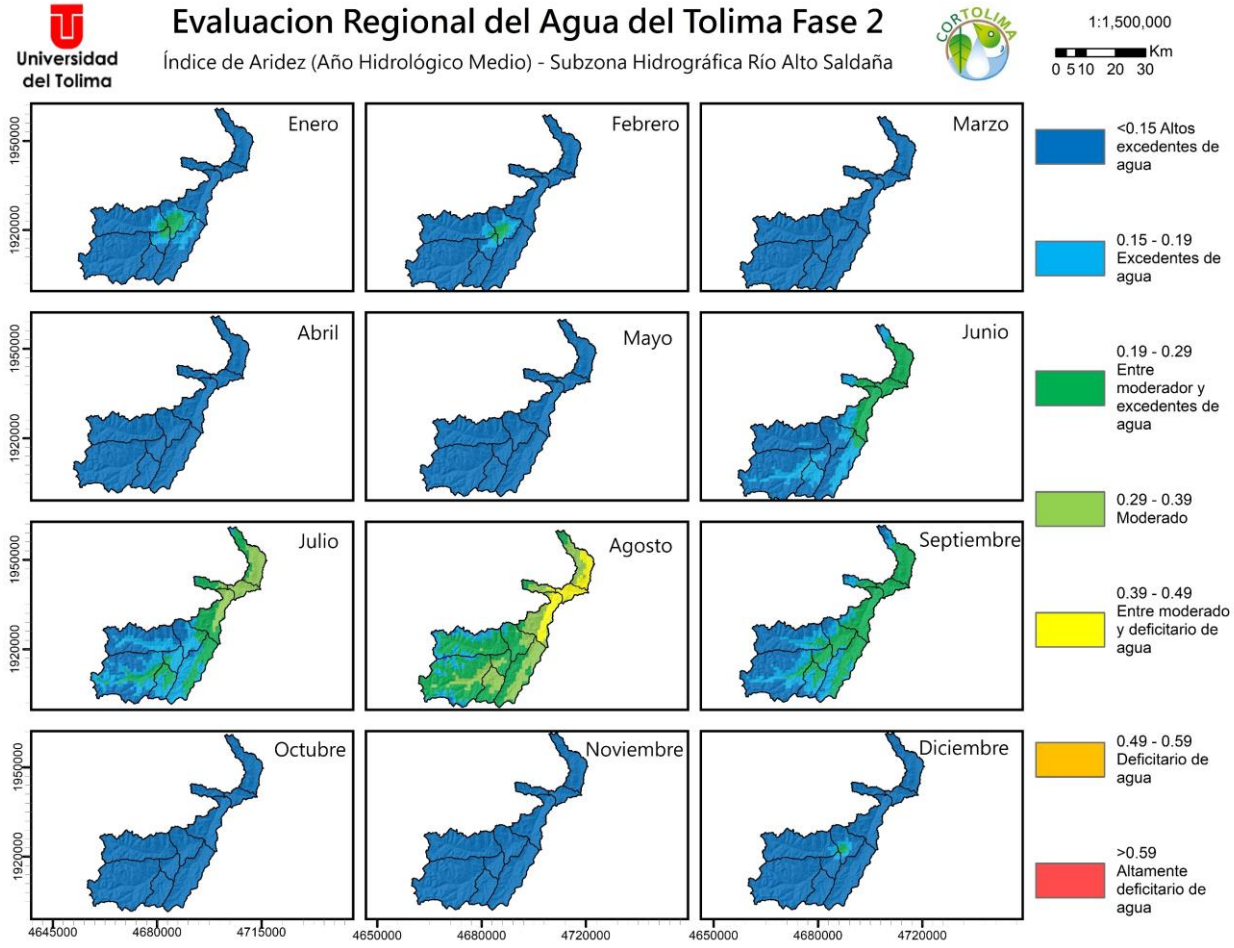


Figura 908. Índice de aridez condición hidrológica media de la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña. Elaboración propia.

Tabla 659: Índice de aridez medio mensual en año medio para las unidades hidrográficas del Río Alto Saldaña

	MES											
Nombre Unidad de Análisis	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Rio Mendarco	0.11	0.11	0.08	0.07	0.09	0.22	0.29	0.37	0.21	0.07	0.06	0.08
Rio Saldaña 5	0.12	0.12	0.08	0.07	0.09	0.25	0.33	0.43	0.24	0.08	0.06	0.08
Quebrada Lindosa	0.11	0.11	0.07	0.07	0.08	0.19	0.25	0.33	0.18	0.07	0.06	0.07
Rio Saldaña 4	0.13	0.12	0.08	0.07	0.08	0.21	0.27	0.38	0.22	0.08	0.06	0.09
Rio Siquila	0.13	0.12	0.08	0.07	0.08	0.15	0.19	0.30	0.19	0.07	0.06	0.09
Rio Saldaña 3	0.18	0.16	0.09	0.09	0.08	0.14	0.16	0.26	0.19	0.09	0.08	0.13
Rio Hereje	0.10	0.09	0.06	0.06	0.06	0.12	0.14	0.21	0.13	0.06	0.05	0.07
Rio Saldaña 2	0.16	0.15	0.09	0.08	0.08	0.15	0.17	0.28	0.20	0.09	0.08	0.12
Rio Candelario	0.11	0.10	0.07	0.07	0.07	0.15	0.18	0.28	0.18	0.07	0.06	0.08
Rio Saldaña 1	0.08	0.08	0.06	0.05	0.06	0.13	0.15	0.23	0.14	0.05	0.04	0.06

En la condición hidrológica seca se presenta el índice de aridez más alto (>0.59) en el 85% de la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña en los meses de agosto y diciembre (*Figura 909*). Así mismo, se presenta el menor índice de aridez (<15) en el 80% de la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña en los meses de marzo, abril, octubre y noviembre (*Tabla 660*).

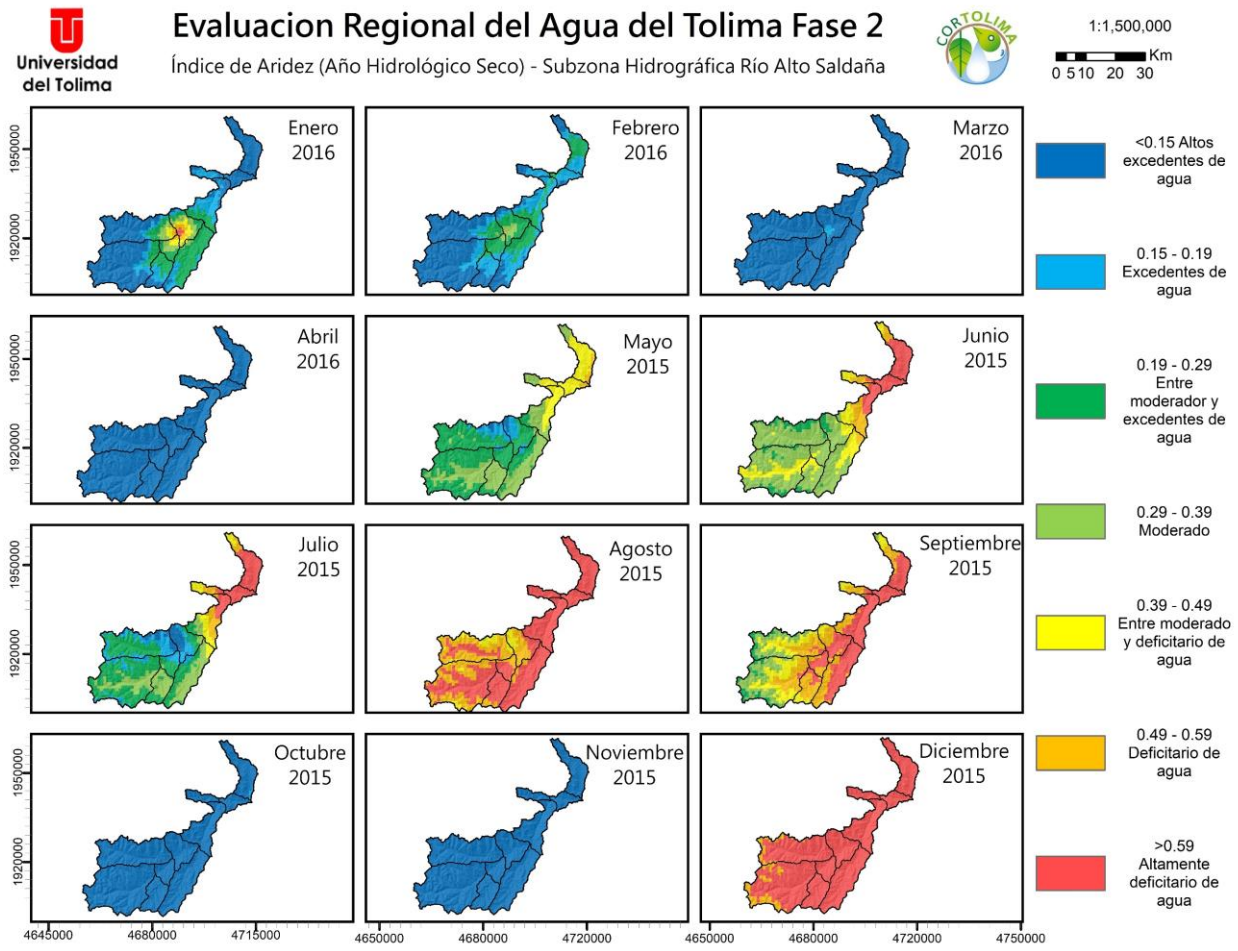


Figura 909. Índice de aridez condición hidrológica seca de la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña. Elaboración propia.

Tabla 660: Índice de aridez medio mensual en año seco para las unidades hidrográficas del Río Alto Saldaña

	MES											
Nombre Unidad de Análisis	**2016_1**	**2016_2**	**2016_3**	**2016_4**	**2015_5**	**2015_6**	**2015_7**	**2015_8**	**2015_9**	**2015_10**	**2015_11**	**2015_12**
Rio Mendarco	0.11	0.18	0.08	0.07	0.44	0.64	0.64	0.82	0.58	0.11	0.10	0.81
Rio Saldaña 5	0.12	0.17	0.08	0.07	0.46	0.70	0.69	0.82	0.66	0.13	0.11	0.84
Quebrada Lindosa	0.15	0.15	0.08	0.07	0.37	0.50	0.50	0.74	0.53	0.11	0.09	0.75
Rio Saldaña 4	0.18	0.18	0.08	0.07	0.37	0.55	0.49	0.73	0.63	0.12	0.10	0.80
Rio Siquila	0.22	0.18	0.08	0.07	0.30	0.38	0.30	0.65	0.60	0.12	0.09	0.77
Rio Saldaña 3	0.37	0.24	0.11	0.07	0.20	0.34	0.18	0.55	0.57	0.12	0.09	0.78
Rio Hereje	0.15	0.12	0.07	0.06	0.22	0.32	0.20	0.55	0.42	0.09	0.07	0.68
Rio Saldaña 2	0.32	0.22	0.10	0.07	0.22	0.36	0.21	0.59	0.59	0.13	0.10	0.79
Rio Candelario	0.18	0.15	0.07	0.06	0.30	0.36	0.29	0.64	0.54	0.11	0.08	0.75
Rio Saldaña 1	0.11	0.11	0.06	0.05	0.27	0.35	0.25	0.59	0.41	0.09	0.07	0.67

En la condición hidrológica húmeda se presenta el índice de aridez más alto en las unidades hidrográficas del río Alto Saldaña en el mes de agosto (>0.59) (*Figura 910*). Así mismo, se presenta el menor índice de aridez (<15) en el 90% de la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña en los meses de febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio, septiembre, octubre, noviembre y diciembre (*Tabla 661*).

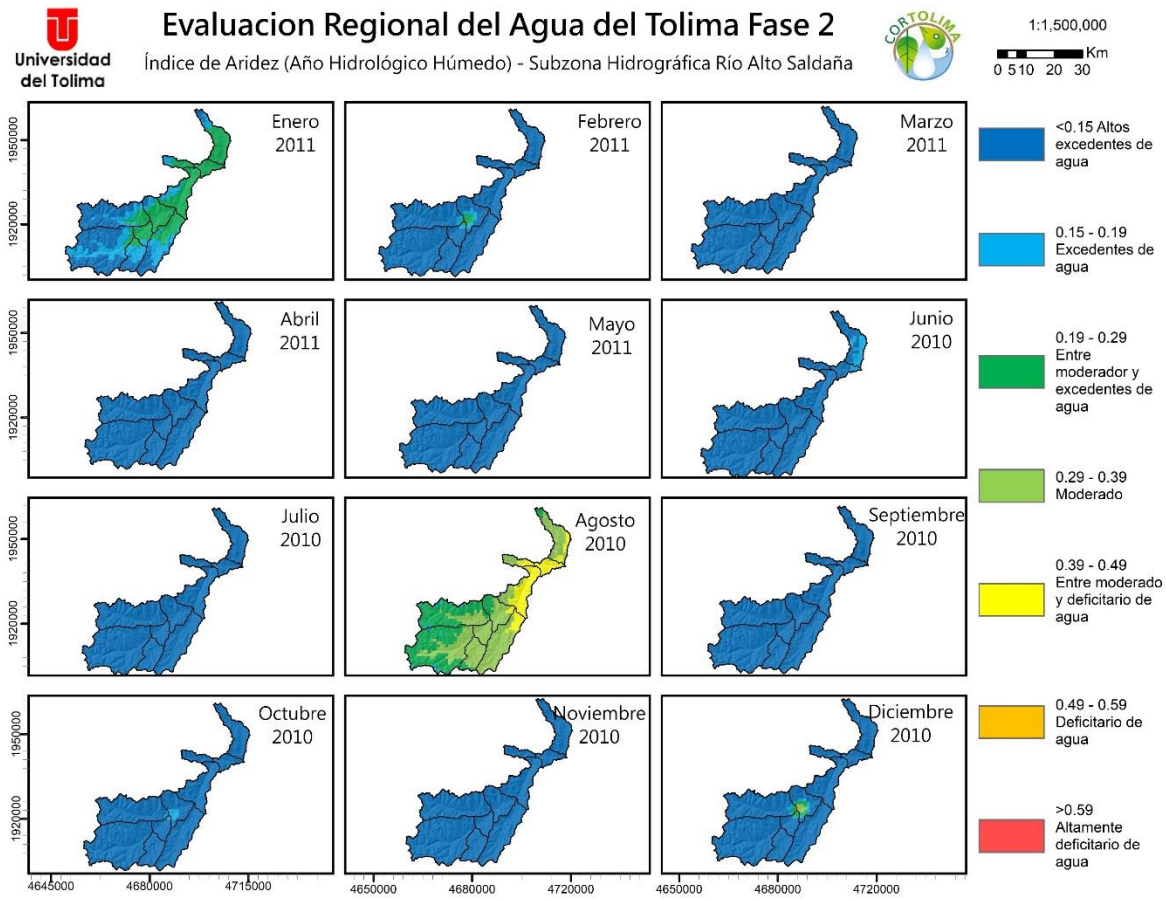


Figura 910. Índice de aridez condición hidrológica húmeda de la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña. Elaboración propia.

Tabla 661: Índice de aridez medio mensual en año húmedo para las unidades hidrográficas del Río Alto Saldaña

	MES											
Nombre Unidad de Análisis	**2011_1**	**2011_2**	**2011_3**	**2011_4**	**2011_5**	**2010_6**	**2010_7**	**2010_8**	**2010_9**	**2010_10**	**2010_11**	**2010_12**
Rio Mendarco	0.20	0.08	0.09	0.04	0.11	0.14	0.08	0.35	0.09	0.10	0.03	0.05
Rio Saldaña 5	0.22	0.07	0.09	0.04	0.10	0.14	0.09	0.42	0.11	0.09	0.03	0.06
Quebrada Lindosa	0.20	0.07	0.08	0.04	0.08	0.12	0.07	0.37	0.09	0.08	0.03	0.06
Rio Saldaña 4	0.21	0.07	0.09	0.04	0.09	0.12	0.08	0.41	0.11	0.09	0.04	0.06
Rio Siquila	0.18	0.08	0.07	0.04	0.08	0.10	0.07	0.36	0.11	0.07	0.04	0.06
Rio Saldaña 3	0.22	0.13	0.10	0.06	0.09	0.11	0.07	0.32	0.12	0.12	0.04	0.14
Rio Hereje	0.14	0.06	0.06	0.03	0.07	0.08	0.05	0.25	0.08	0.06	0.03	0.06
Rio Saldaña 2	0.22	0.11	0.09	0.05	0.09	0.11	0.07	0.34	0.12	0.10	0.04	0.10
Rio Candelario	0.16	0.07	0.06	0.03	0.07	0.09	0.06	0.33	0.10	0.06	0.03	0.05
Rio Saldaña 1	0.14	0.05	0.05	0.03	0.06	0.08	0.05	0.27	0.09	0.05	0.03	0.04

44.1.6. IA en la SZH del río Amoyá

En aras de conocer y determinar el comportamiento espacial y temporal de la evapotranspiración real e índice de aridez, la subzona hidrográfica del río Amoyá se subdividió en 26 unidades hidrográficas de análisis (*Tabla 662*, *Figura 911*).

Tabla 662. Unidades hidrográficas de análisis, subzona hidrográfica río Amoyá

AMOYÁ	
Nombre Unidad de Análisis	**Descripción**
Quebrada Guani	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
Rio Amoya 13	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada El Neme - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
Quebrada Neme	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Amoyá
Rio Amoya 12	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Tuluní - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada El Neme
Quebrada Tulini	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Amoyá
Rio Amoya 11	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Irco - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Tuliní
Quebrada Irco	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Amoyá
Rio Amoya 10	Desde aguas debajo de la confluencia del Río Ambeima - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Irco
Rio Ambeima	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Amoyá
Rio Amoya 9	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Grande - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río Ambeima
Quebrada Grande	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Amoyá
Rio Amoya 8	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada San Jorge - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Grande
Quebrada San Jorge	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Amoyá
Rio Amoya 7	Desde aguas debajo de la confluencia del Río Negro - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada San Jorge
Rio Negro Amoya	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Amoyá
Rio Amoya 6	Desde aguas debajo de la confluencia del Río Davis - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río Negro
Rio Davis	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Amoyá
Rio Amoya 5	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada San JosÃ© - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río Davis
Quebrada San Jose	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Amoyá
Rio Amoya 4	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada La Rivera - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada San JosÃ©
Quebrada Rivera	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Amoyá
Rio Amoya 3	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Las Nieves - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada La Rivera
Quebrada Nieves	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Amoyá
Rio Amoya 2	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Morales - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Las Nieves
Quebrada Morales	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Amoyá
Rio Amoya 1	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Morales

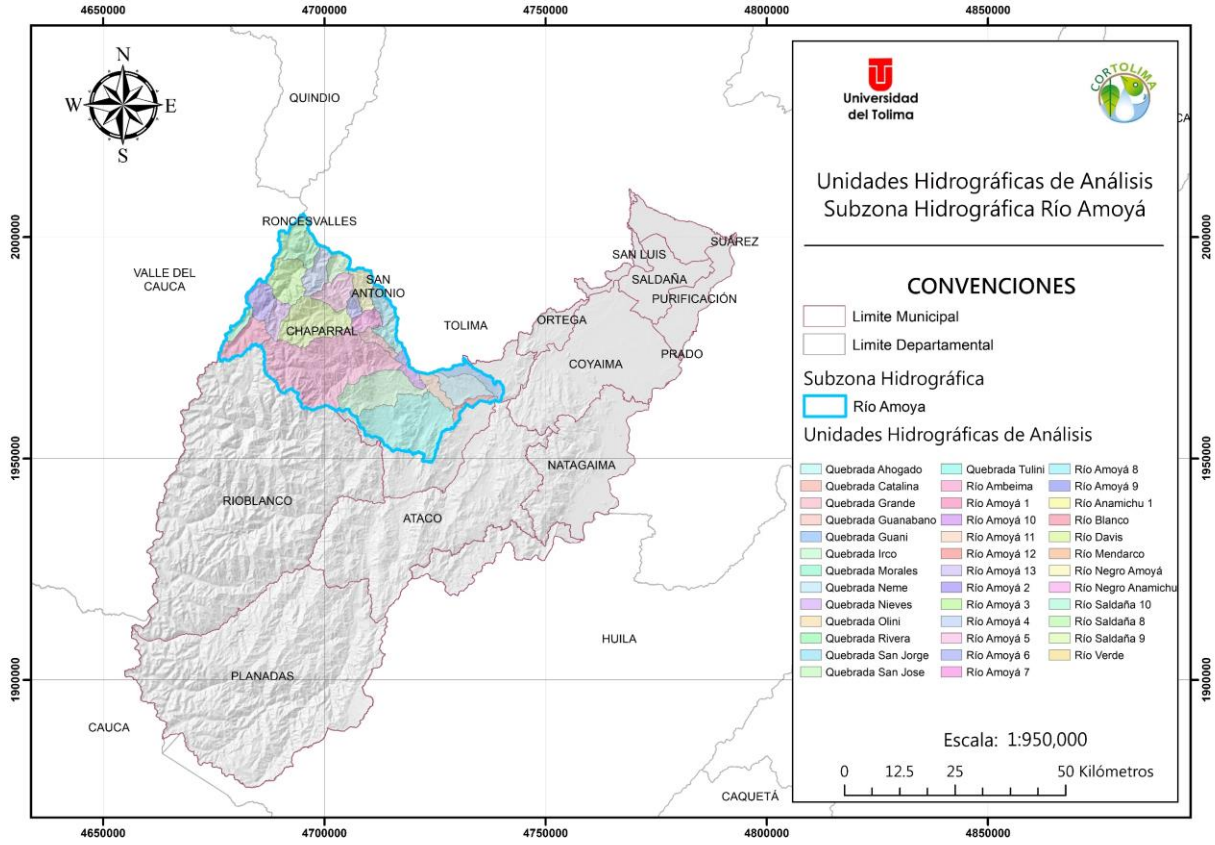


Figura 911. Unidades hidrográficas de análisis, subzona hidrográfica río Amoyá. Elaboración propia.

44.1.6.1. Análisis Índice de Aridez

En la condición hidrológica media se presenta el índice de aridez más alto (>0.59) en el 40% de la subzona hidrográfica del río Amoyá en el mes de agosto (*Figura 912*). Así mismo, se presenta el menor índice de aridez (<15) en el 90% de la subzona hidrográfica del río Amoyá en los meses de marzo, abril, mayo octubre, noviembre y diciembre (*Tabla 663*).

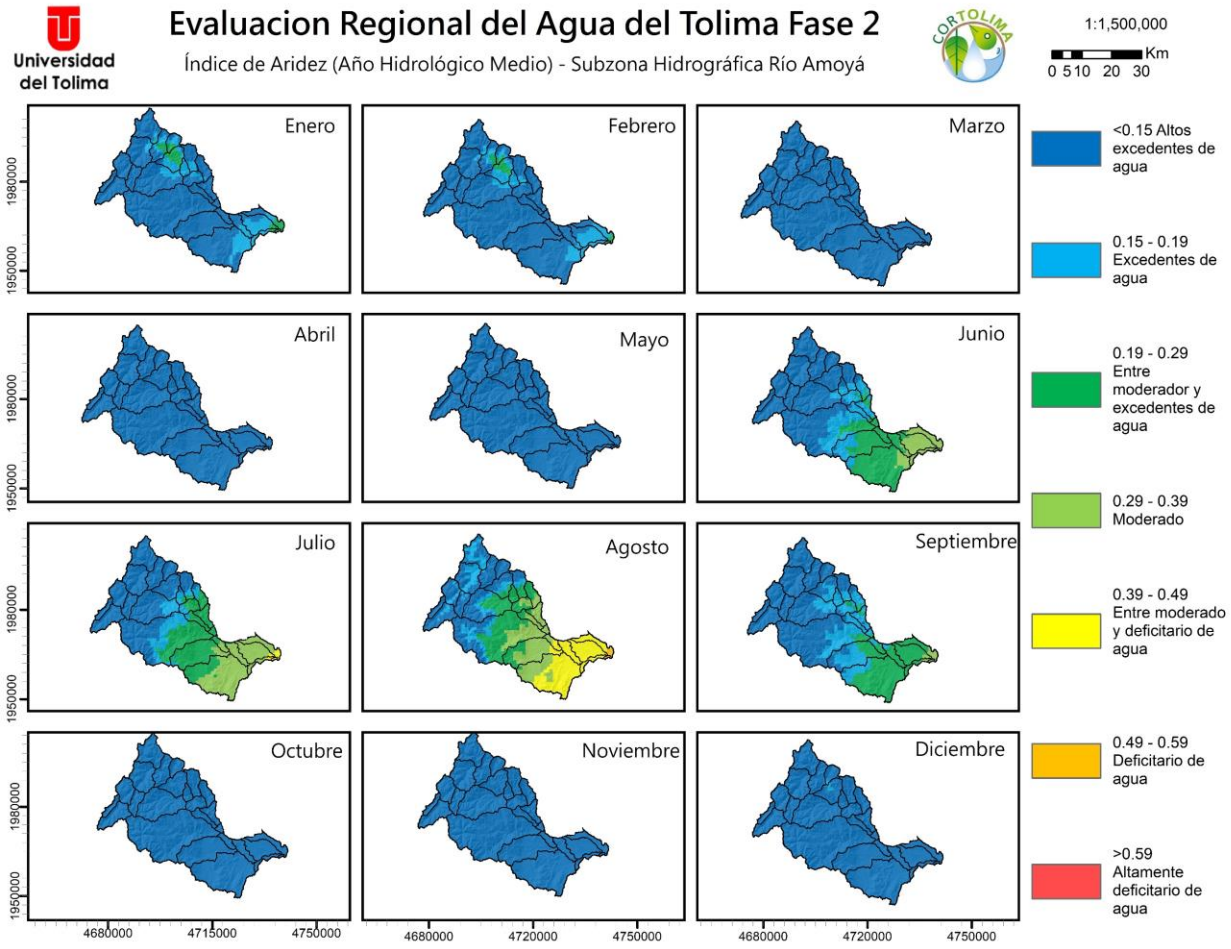


Figura 912. Índice de aridez condición hidrológica media de la subzona hidrográfica del río Amoyá. Elaboración propia.

Tabla 663: Índice de aridez medio mensual en año medio para las unidades hidrográficas del Río Amoyá

	MES											
Nombre Unidad de Análisis	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Quebrada Guani	0.17	0.16	0.09	0.08	0.10	0.31	0.37	0.45	0.27	0.09	0.06	0.09
Rio Amoya 13	0.21	0.19	0.11	0.09	0.12	0.33	0.40	0.50	0.31	0.10	0.08	0.11
Quebrada Neme	0.16	0.16	0.09	0.08	0.10	0.30	0.36	0.44	0.26	0.09	0.06	0.09
Rio Amoya 12	0.18	0.17	0.10	0.09	0.11	0.31	0.38	0.47	0.28	0.10	0.07	0.10
Quebrada Tulini	0.13	0.13	0.09	0.08	0.09	0.25	0.31	0.40	0.22	0.08	0.06	0.08
Rio Amoya 11	0.14	0.14	0.09	0.08	0.09	0.28	0.32	0.42	0.22	0.08	0.06	0.08
Quebrada Irco	0.10	0.10	0.07	0.07	0.07	0.20	0.24	0.32	0.17	0.07	0.05	0.07
Rio Amoya 10	0.13	0.12	0.08	0.07	0.08	0.26	0.29	0.39	0.19	0.08	0.06	0.08
Rio Ambeima	0.09	0.09	0.06	0.06	0.06	0.14	0.16	0.21	0.12	0.06	0.05	0.06
Rio Amoya 9	0.12	0.12	0.08	0.08	0.08	0.21	0.27	0.35	0.18	0.08	0.07	0.09
Quebrada Grande	0.11	0.11	0.07	0.07	0.07	0.17	0.22	0.29	0.16	0.07	0.06	0.08
Rio Amoya 8	0.12	0.12	0.08	0.07	0.08	0.18	0.24	0.32	0.17	0.07	0.07	0.09
Quebrada San Jorge	0.14	0.13	0.08	0.07	0.08	0.17	0.20	0.27	0.17	0.08	0.07	0.09
Rio Amoya 7	0.14	0.13	0.08	0.07	0.08	0.17	0.20	0.28	0.17	0.08	0.06	0.09
Rio Negro Amoya	0.13	0.12	0.07	0.06	0.07	0.11	0.13	0.18	0.13	0.07	0.06	0.08
Rio Amoya 6	0.17	0.16	0.09	0.08	0.08	0.15	0.17	0.25	0.17	0.09	0.08	0.11
Rio Davis	0.11	0.10	0.07	0.06	0.06	0.11	0.12	0.17	0.12	0.06	0.05	0.07
Rio Amoya 5	0.19	0.17	0.09	0.07	0.07	0.10	0.10	0.15	0.14	0.09	0.08	0.12
Quebrada San Jose	0.17	0.15	0.08	0.06	0.06	0.09	0.09	0.12	0.11	0.08	0.08	0.11
Rio Amoya 4	0.15	0.14	0.08	0.06	0.06	0.09	0.09	0.13	0.11	0.08	0.07	0.10
Quebrada Rivera	0.11	0.10	0.07	0.06	0.06	0.10	0.11	0.15	0.10	0.06	0.05	0.07
Rio Amoya 3	0.11	0.10	0.07	0.06	0.06	0.10	0.11	0.15	0.11	0.06	0.05	0.07
Quebrada Nieves	0.08	0.07	0.05	0.05	0.05	0.09	0.10	0.13	0.08	0.05	0.04	0.05
Rio Amoya 2	0.08	0.08	0.05	0.05	0.05	0.09	0.10	0.13	0.09	0.05	0.04	0.06
Quebrada Morales	0.07	0.06	0.05	0.04	0.05	0.08	0.09	0.11	0.07	0.04	0.04	0.05
Rio Amoya 1	0.07	0.07	0.05	0.04	0.05	0.09	0.10	0.13	0.08	0.04	0.04	0.05

En la condición hidrológica seca se presenta el índice de aridez más alto (>0.59) en el 85% de la subzona hidrográfica del río Amoyá en los meses de agosto y diciembre (*Figura 913*). Así mismo, se presenta el menor índice de aridez (<15) en el 80% de la subzona hidrográfica del río Amoyá en los meses de marzo, abril, octubre y noviembre (*Tabla 664*).

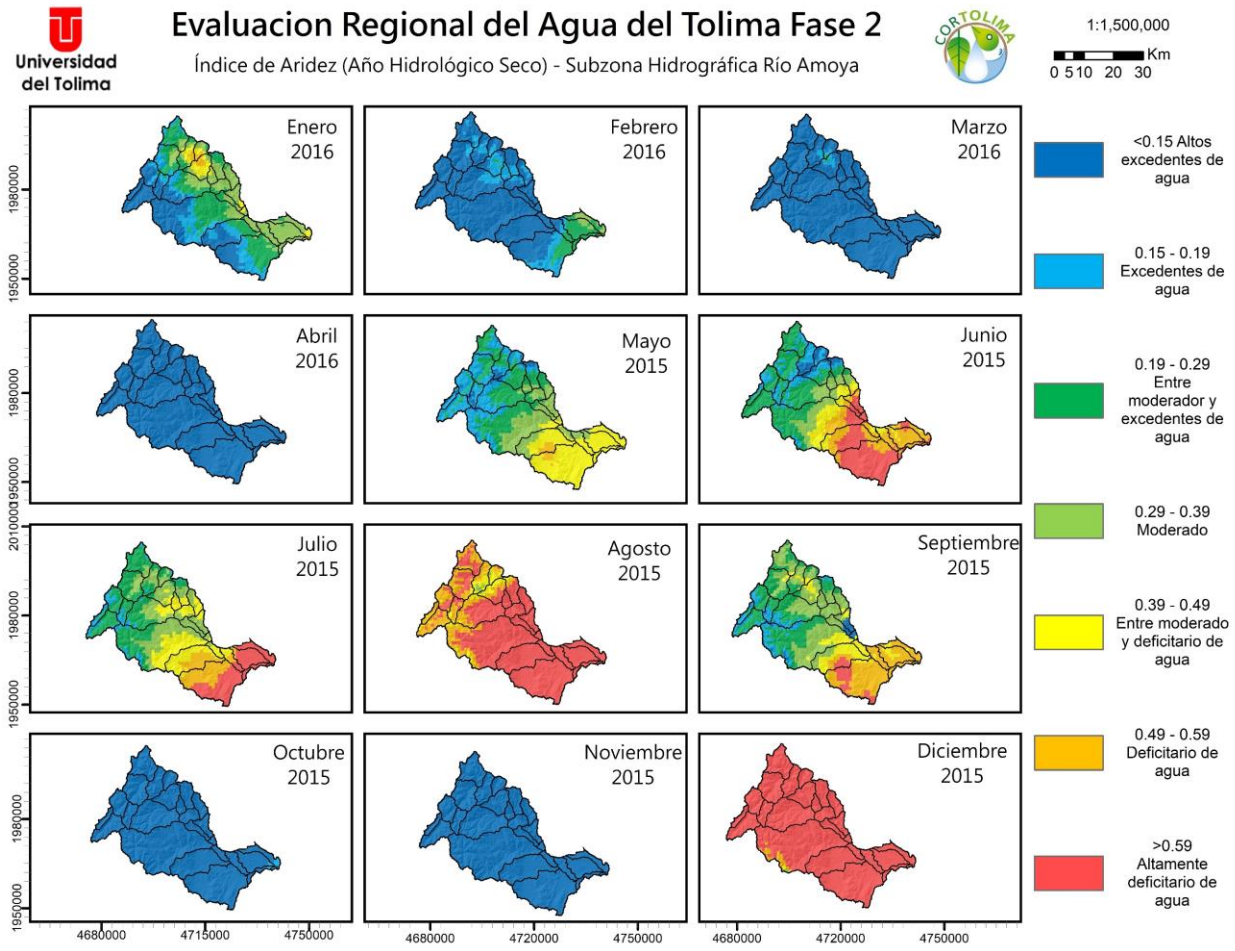


Figura 913. Índice de aridez condición hidrológica seca de la subzona hidrográfica del río Amoyá. Elaboración propia.

Tabla 664: Índice de aridez medio mensual en año seco para las unidades hidrográficas del Río Amoyá

	MES											
Nombre Unidad de Análisis	**2016_1**	**2016_2**	**2016_3**	**2016_4**	**2015_5**	**2015_6**	**2015_7**	**2015_8**	**2015_9**	**2015_10**	**2015_11**	**2015_12**
Quebrada Guani	0.34	0.28	0.11	0.09	0.43	0.56	0.70	0.85	0.51	0.12	0.09	0.84
Rio Amoya 13	0.39	0.29	0.12	0.10	0.46	0.58	0.69	0.90	0.55	0.16	0.11	0.88
Quebrada Neme	0.33	0.26	0.10	0.09	0.42	0.54	0.67	0.86	0.51	0.12	0.09	0.83
Rio Amoya 12	0.34	0.26	0.11	0.10	0.44	0.58	0.67	0.88	0.54	0.14	0.10	0.85
Quebrada Tulini	0.19	0.15	0.08	0.08	0.45	0.63	0.59	0.87	0.56	0.12	0.09	0.82
Rio Amoya 11	0.32	0.16	0.08	0.08	0.40	0.52	0.53	0.89	0.51	0.10	0.08	0.81
Quebrada Irco	0.18	0.11	0.07	0.07	0.42	0.59	0.48	0.85	0.47	0.09	0.08	0.78
Rio Amoya 10	0.31	0.12	0.07	0.07	0.39	0.51	0.42	0.91	0.47	0.09	0.07	0.79
Rio Ambeima	0.17	0.10	0.07	0.06	0.26	0.36	0.33	0.71	0.28	0.08	0.06	0.71
Rio Amoya 9	0.38	0.11	0.09	0.09	0.39	0.77	0.37	0.96	0.15	0.09	0.07	0.80
Quebrada Grande	0.30	0.11	0.08	0.08	0.32	0.57	0.36	0.88	0.29	0.08	0.06	0.79
Rio Amoya 8	0.36	0.11	0.09	0.09	0.34	0.69	0.36	0.93	0.23	0.09	0.07	0.80
Quebrada San Jorge	0.33	0.15	0.10	0.08	0.28	0.37	0.39	0.82	0.33	0.09	0.07	0.79
Rio Amoya 7	0.32	0.14	0.09	0.07	0.30	0.41	0.40	0.82	0.34	0.09	0.07	0.79
Rio Negro Amoya	0.29	0.13	0.09	0.06	0.20	0.22	0.31	0.65	0.26	0.08	0.06	0.74
Rio Amoya 6	0.37	0.17	0.12	0.07	0.28	0.32	0.42	0.75	0.36	0.11	0.08	0.81
Rio Davis	0.22	0.11	0.08	0.06	0.21	0.24	0.30	0.63	0.26	0.08	0.06	0.74
Rio Amoya 5	0.42	0.15	0.14	0.05	0.21	0.19	0.34	0.53	0.36	0.10	0.07	0.78
Quebrada San Jose	0.38	0.13	0.12	0.05	0.17	0.14	0.28	0.48	0.31	0.09	0.07	0.75
Rio Amoya 4	0.35	0.13	0.12	0.05	0.18	0.15	0.28	0.48	0.31	0.10	0.07	0.77
Quebrada Rivera	0.23	0.13	0.09	0.06	0.20	0.22	0.24	0.58	0.31	0.11	0.07	0.81
Rio Amoya 3	0.23	0.12	0.09	0.06	0.19	0.21	0.26	0.59	0.29	0.09	0.06	0.78
Quebrada Nieves	0.13	0.08	0.06	0.05	0.16	0.19	0.21	0.56	0.20	0.07	0.05	0.69
Rio Amoya 2	0.14	0.09	0.07	0.05	0.17	0.20	0.21	0.56	0.22	0.07	0.05	0.70
Quebrada Morales	0.09	0.07	0.06	0.05	0.16	0.20	0.18	0.52	0.17	0.06	0.05	0.66
Rio Amoya 1	0.10	0.08	0.06	0.05	0.17	0.22	0.21	0.55	0.20	0.06	0.05	0.68

En la condición hidrológica húmeda se presenta el índice de aridez más alto en las unidades hidrográficas del río Amoyá en el mes de agosto (>0.59) (*Figura 914*). Así mismo, se presenta el menor índice de aridez (<15) en el 90% de la subzona hidrográfica del río Amoyá en los meses de febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio, septiembre, octubre, noviembre y diciembre (*Tabla 665*).

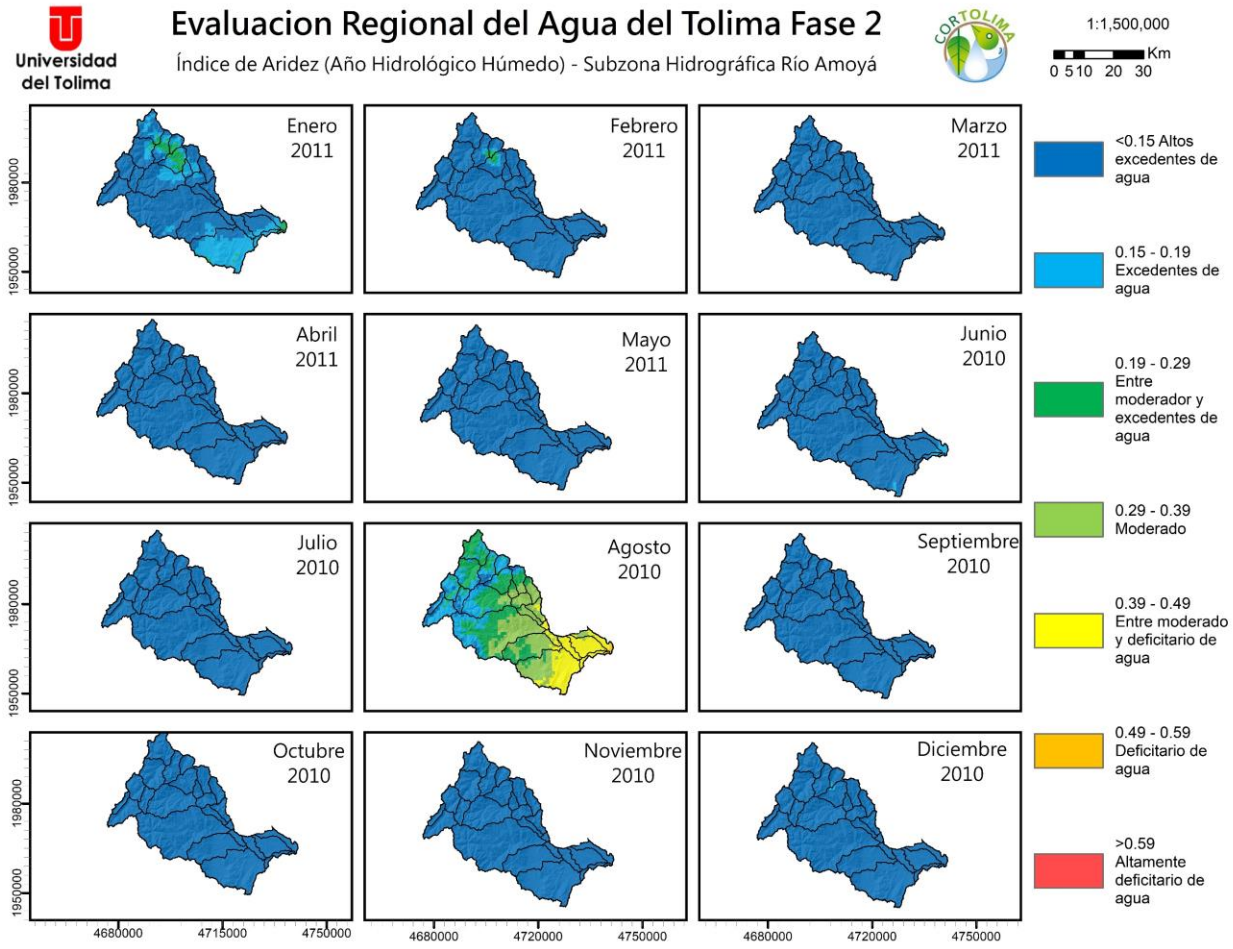


Figura 914. Índice de aridez condición hidrológica húmeda de la subzona hidrográfica del río Amoyá. Elaboración propia.

Tabla 665: Índice de aridez mensual en año húmedo para las unidades hidrográficas del Río Amoyá

	MES											
Nombre Unidad de Análisis	**2011_1**	**2011_2**	**2011_3**	**2011_4**	**2011_5**	**2010_6**	**2010_7**	**2010_8**	**2010_9**	**2010_10**	**2010_11**	**2010_12**
Quebrada Guani	0.14	0.09	0.08	0.04	0.11	0.14	0.09	0.43	0.08	0.08	0.06	0.05
Rio Amoya 13	0.20	0.10	0.10	0.05	0.13	0.17	0.10	0.49	0.11	0.10	0.06	0.07
Quebrada Neme	0.13	0.09	0.08	0.04	0.11	0.13	0.09	0.42	0.08	0.09	0.05	0.05
Rio Amoya 12	0.17	0.09	0.09	0.04	0.12	0.15	0.09	0.46	0.09	0.10	0.05	0.06
Quebrada Tulini	0.16	0.08	0.08	0.04	0.10	0.12	0.08	0.37	0.08	0.09	0.04	0.06
Rio Amoya 11	0.12	0.09	0.07	0.04	0.10	0.12	0.08	0.42	0.07	0.10	0.04	0.06
Quebrada Irco	0.13	0.08	0.07	0.04	0.09	0.09	0.06	0.31	0.07	0.09	0.03	0.05
Rio Amoya 10	0.10	0.09	0.07	0.03	0.08	0.10	0.07	0.39	0.06	0.10	0.04	0.06
Rio Ambeima	0.11	0.06	0.06	0.03	0.07	0.08	0.05	0.25	0.06	0.07	0.03	0.05
Rio Amoya 9	0.08	0.07	0.06	0.04	0.08	0.08	0.06	0.40	0.07	0.11	0.05	0.06
Quebrada Grande	0.10	0.07	0.07	0.04	0.08	0.08	0.06	0.34	0.07	0.09	0.04	0.05
Rio Amoya 8	0.10	0.07	0.07	0.04	0.08	0.07	0.06	0.37	0.07	0.09	0.05	0.06
Quebrada San Jorge	0.14	0.08	0.07	0.04	0.08	0.10	0.06	0.33	0.08	0.08	0.04	0.06
Rio Amoya 7	0.13	0.08	0.07	0.04	0.08	0.10	0.06	0.33	0.08	0.09	0.04	0.06
Rio Negro Amoya	0.13	0.08	0.07	0.04	0.07	0.09	0.05	0.23	0.07	0.07	0.04	0.06
Rio Amoya 6	0.18	0.10	0.09	0.05	0.09	0.12	0.06	0.30	0.09	0.09	0.05	0.08
Rio Davis	0.12	0.07	0.06	0.03	0.07	0.09	0.05	0.22	0.07	0.06	0.03	0.05
Rio Amoya 5	0.19	0.14	0.09	0.05	0.09	0.12	0.05	0.20	0.08	0.09	0.05	0.10
Quebrada San Jose	0.17	0.12	0.08	0.05	0.08	0.10	0.04	0.17	0.07	0.08	0.04	0.09
Rio Amoya 4	0.16	0.11	0.08	0.04	0.08	0.10	0.04	0.17	0.07	0.08	0.04	0.08
Quebrada Rivera	0.15	0.06	0.06	0.03	0.06	0.09	0.05	0.22	0.07	0.06	0.03	0.05
Rio Amoya 3	0.13	0.06	0.06	0.03	0.07	0.09	0.05	0.20	0.06	0.06	0.03	0.05
Quebrada Nieves	0.09	0.05	0.04	0.03	0.05	0.07	0.04	0.17	0.05	0.05	0.02	0.04
Rio Amoya 2	0.10	0.05	0.05	0.03	0.05	0.07	0.04	0.17	0.05	0.05	0.02	0.04
Quebrada Morales	0.08	0.04	0.04	0.02	0.05	0.06	0.04	0.15	0.05	0.04	0.02	0.03
Rio Amoya 1	0.09	0.04	0.04	0.02	0.05	0.07	0.04	0.16	0.05	0.04	0.02	0.04

44.1.7. IA en la SZH del río Anamichú

En aras de conocer y determinar el comportamiento espacial y temporal de la evapotranspiración real e índice de aridez, la subzona hidrográfica del río Anamichú se subdividió en 22 unidades hidrográficas de análisis (*Tabla 666*).

Tabla 666. Unidades hidrográficas de análisis, subzona hidrográfica río Anamichú

ANAMICHÚ	
Nombre Unidad de Análisis	**Descripción**
Río Anamichu 11	Desde aguas debajo de la confluencia del Río Blanco - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
Río Blanco	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Anamichú
Río Anamichu 10	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Tolima - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río Blanco
Quebrada Tolima	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Anamichú
Río Quebrada	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Anamichú
Río Anamichu 9	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada San Mateo - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río La Quebrada
Quebrada San Mateo	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Anamichú
Río Anamichu 8	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada La Ilusión - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada San Mateo
Quebrada Ilusion	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Anamichú
Río Anamichu 7	Desde aguas debajo de la confluencia del Río Verde - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada La ilusión
Río Verde	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Anamichú
Río Anamichu 6	Desde aguas debajo de la confluencia del Río Negro - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río Verde
Río Negro Anamichu	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Anamichú
Río Anamichu 5	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Yarumal - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río Negro
Quebrada Yarumal	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Anamichú
Río Anamichu 4	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada La Catalina - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Yarumal
Quebrada Catalina	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Anamichú
Río Anamichu 3	Desde aguas debajo de la confluencia del Río San José - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada La Catalina
Río San Jose	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Anamichú
Río Anamichu 2	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada El Ahogado - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río San José
Quebrada Ahogado	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Anamichú
Río Anamichu 1	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada El Ahogado

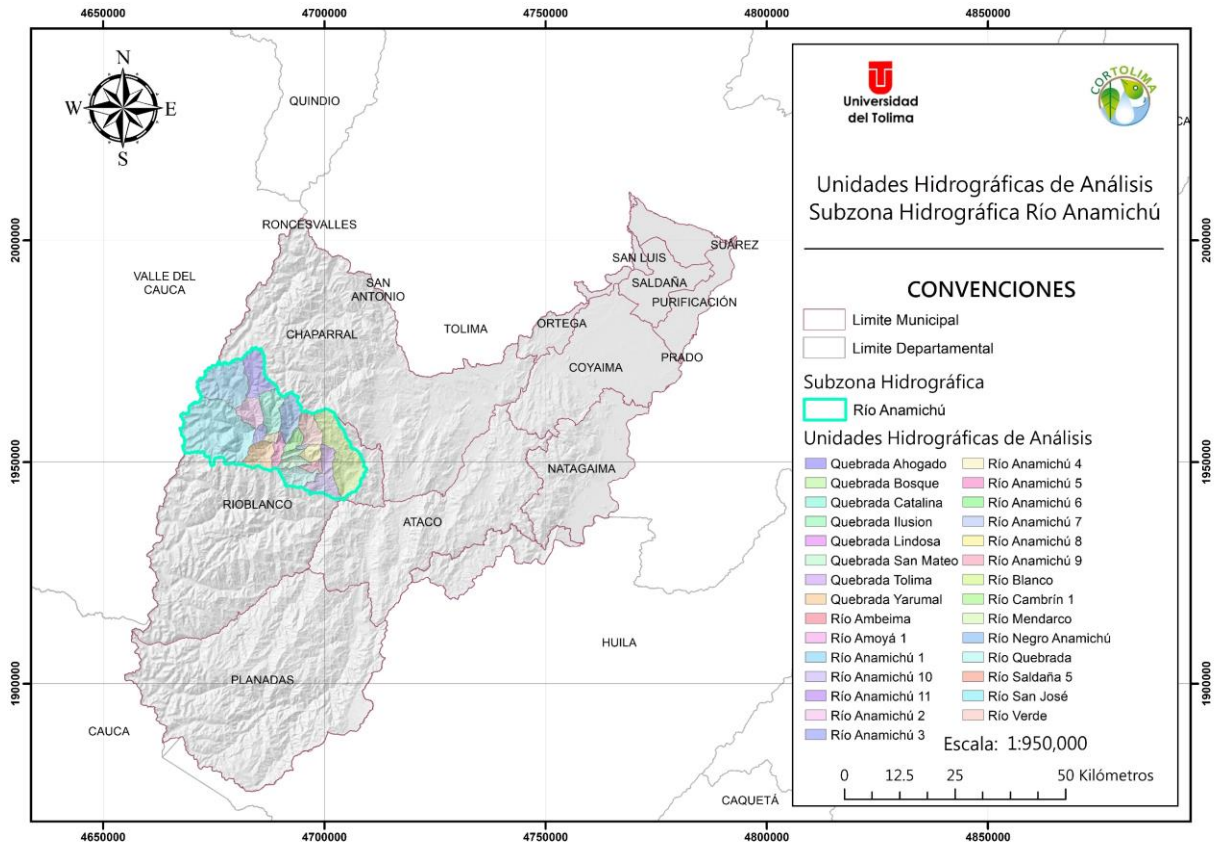


Figura 915. Unidades hidrográficas de análisis, subzona hidrográfica río Anamichú. Elaboración propia.

44.1.7.1. Análisis Índice de Aridez

En la condición hidrológica media se presenta el índice de aridez más alto (>0.59) en el 10% de la subzona hidrográfica del río Anamichú en el mes de agosto (*Figura 916*). Así mismo, se presenta el menor índice de aridez (<15) en el 90% de la subzona hidrográfica del río Anamichú en los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo octubre, noviembre y diciembre (*Tabla 667*).

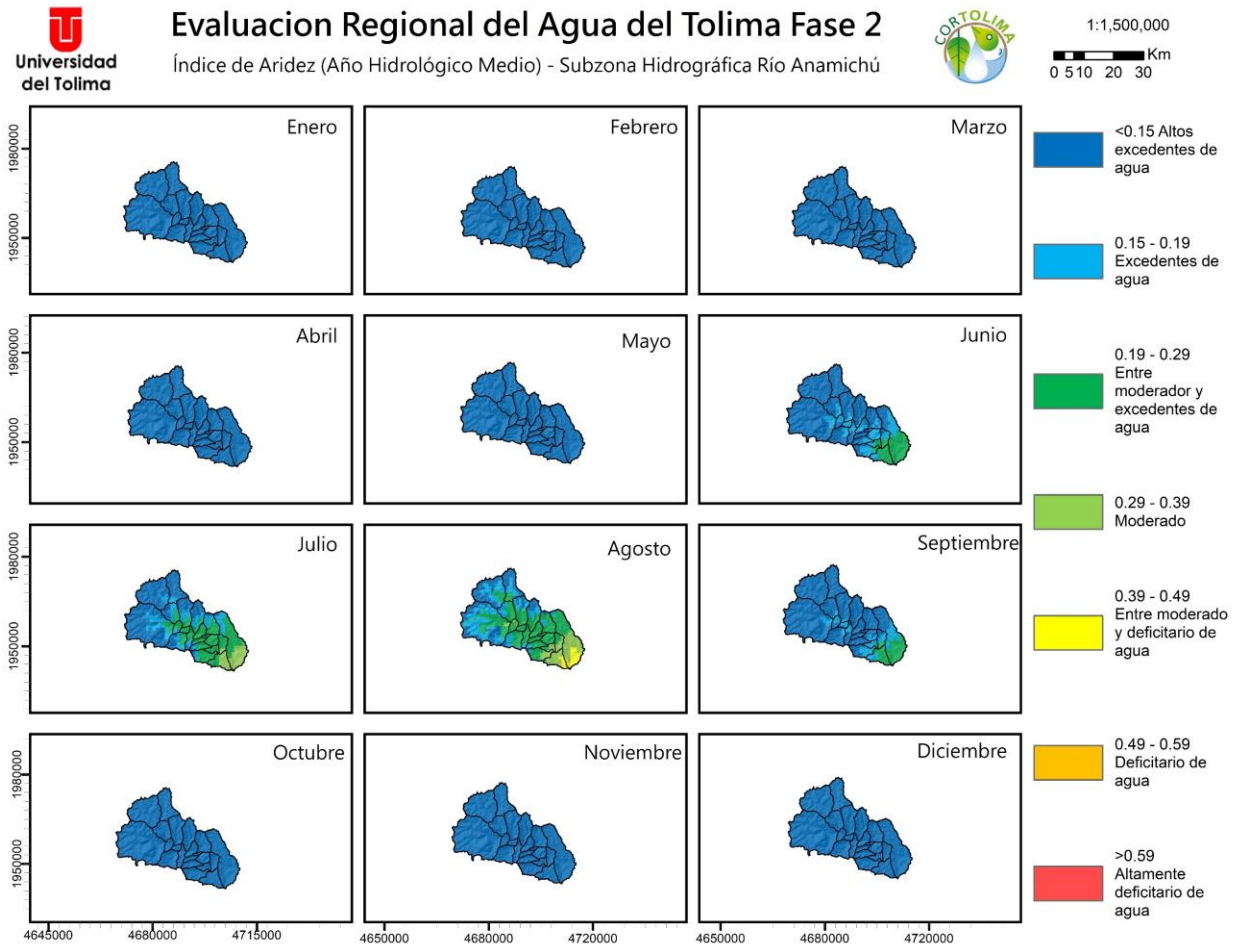


Figura 916. Índice de aridez condición hidrológica media de la subzona hidrográfica del río Anamichú. Elaboración propia.

Tabla 667: Índice de aridez medio mensual en año medio para las unidades hidrográficas del Río Anamichú

	MES											
Nombre Unidad de Análisis	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Río Anamichu 11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Río Blanco	0.10	0.10	0.08	0.07	0.08	0.19	0.26	0.32	0.18	0.07	0.06	0.07
Río Anamichu 10	0.12	0.12	0.08	0.07	0.08	0.21	0.28	0.36	0.20	0.07	0.06	0.08
Quebrada Tolima	0.12	0.11	0.08	0.07	0.08	0.18	0.25	0.30	0.17	0.07	0.06	0.08
Río Quebrada	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.16	0.21	0.26	0.15	0.06	0.05	0.07
Río Anamichu 9	0.13	0.12	0.08	0.07	0.08	0.19	0.25	0.30	0.17	0.08	0.06	0.08
Quebrada San Mateo	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.15	0.20	0.23	0.13	0.07	0.05	0.07
Río Anamichu 8	0.13	0.12	0.08	0.07	0.08	0.16	0.23	0.25	0.14	0.08	0.06	0.08
Quebrada Ilusion	0.11	0.10	0.07	0.07	0.07	0.14	0.20	0.22	0.12	0.07	0.05	0.07
Río Anamichu 7	0.15	0.13	0.09	0.08	0.08	0.16	0.24	0.25	0.14	0.08	0.06	0.09
Río Verde	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.14	0.19	0.20	0.12	0.07	0.05	0.07
Río Anamichu 6	0.13	0.11	0.08	0.07	0.07	0.15	0.21	0.23	0.13	0.07	0.06	0.08
Río Negro Anamichu	0.09	0.08	0.06	0.05	0.06	0.12	0.15	0.18	0.10	0.05	0.04	0.06
Río Anamichu 5	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.15	0.20	0.23	0.13	0.07	0.05	0.07
Quebrada Yarumal	0.09	0.08	0.06	0.05	0.06	0.13	0.16	0.20	0.11	0.05	0.04	0.06
Río Anamichu 4	0.12	0.11	0.08	0.07	0.07	0.16	0.22	0.26	0.15	0.07	0.06	0.08
Quebrada Catalina	0.09	0.08	0.06	0.05	0.06	0.12	0.15	0.19	0.11	0.05	0.04	0.06
Río Anamichu 3	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	0.16	0.20	0.26	0.15	0.07	0.05	0.07
Río San Jose	0.08	0.07	0.05	0.05	0.05	0.11	0.13	0.17	0.10	0.05	0.04	0.05
Río Anamichu 2	0.10	0.09	0.06	0.06	0.06	0.13	0.17	0.22	0.12	0.06	0.05	0.06
Quebrada Ahogado	0.08	0.07	0.05	0.05	0.05	0.10	0.12	0.15	0.09	0.05	0.04	0.05
Río Anamichu 1	0.07	0.07	0.05	0.05	0.05	0.10	0.11	0.15	0.09	0.04	0.04	0.05

En la condición hidrológica seca se presenta el índice de aridez más alto (>0.59) en el 85% de la subzona hidrográfica del río Anamichú en los meses de agosto y diciembre (*Figura 917*). Así mismo, se presenta el menor índice de aridez (<15) en el 80% de la subzona hidrográfica del río Anamichú en los meses de marzo, abril, octubre y noviembre (*Tabla 668*).

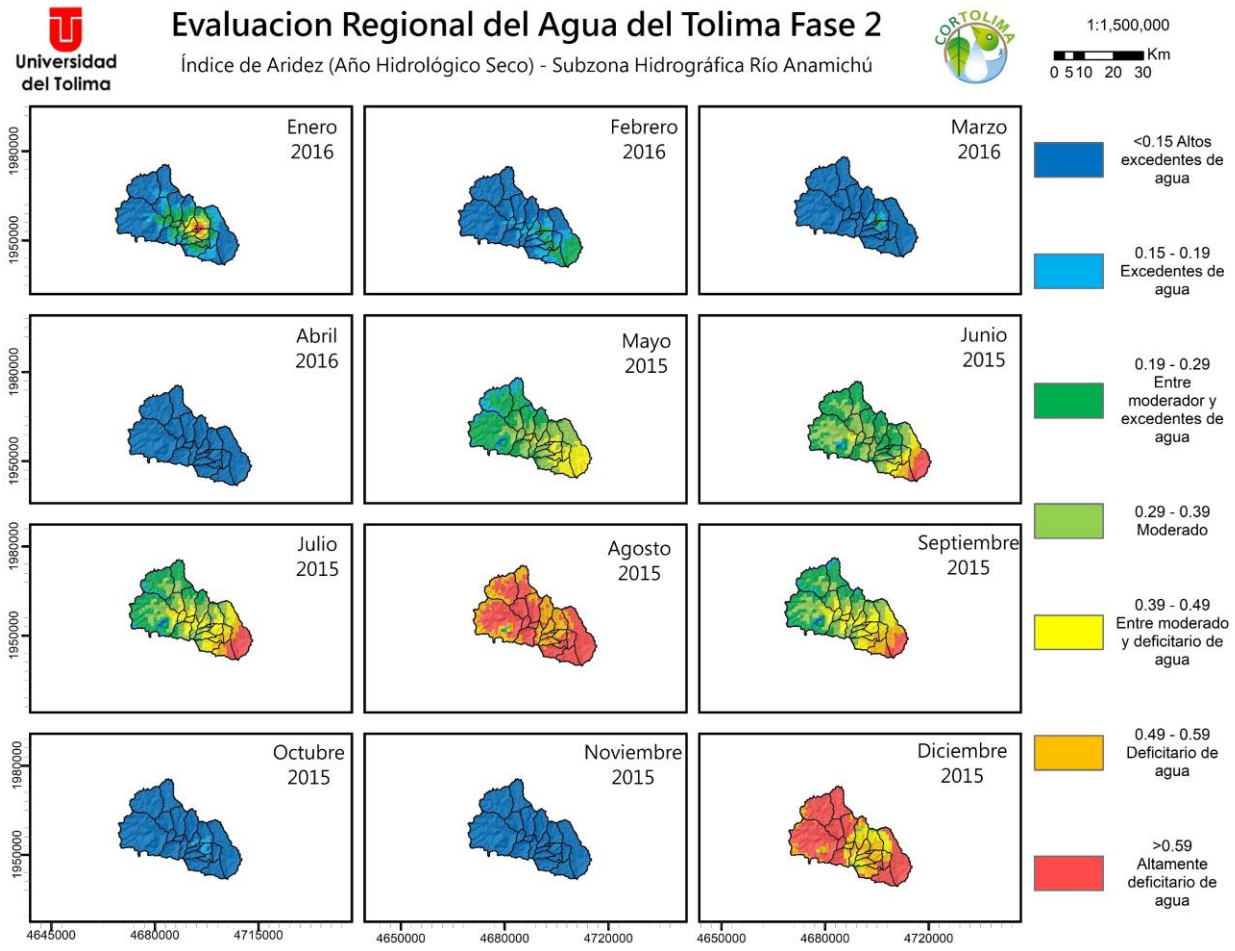


Figura 917. Índice de aridez condición hidrológica seca de la subzona hidrográfica del río Anamichú. Elaboración propia.

Tabla 668: Índice de aridez medio mensual en año seco para las unidades hidrográficas del Río Anamichú

	MES											
Nombre Unidad de Análisis	**2016_1**	**2016_2**	**2016_3**	**2016_4**	**2015_5**	**2015_6**	**2015_7**	**2015_8**	**2015_9**	**2015_10**	**2015_11**	**2015_12**
Río Anamichu 11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Río Blanco	0.14	0.18	0.08	0.07	0.41	0.53	0.56	0.75	0.51	0.11	0.10	0.70
Río Anamichu 10	0.16	0.18	0.09	0.07	0.42	0.54	0.57	0.77	0.56	0.12	0.10	0.74
Quebrada Tolima	0.18	0.18	0.10	0.07	0.41	0.43	0.51	0.69	0.49	0.12	0.09	0.57
Río Quebrada	0.18	0.15	0.09	0.07	0.35	0.37	0.43	0.67	0.44	0.11	0.08	0.54
Río Anamichu 9	0.25	0.18	0.12	0.08	0.41	0.40	0.49	0.61	0.48	0.14	0.09	0.59
Quebrada San Mateo	0.26	0.15	0.11	0.07	0.35	0.30	0.39	0.58	0.40	0.12	0.08	0.49
Río Anamichu 8	0.44	0.19	0.17	0.09	0.40	0.28	0.43	0.57	0.43	0.15	0.09	0.54
Quebrada Ilusion	0.37	0.16	0.13	0.08	0.35	0.26	0.39	0.56	0.38	0.13	0.08	0.49
Río Anamichu 7	0.69	0.20	0.27	0.10	0.42	0.26	0.41	0.57	0.42	0.18	0.09	0.56
Río Verde	0.37	0.15	0.13	0.07	0.34	0.26	0.37	0.56	0.36	0.12	0.07	0.48
Río Anamichu 6	0.45	0.18	0.16	0.08	0.38	0.26	0.40	0.56	0.41	0.14	0.08	0.52
Río Negro Anamichu	0.20	0.11	0.08	0.06	0.27	0.25	0.31	0.56	0.29	0.09	0.06	0.48
Río Anamichu 5	0.25	0.14	0.10	0.07	0.34	0.32	0.39	0.59	0.39	0.11	0.07	0.50
Quebrada Yarumal	0.16	0.11	0.08	0.06	0.28	0.30	0.34	0.63	0.35	0.09	0.06	0.59
Río Anamichu 4	0.26	0.15	0.11	0.07	0.37	0.36	0.43	0.63	0.43	0.12	0.08	0.53
Quebrada Catalina	0.17	0.11	0.08	0.06	0.26	0.28	0.32	0.63	0.30	0.09	0.06	0.61
Río Anamichu 3	0.22	0.14	0.09	0.07	0.34	0.35	0.42	0.71	0.41	0.11	0.08	0.69
Río San Jose	0.11	0.09	0.06	0.05	0.23	0.30	0.27	0.60	0.28	0.07	0.06	0.65
Río Anamichu 2	0.17	0.12	0.08	0.06	0.28	0.33	0.35	0.69	0.35	0.09	0.07	0.71
Quebrada Ahogado	0.12	0.08	0.06	0.05	0.20	0.25	0.25	0.60	0.23	0.07	0.05	0.67
Río Anamichu 1	0.10	0.08	0.06	0.05	0.20	0.27	0.24	0.60	0.24	0.07	0.05	0.67

En la condición hidrológica húmeda se presenta el índice de aridez más alto en las unidades hidrográficas del río Anamichú en el mes de agosto (>0.59) (*Figura 918*). Así mismo, se presenta el menor índice de aridez (<15) en el 90% de la subzona hidrográfica del río Anamichú en los meses de marzo, abril, mayo, junio, julio, septiembre, octubre, noviembre y diciembre (*Tabla 669*).

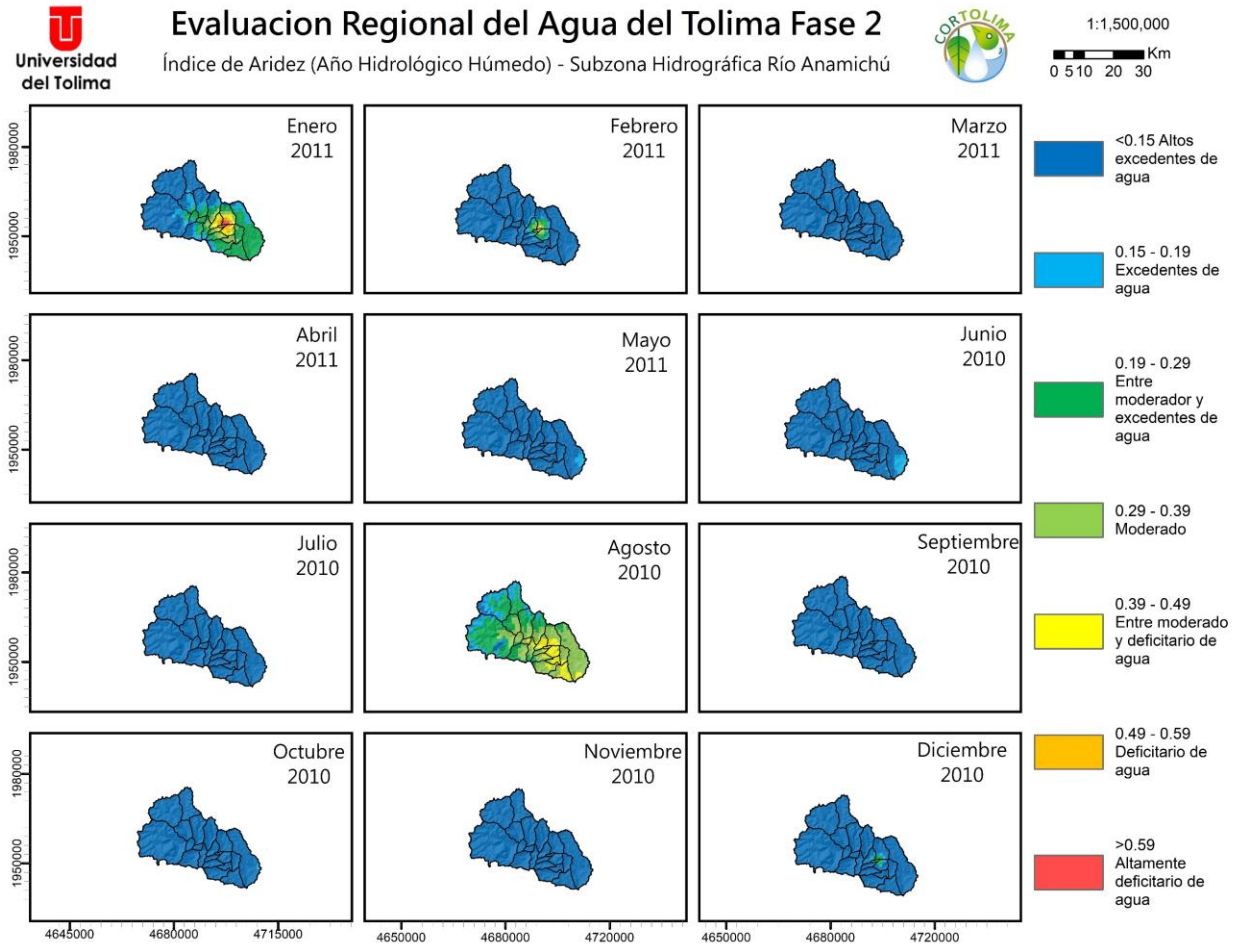


Figura 918. Índice de aridez condición hidrológica húmeda de la subzona hidrográfica del río Anamichú. Elaboración propia.

Tabla 669: Índice de aridez medio mensual en año húmedo para las unidades hidrográficas del Río Anamichú

	MES											
Nombre Unidad de Análisis	**2011_1**	**2011_2**	**2011_3**	**2011_4**	**2011_5**	**2010_6**	**2010_7**	**2010_8**	**2010_9**	**2010_10**	**2010_11**	**2010_12**
Río Anamichu 11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Río Blanco	0.22	0.09	0.09	0.04	0.11	0.13	0.07	0.33	0.08	0.10	0.03	0.05
Río Anamichu 10	0.23	0.08	0.09	0.04	0.10	0.13	0.08	0.39	0.10	0.09	0.03	0.06
Quebrada Tolima	0.27	0.11	0.10	0.05	0.09	0.12	0.07	0.37	0.09	0.10	0.04	0.07
Río Quebrada	0.22	0.09	0.08	0.04	0.08	0.11	0.07	0.34	0.09	0.08	0.03	0.06
Río Anamichu 9	0.31	0.12	0.11	0.05	0.09	0.13	0.08	0.40	0.10	0.10	0.04	0.08
Quebrada San Mateo	0.29	0.12	0.09	0.04	0.07	0.11	0.07	0.35	0.09	0.09	0.04	0.08
Río Anamichu 8	0.46	0.24	0.12	0.06	0.08	0.13	0.08	0.43	0.11	0.11	0.05	0.14
Quebrada Ilusion	0.38	0.17	0.10	0.05	0.07	0.11	0.07	0.37	0.10	0.10	0.04	0.11
Río Anamichu 7	0.63	0.41	0.15	0.07	0.08	0.13	0.09	0.46	0.13	0.14	0.06	0.25
Río Verde	0.36	0.18	0.10	0.05	0.07	0.11	0.07	0.36	0.09	0.09	0.04	0.11
Río Anamichu 6	0.45	0.22	0.11	0.06	0.08	0.12	0.08	0.41	0.11	0.11	0.05	0.14
Río Negro Anamichu	0.19	0.08	0.07	0.04	0.06	0.08	0.05	0.27	0.07	0.07	0.03	0.06
Río Anamichu 5	0.25	0.10	0.08	0.04	0.07	0.10	0.07	0.34	0.09	0.08	0.04	0.07
Quebrada Yarumal	0.16	0.07	0.06	0.03	0.06	0.09	0.06	0.28	0.07	0.06	0.03	0.05
Río Anamichu 4	0.25	0.10	0.09	0.04	0.08	0.11	0.07	0.36	0.10	0.09	0.04	0.07
Quebrada Catalina	0.15	0.07	0.06	0.03	0.06	0.08	0.05	0.26	0.07	0.06	0.03	0.05
Río Anamichu 3	0.20	0.08	0.08	0.04	0.08	0.10	0.06	0.33	0.09	0.08	0.04	0.06
Río San Jose	0.11	0.04	0.05	0.03	0.05	0.07	0.05	0.21	0.06	0.05	0.02	0.04
Río Anamichu 2	0.15	0.06	0.06	0.03	0.07	0.09	0.06	0.28	0.07	0.06	0.03	0.05
Quebrada Ahogado	0.10	0.05	0.05	0.03	0.05	0.07	0.04	0.20	0.06	0.05	0.02	0.04
Río Anamichu 1	0.10	0.04	0.04	0.02	0.05	0.07	0.04	0.19	0.06	0.05	0.02	0.04

44.1.8. IA en la SZH del río Cambrín

En aras de conocer y determinar el comportamiento espacial y temporal de la evapotranspiración real e índice de aridez, la subzona hidrográfica del río Cambrín se subdividió en 5 unidades hidrográficas de análisis (*Tabla 670*, *Figura 919*).

Tabla 670. Unidades hidrográficas de análisis, subzona hidrográfica río Cambrín

CAMBRÍN	
Nombre Unidad de Análisis	**Descripción**
Río Cambrin 2	Desde aguas debajo de la confluencia del Río Negro - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
Río Negro Cambrin	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Cambrín
Río Cambrin 1	Desde aguas debajo de la confluencia de las Quebradas El Bosque y La Virgen - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río Negro
Quebrada Virgen	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia con la Quebrada El Bosque
Quebrada Bosque	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia con la Quebrada La Virgen

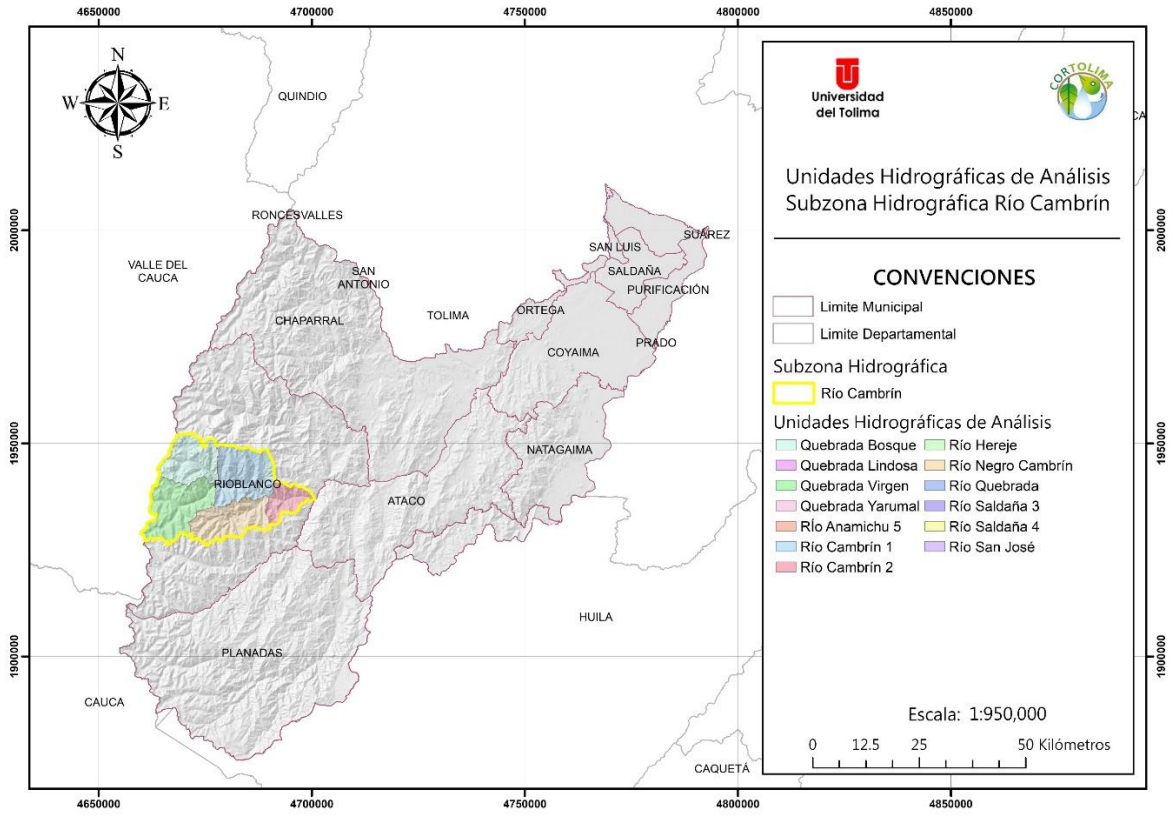


Figura 919. Unidades hidrográficas de análisis, subzona hidrográfica río Cambrín. Elaboración propia.

44.1.8.1. Análisis Índice de Aridez

En la condición hidrológica media se presenta el índice de aridez más alto (>0.59) en el 5% de la subzona hidrográfica del río Cambrín en el mes de agosto (*Figura 920*). Así mismo, se presenta el menor índice de aridez (<15) en el 90% de la subzona hidrográfica del río Cambrín en los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo octubre, noviembre y diciembre (*Tabla 671*).

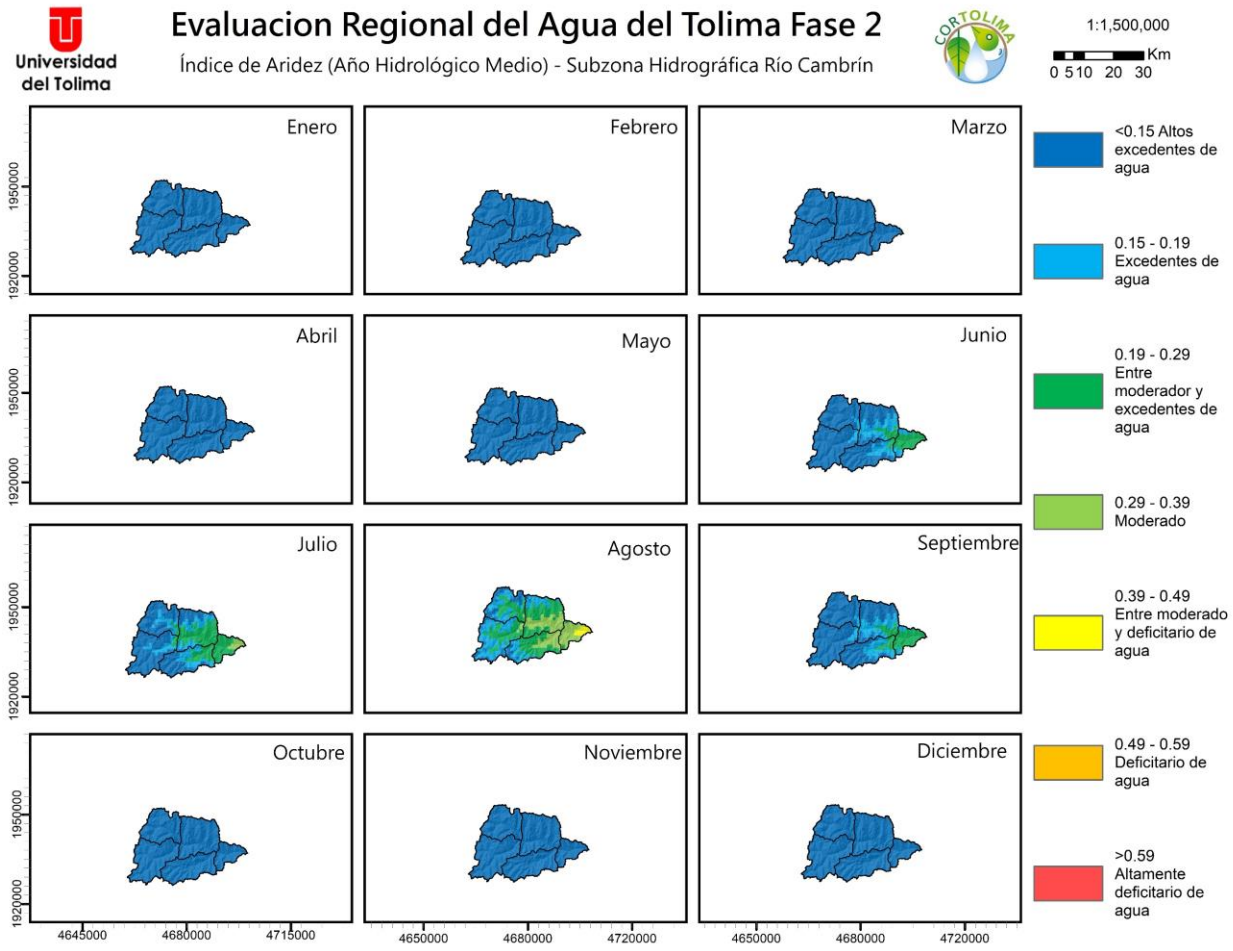


Figura 920. Índice de aridez condición hidrológica media de la subzona hidrográfica del río Cambrín. Elaboración propia.

Tabla 671: Índice de aridez medio mensual en año medio para las unidades hidrográficas del Río Cambrín

	MES											
Nombre Unidad de Análisis	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Río Cambrin 2	0.13	0.12	0.08	0.07	0.08	0.20	0.27	0.36	0.21	0.08	0.06	0.08
Río Negro Cambrin	0.10	0.09	0.06	0.06	0.06	0.13	0.16	0.23	0.14	0.06	0.05	0.07
Río Cambrin 1	0.10	0.09	0.07	0.06	0.07	0.15	0.19	0.26	0.15	0.06	0.05	0.07
Quebrada Virgen	0.07	0.07	0.05	0.05	0.06	0.11	0.13	0.19	0.11	0.05	0.04	0.05
Quebrada Bosque	0.07	0.07	0.05	0.05	0.05	0.11	0.13	0.18	0.10	0.05	0.04	0.05

En la condición hidrológica seca se presenta el índice de aridez más alto (>0.59) en el 85% de la subzona hidrográfica del río Cambrín en los meses de agosto y diciembre (*Figura 921*). Así mismo, se presenta el menor índice de aridez (<15) en el 80% de la subzona hidrográfica del río Cambrín en los meses de marzo, abril, y octubre, noviembre (*Tabla 672*).

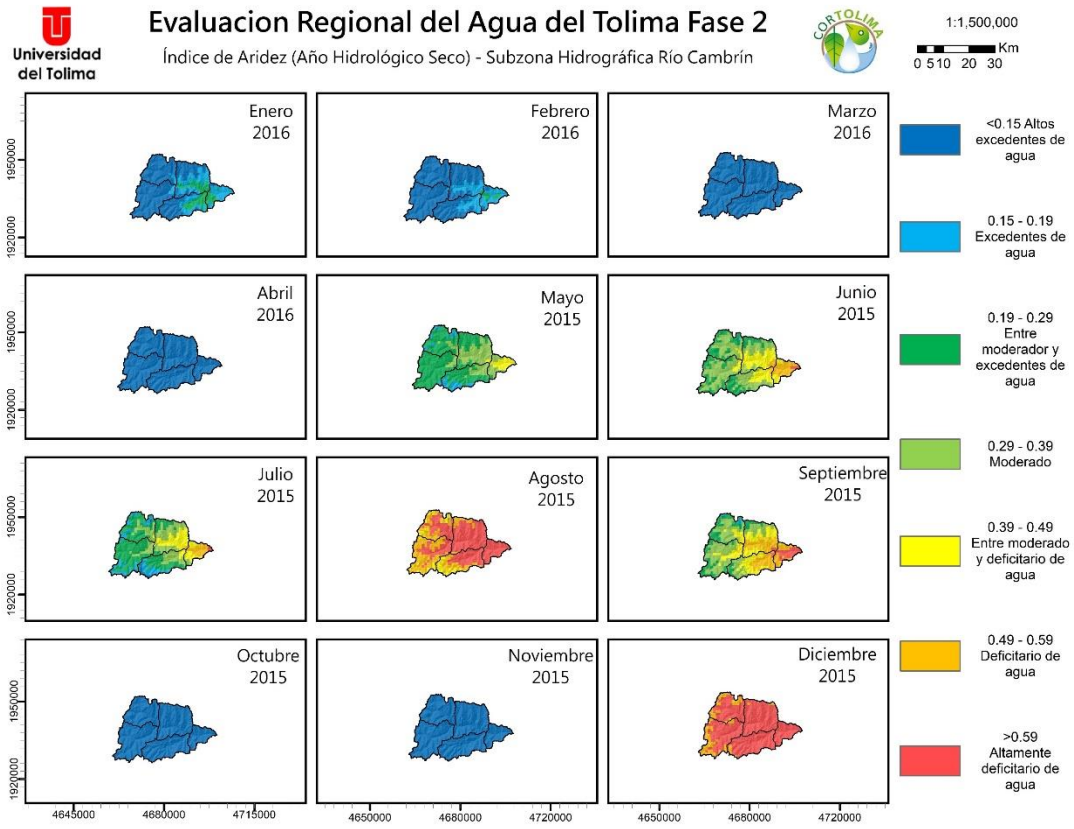


Figura 921. Índice de aridez condición hidrológica seca de la subzona hidrográfica del río Cambrín. Elaboración propia.

Tabla 672: Índice de aridez medio mensual en año seco para las unidades hidrográficas del Río Cambrín

	MES											
Nombre Unidad de Análisis	**2016_1**	**2016_2**	**2016_3**	**2016_4**	**2015_5**	**2015_6**	**2015_7**	**2015_8**	**2015_9**	**2015_10**	**2015_11**	**2015_12**
Río Cambrin 2	0.18	0.17	0.08	0.07	0.38	0.52	0.48	0.74	0.58	0.13	0.09	0.78
Río Negro Cambrin	0.15	0.13	0.07	0.06	0.24	0.35	0.25	0.58	0.44	0.09	0.07	0.71
Río Cambrin 1	0.15	0.13	0.07	0.06	0.30	0.38	0.36	0.67	0.43	0.10	0.07	0.71
Quebrada Virgen	0.09	0.08	0.06	0.05	0.23	0.31	0.23	0.57	0.34	0.07	0.06	0.63
Quebrada Bosque	0.10	0.08	0.06	0.05	0.23	0.30	0.25	0.58	0.31	0.07	0.05	0.63

En la condición hidrológica húmeda se presenta el índice de aridez más alto en las unidades hidrográficas del río Cambrín en el mes de agosto (>0.59) (*Figura 922*). Así mismo, se presenta el menor índice de aridez (<15) en el 90% de la subzona hidrográfica del río Cambrín en los meses de febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio, septiembre, octubre, noviembre y diciembre (*Tabla 673*).

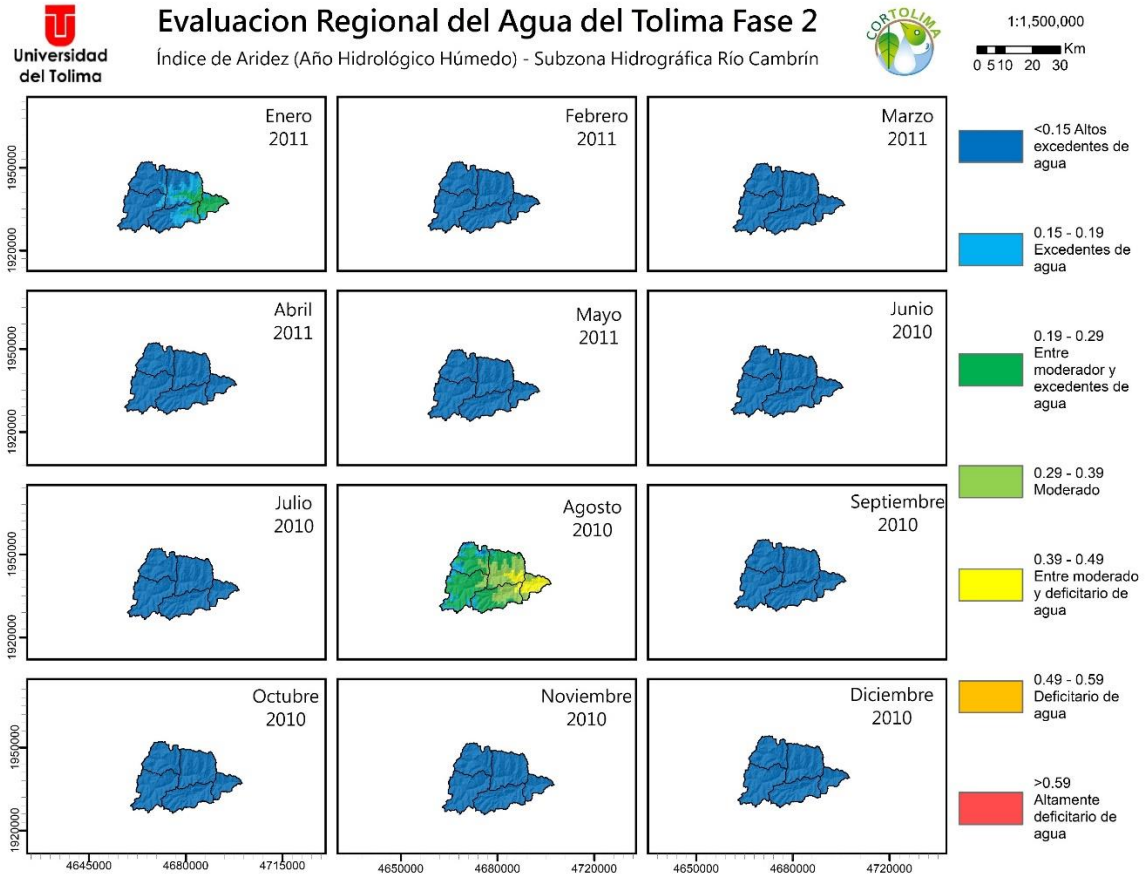


Figura 922. Índice de aridez condición hidrológica húmeda de la subzona hidrográfica del río Cambrín. Elaboración propia.

Tabla 673: Índice de aridez medio mensual en año húmedo para las unidades hidrográficas del Río Cambrín

	MES											
Nombre Unidad de Análisis	**2011_1**	**2011_2**	**2011_3**	**2011_4**	**2011_5**	**2010_6**	**2010_7**	**2010_8**	**2010_9**	**2010_10**	**2010_11**	**2010_12**
Río Cambrin 2	0.21	0.08	0.09	0.04	0.09	0.12	0.08	0.40	0.11	0.08	0.04	0.06
Río Negro Cambrin	0.14	0.06	0.06	0.03	0.07	0.09	0.06	0.28	0.08	0.06	0.03	0.05
Río Cambrin 1	0.16	0.06	0.07	0.03	0.07	0.09	0.06	0.32	0.08	0.07	0.03	0.05
Quebrada Virgen	0.11	0.04	0.05	0.03	0.06	0.07	0.05	0.22	0.07	0.05	0.02	0.04
Quebrada Bosque	0.10	0.04	0.05	0.02	0.05	0.07	0.05	0.22	0.06	0.05	0.02	0.04

44.1.9. IA en la SZH del río Atá

En aras de conocer y determinar el comportamiento espacial y temporal de la evapotranspiración real e índice de aridez, la subzona hidrográfica del río Atá se subdividió en 15 unidades hidrográficas de análisis (*Tabla 674*,*Figura 923*).

Tabla 674. Unidades hidrográficas de análisis, subzona hidrográfica río Atá

ATÁ	
Nombre Unidad de Análisis	**Descripción**
Rio Ata 8	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Barranca - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Saldaña
Quebrada Barranca	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Atá
Rio Ata 7	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada El Paujil - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Barranca
Quebrada Paujil	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Atá
Rio Ata 6	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada Montalvo - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada El Paujil
Quebrada Montalvo	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Atá
Rio Ata 5	Desde aguas debajo de la confluencia del Río Claro - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Montalvo
Rio Claro	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Atá
Rio Ata 4	Desde aguas debajo de la confluencia de la Quebrada El Quebradon - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río Claro
Quebrada Quebradon	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Atá
Rio Ata 3	Desde aguas debajo de la confluencia del Río San Miguel - Hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada El Quebradon
Rio San Miguel	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Atá
Rio Ata 2	Desde aguas debajo de la confluencia del Río Tamara - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río San Miguel
Rio Tamara	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de su confluencia al Río Atá
Rio Ata 1	Desde divisoria de aguas - Hasta aguas arriba de la confluencia del Río Tamara

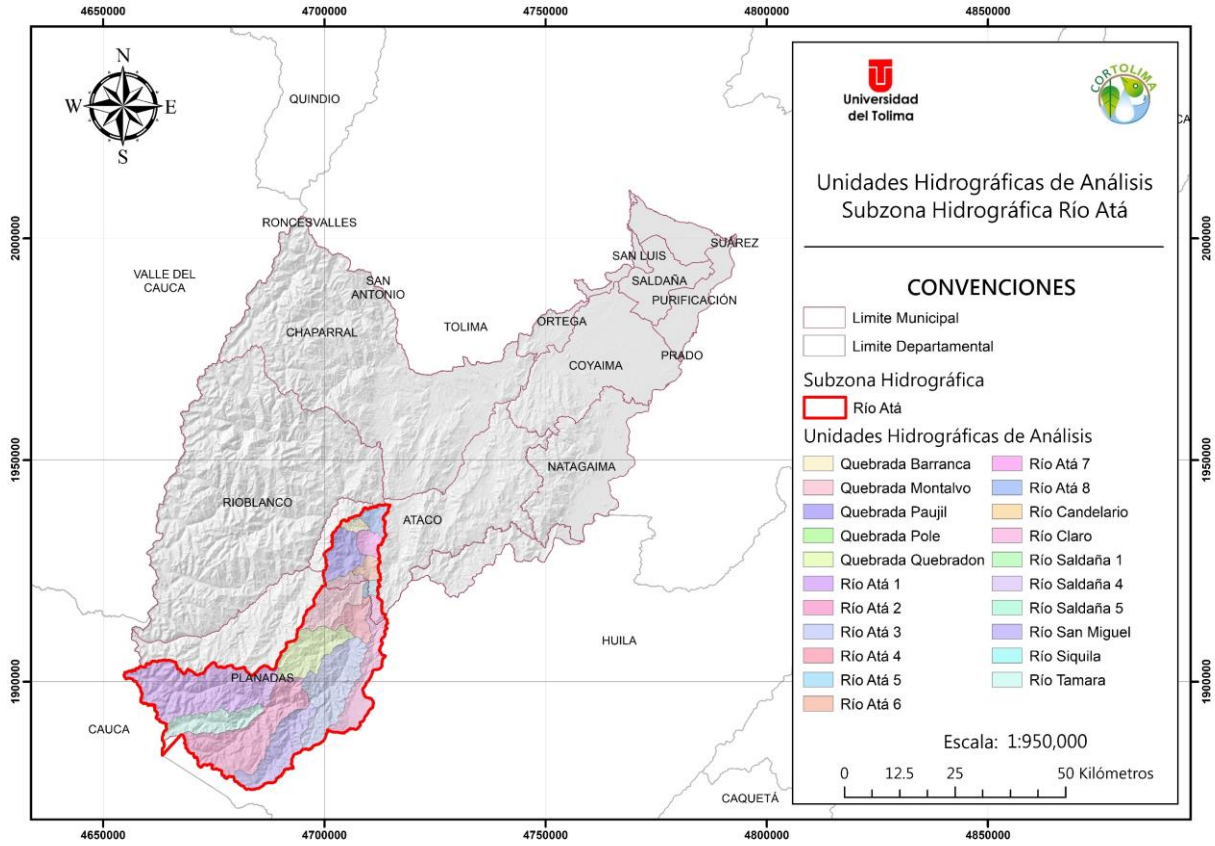


Figura 923. Unidades hidrográficas de análisis, subzona hidrográfica río Atá. Elaboración propia.

44.1.9.1. Análisis Índice de Aridez

En la condición hidrológica media se presenta el índice de aridez más alto (>0.59) en el 80% de la subzona hidrográfica del río Atá en el mes de agosto (*Figura 924*). Así mismo, se presenta el menor índice de aridez (<15) en el 90% de la subzona hidrográfica del río Atá en los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo octubre, noviembre y diciembre (*Tabla 675*).

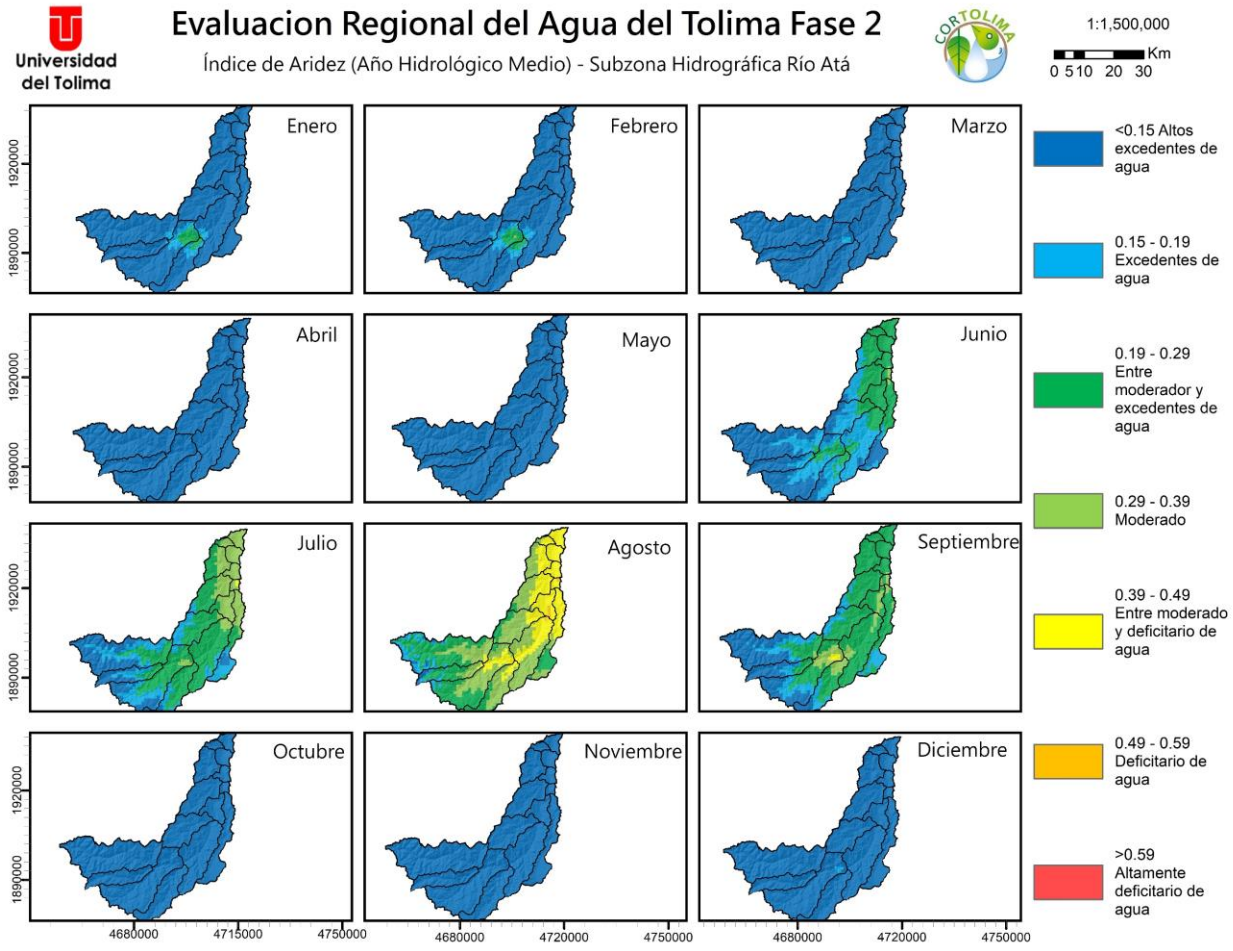


Figura 924. Índice de aridez condición hidrológica media de la subzona hidrográfica del río Atá. Elaboración propia.

Tabla 675: Índice de aridez medio mensual en año medio para las unidades hidrográficas del Río Atá

	MES											
Nombre Unidad de Análisis	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Rio Ata 8	0.12	0.12	0.08	0.07	0.09	0.26	0.36	0.46	0.26	0.07	0.06	0.08
Quebrada Barranca	0.10	0.11	0.07	0.07	0.08	0.22	0.31	0.41	0.23	0.07	0.06	0.07
Rio Ata 7	0.11	0.11	0.08	0.07	0.09	0.24	0.34	0.45	0.25	0.07	0.06	0.08
Quebrada Paujil	0.11	0.10	0.07	0.07	0.08	0.21	0.28	0.39	0.22	0.07	0.05	0.08
Rio Ata 6	0.11	0.11	0.08	0.07	0.09	0.24	0.33	0.43	0.26	0.07	0.06	0.08
Quebrada Montalvo	0.11	0.11	0.07	0.07	0.08	0.20	0.26	0.38	0.22	0.07	0.06	0.08
Rio Ata 5	0.12	0.12	0.08	0.07	0.10	0.29	0.38	0.48	0.29	0.08	0.06	0.09
Rio Claro	0.11	0.11	0.07	0.07	0.08	0.19	0.24	0.37	0.23	0.07	0.06	0.08
Rio Ata 4	0.13	0.12	0.08	0.08	0.10	0.25	0.32	0.46	0.27	0.08	0.06	0.09
Quebrada Quebradon	0.11	0.11	0.07	0.07	0.08	0.16	0.21	0.34	0.21	0.07	0.06	0.08
Rio Ata 3	0.12	0.12	0.08	0.08	0.09	0.18	0.23	0.38	0.25	0.08	0.07	0.09
Rio San Miguel	0.12	0.12	0.08	0.07	0.08	0.16	0.20	0.32	0.22	0.07	0.06	0.08
Rio Ata 2	0.12	0.12	0.08	0.07	0.08	0.15	0.19	0.30	0.21	0.07	0.06	0.08
Rio Tamara	0.08	0.08	0.06	0.05	0.06	0.13	0.16	0.24	0.15	0.05	0.05	0.06
Rio Ata 1	0.08	0.08	0.06	0.05	0.06	0.13	0.16	0.24	0.15	0.05	0.05	0.06

En la condición hidrológica seca se presenta el índice de aridez más alto (>0.59) en el 85% de la subzona hidrográfica del río Atá en los meses de agosto, septiembre y diciembre (*Figura 925*). Así mismo, se presenta el menor índice de aridez (<15) en el 80% de la subzona hidrográfica del río Atá en los meses de marzo, abril, octubre y noviembre (*Tabla 676*).

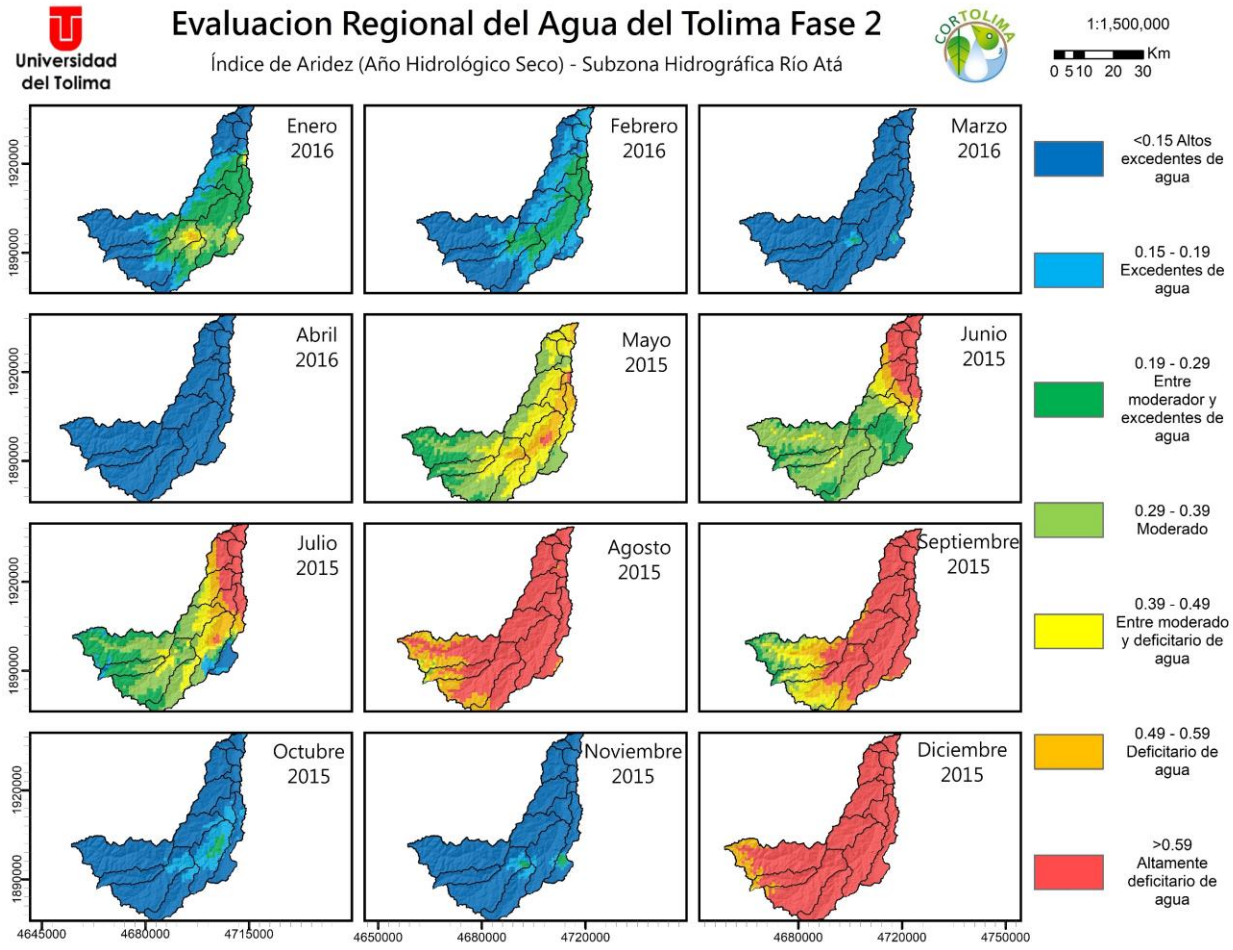


Figura 925. Índice de aridez condición hidrológica seca de la subzona hidrográfica del río Atá. Elaboración propia.

Tabla 676: Índice de aridez medio mensual en año seco para las unidades hidrográficas del Río Atá

	MES											
Nombre Unidad de Análisis	**2016_1**	**2016_2**	**2016_3**	**2016_4**	**2015_5**	**2015_6**	**2015_7**	**2015_8**	**2015_9**	**2015_10**	**2015_11**	**2015_12**
Rio Ata 8	0.10	0.16	0.07	0.07	0.48	0.77	0.75	0.80	0.69	0.13	0.11	0.86
Quebrada Barranca	0.10	0.14	0.07	0.06	0.44	0.71	0.68	0.76	0.65	0.11	0.10	0.83
Rio Ata 7	0.10	0.17	0.07	0.07	0.44	0.77	0.72	0.74	0.70	0.12	0.11	0.84
Quebrada Paujil	0.13	0.15	0.07	0.06	0.38	0.64	0.60	0.72	0.66	0.11	0.09	0.80
Rio Ata 6	0.17	0.17	0.07	0.07	0.40	0.77	0.68	0.69	0.76	0.11	0.10	0.82
Quebrada Montalvo	0.18	0.17	0.07	0.07	0.39	0.54	0.52	0.75	0.69	0.12	0.09	0.78
Rio Ata 5	0.33	0.23	0.06	0.08	0.58	0.80	0.77	0.90	0.89	0.12	0.11	0.82
Rio Claro	0.28	0.17	0.09	0.07	0.42	0.40	0.36	0.73	0.75	0.14	0.12	0.80
Rio Ata 4	0.23	0.21	0.07	0.08	0.48	0.58	0.60	0.83	0.76	0.14	0.11	0.79
Quebrada Quebradon	0.20	0.16	0.07	0.07	0.40	0.33	0.40	0.70	0.66	0.13	0.10	0.77
Rio Ata 3	0.27	0.20	0.08	0.07	0.48	0.30	0.41	0.74	0.75	0.16	0.12	0.81
Rio San Miguel	0.23	0.15	0.08	0.06	0.39	0.33	0.34	0.64	0.58	0.12	0.10	0.77
Rio Ata 2	0.21	0.14	0.08	0.06	0.37	0.33	0.31	0.63	0.54	0.11	0.10	0.74
Rio Tamara	0.13	0.11	0.06	0.05	0.31	0.31	0.28	0.58	0.45	0.09	0.07	0.67
Rio Ata 1	0.12	0.11	0.06	0.05	0.30	0.32	0.27	0.59	0.43	0.09	0.07	0.66

En la condición hidrológica húmeda se presenta el índice de aridez más alto en las unidades hidrográficas del río Atá en el mes de agosto (>0.59) (*Figura 926*). Así mismo, se presenta el menor índice de aridez (<15) en el 90% de la subzona hidrográfica del río Atá en los meses de febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio, septiembre, octubre, noviembre y diciembre (*Tabla 677*).

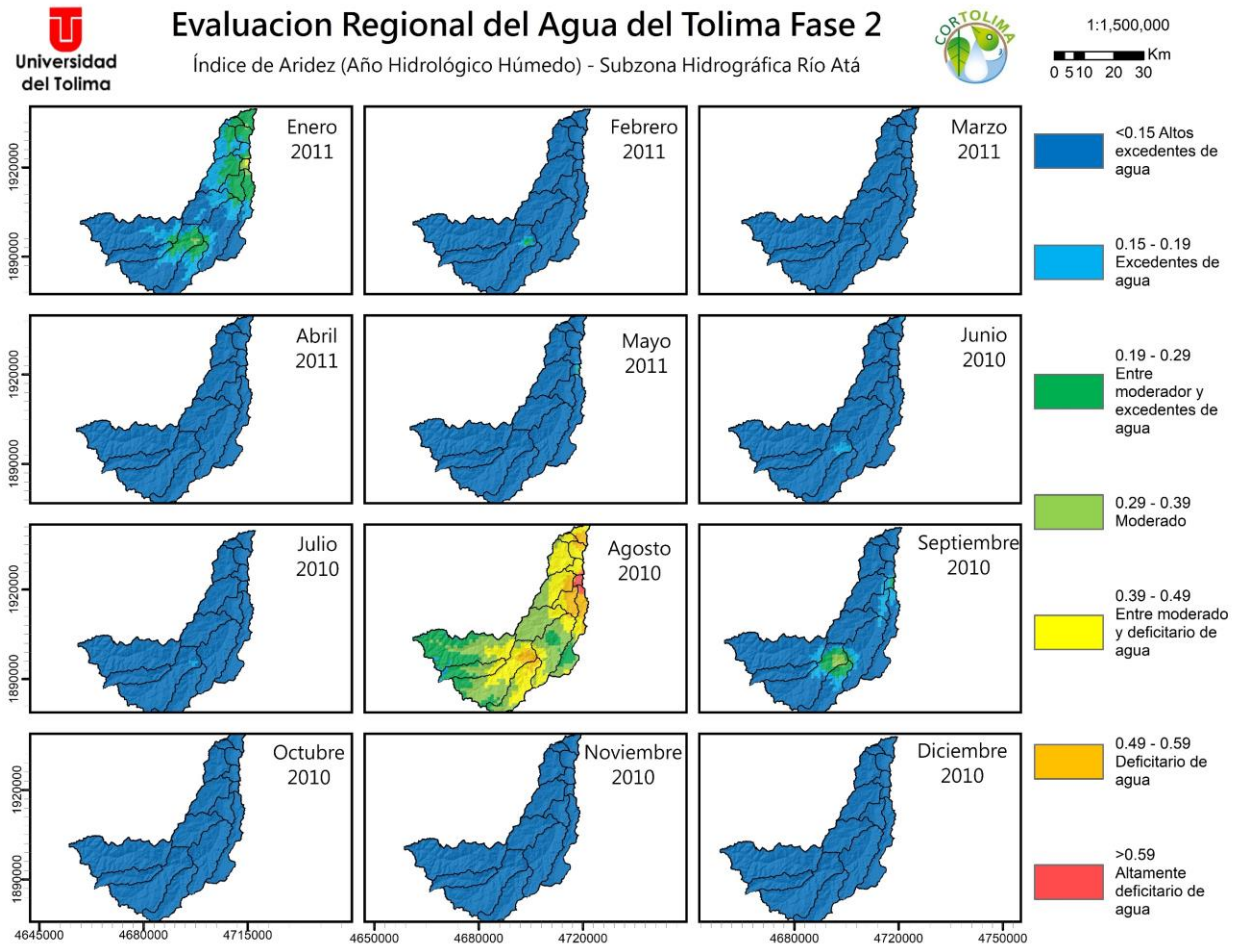


Figura 926. Índice de aridez condición hidrológica húmeda de la subzona hidrográfica del río Atá. Elaboración propia.

Tabla 677: Índice de aridez medio mensual en año húmedo para las unidades hidrográficas del Río Atá

	MES											
Nombre Unidad de Análisis	**2011_1**	**2011_2**	**2011_3**	**2011_4**	**2011_5**	**2010_6**	**2010_7**	**2010_8**	**2010_9**	**2010_10**	**2010_11**	**2010_12**
Rio Ata 8	0.24	0.06	0.11	0.03	0.09	0.12	0.10	0.48	0.12	0.09	0.03	0.06
Quebrada Barranca	0.21	0.05	0.09	0.03	0.08	0.11	0.09	0.44	0.11	0.08	0.03	0.06
Rio Ata 7	0.23	0.06	0.10	0.03	0.08	0.11	0.10	0.48	0.12	0.09	0.03	0.06
Quebrada Paujil	0.19	0.06	0.08	0.03	0.08	0.11	0.08	0.42	0.11	0.08	0.03	0.05
Rio Ata 6	0.21	0.07	0.09	0.04	0.10	0.11	0.09	0.47	0.13	0.11	0.04	0.04
Quebrada Montalvo	0.19	0.06	0.07	0.03	0.09	0.10	0.08	0.43	0.12	0.07	0.03	0.05
Rio Ata 5	0.34	0.06	0.09	0.03	0.16	0.12	0.10	0.65	0.18	0.08	0.04	0.03
Rio Claro	0.16	0.07	0.06	0.03	0.07	0.10	0.06	0.40	0.13	0.05	0.03	0.05
Rio Ata 4	0.22	0.07	0.08	0.04	0.10	0.12	0.09	0.50	0.14	0.07	0.04	0.05
Quebrada Quebradon	0.15	0.07	0.06	0.03	0.07	0.09	0.07	0.36	0.11	0.06	0.04	0.05
Rio Ata 3	0.15	0.07	0.06	0.04	0.06	0.10	0.07	0.36	0.13	0.06	0.04	0.06
Rio San Miguel	0.15	0.08	0.06	0.03	0.06	0.10	0.07	0.40	0.14	0.06	0.04	0.06
Rio Ata 2	0.15	0.07	0.06	0.03	0.06	0.09	0.07	0.37	0.14	0.06	0.04	0.05
Rio Tamara	0.11	0.05	0.05	0.03	0.06	0.08	0.06	0.30	0.09	0.05	0.03	0.04
Rio Ata 1	0.12	0.05	0.05	0.03	0.06	0.08	0.05	0.29	0.09	0.05	0.03	0.04

44.2. Índice de Regulación y Retención Hídrica (IRH)

El IRH determina la capacidad de la cuenca para retener humedad, expresa la relación entre el área bajo la línea del caudal medio en la curva de duración de caudales diarios y el área bajo la curva de duración de caudales diarios, por lo que sus valores se encuentran entre cero (0) y uno (1), donde los valores más bajos representan menor capacidad de regulación y se clasifica en cinco categorías desde “muy baja” capacidad de regulación a “muy alta” (*Tabla 678*).

Tabla 678. Categorías del índice de retención y regulación hídrica (IRH). (Fuente: IDEAM, 2020a)

Límites de categorías	Categoría	Capacidad de retención y regulación
IRH > 0.85		Muy alta
0.75 < IRH ≤ 0.85		Alta
0.65 < IRH ≤ 0.75		Moderada
0.50 < IRH ≤ 0.65		Baja
IRH ≤ 0.50		Muy Baja

Las unidades río Patá 3, río Patá 2, quebrada San Pablo, río Patá 1, Río Patá 8, quebrada Vieja y drenajes directos al Magdalena tienen una alta regulación hídrica asociada a una mayor capacidad de intercepción de precipitación por la vegetación y a una baja conductividad hidráulica saturada del suelo, que reduce el tiempo de tránsito del flujo en laderas. En contraste, las unidades de análisis quebrada Chilirco y quebrada Buenos Aires presentan la regulación hídrica más baja en la SZH del río Patá (*Figura 927*).

Las unidades de análisis río Chenche 6, quebrada Cabuyal, río Chenche 5, río Chenche 4, río Chenche 3, río Chenche 2, río Chenche 1, quebrada Zanja Honda, quebrada Socorro, río Hilarco, quebrada Guaguarco 3, quebrada Baloca Grande, quebrada Guaguarco 2, quebrada Guaguarco 1, río Anchique 3, río Anchique 2, quebrada Chocho, río Anchique 1, y drenajes directos al Magdalena presentan una capacidad de retención hídrica alta a muy alta; las cuales se asocian a una mayor capacidad e intecepción de la precipitación. En contraste, se evidencia que la unidad de análisis quebrada Carmen cuenta con una Baja capacidad de retención hídrica (*Figura 928*) debido a una menor capacidad de intercepción de la precipitación.

Las unidades de análisis quebrada Lemayá, quebrada Chicora, y quebrada Pedregosta tienen una muy baja capacidad de retención hídrica (*Figura 929*), debido principalmente a las mayores conductividades hidráulicas encontradas que implican unos menores tiempos de tránsito del flujo en contraste con las demás unidades hidrológicas de la SZH Bajo Saldaña. En contraste, las unidades río Saldaña 21, río Saldaña 20, río Saldaña 19, río Saldaña 18, río Saldaña 17, río Saldaña 16, río Saldaña 15, río Saldaña 14, río Saldaña 13, río Saldaña 12, río Saldaña 11, y río Saldaña 10 presentan alta y muy alta capacidad de retención hídrica debido a que se constituyen en tramos asociados al

tránsito de caudales, cuya variabilidad depende más de los procesos hidráulicos que de determinantes meteorológicos relacionados con la producción de escorrentía.

Las unidades de análisis de la subzona hidrográfica Medio Saldaña presentan alta a muy alta retención hidrológica (*Figura 930*, río Saldaña 9, quebrada Paipa, río Saldaña 8, quebrada Guanábano, río Saldaña 7, quebrada Pole, río Saldaña 6), debido a una alta capacidad de retención de agua capilar mayores a 65 mm de agua.

Las unidades de análisis río Mendarco, río Saldaña 5, quebrada Lindosa, río Saldaña 4, río Siquila, río Saldaña 3, río Hereje, río Saldaña 2, río Candelario, y río Saldaña 1 tienen alta y muy alta capacidad de retención y regulación hídrica (*Figura 931*) asociada a una alta capacidad de intercepción de agua por la cobertura.

Las unidades de análisis quebrada Rivera, río Amoyá 3, quebrada Nieves, río Amoyá 2, quebrada Morales, y río Amoyá 1presentan una capacidad de retención hídrica Moderada debido a una menor capacidad de almacenamiento de agua capilar en el suelo en contraste con las demás unidades hidrológicas de la subzona hidrográfica del río Amoyá (*Figura 932*). El resto de las unidades de análisis presentan alta y muy alta capacidad de retención de hídrica, asociadas a una menor conductividad hidráulica saturada que reduce los tiempos de tránsito del agua en laderas.

En la subzona hidrográfica del río Anamichú se presentan altas capacidades de intercepción de la precipitación, lo cual implica que 20 unidades de análisis (río Anamichú 11, río Blanco, río Anamichú 10. río Quebrada, río Anamichú 9, río Anamichú 8, quebrada Ilusión, río Anamichú 7, río Verde, río Anamichú 6, río Negro Anamichú, río Anamichú 5, quebrada Yarumal, río Anamichú 4, quebrada Catalina, río Anamichú 3, río San José, río Anamichú 2, quebrada Ahogado, y río Anamichú 1) presenten una alta capacidad de retención y regulación hídrica (*Figura 933*).

Las 5 unidades de análisis de la subzona hidrográfica del río Cambrín (río Cambrín 2, río Negro Cambrín, río Cambrín 1, quebrada Virgen, quebrada Bosque) tienen una Alta capacidad de retención y regulación hídrica (*Figura 934*) asociada a altos valores de capacidad de intercepción de la precipitación en la cuenca.

En la subzona hidrográfica del río Atá se identifica que la unidad río Claro presenta una Baja capacidad de retención hídrica debido a su morfología alargada con laderas cortas conectadas la red de cauces que confiere menores velocidades de tránsito de flujo en laderas en contraste con las demás unidades de análisis de la subzona, las cuales presentan alta y muy alta capacidad de retención y regulación hídrica (*Figura 935*).

44.2.1. IRH en la subzona hidrográfica del río Patá

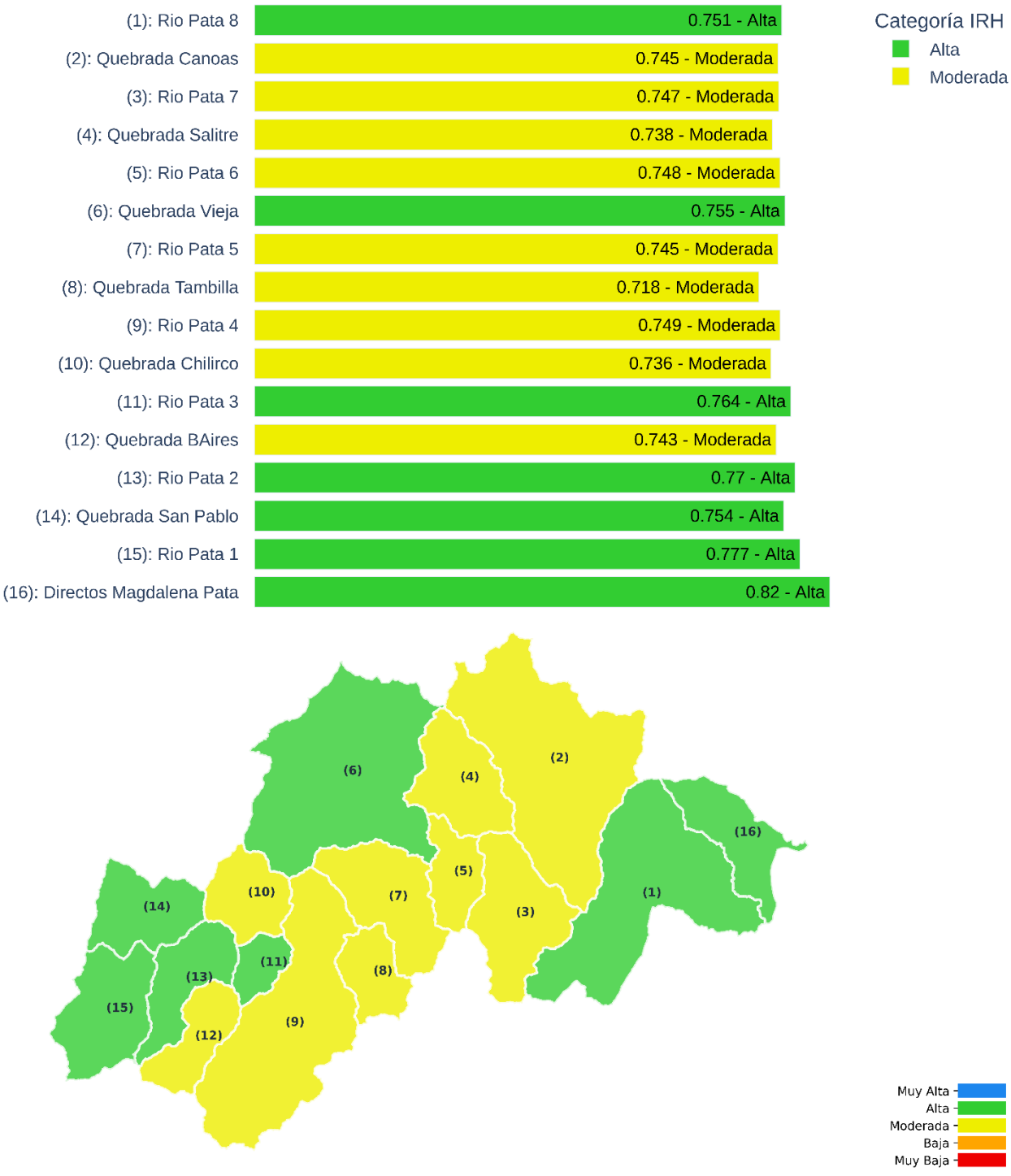


Figura 927. Índice de retención y regulación hídrica en la subzona hidrográfica del río Patá, en el periodo (1990 a 2021)

44.2.2. IRH en la subzona hidrográfica del río Chenche, Anchique y Directos al Magdalena

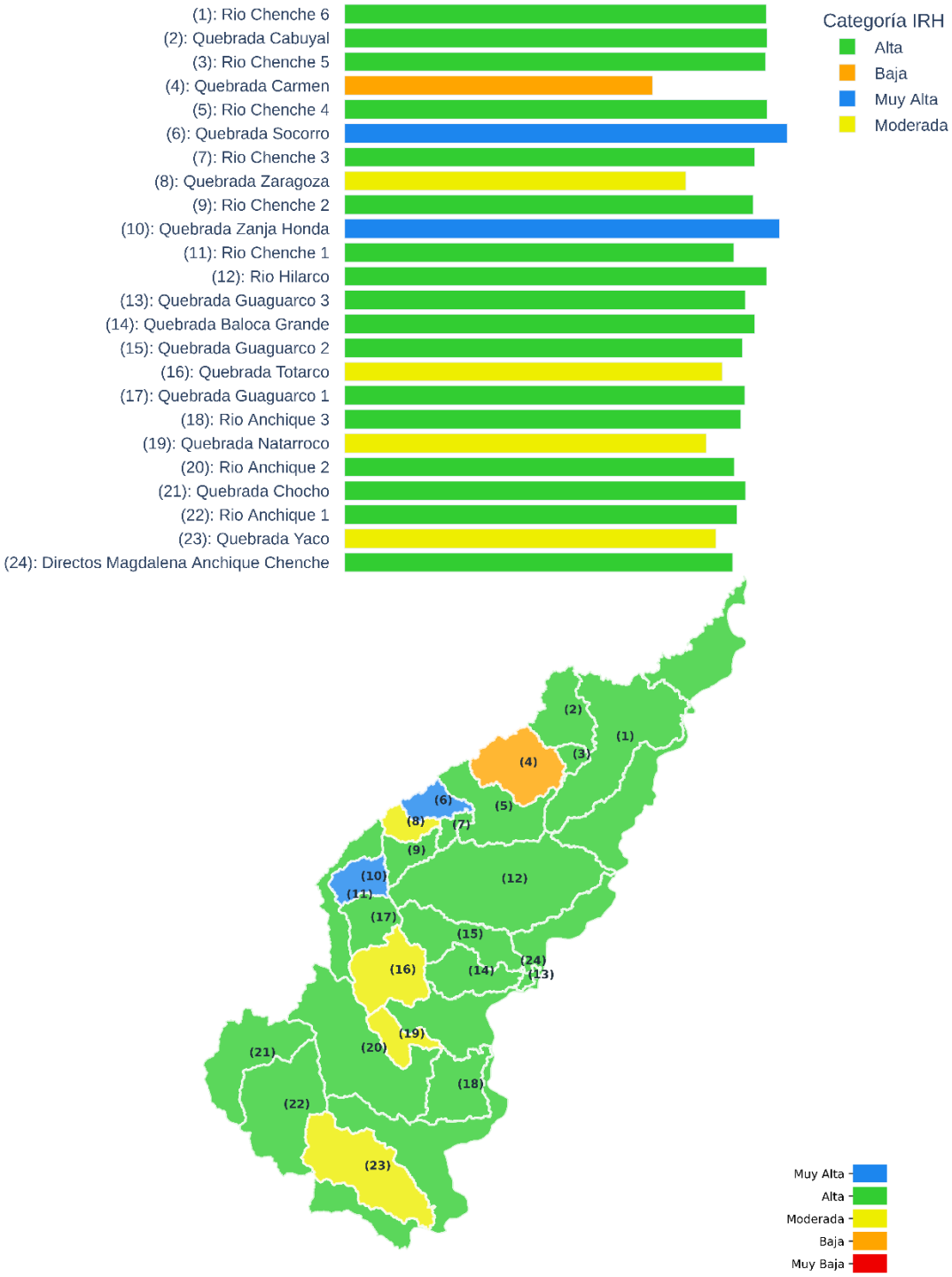


Figura 928. Índice de retención y regulación hídrica en la subzona hidrográfica del río Chenche, Anchique y Directos al Magdalena, en el periodo (1990 a 2021)

44.2.3. IRH en la subzona hidrográfica Bajo Saldaña

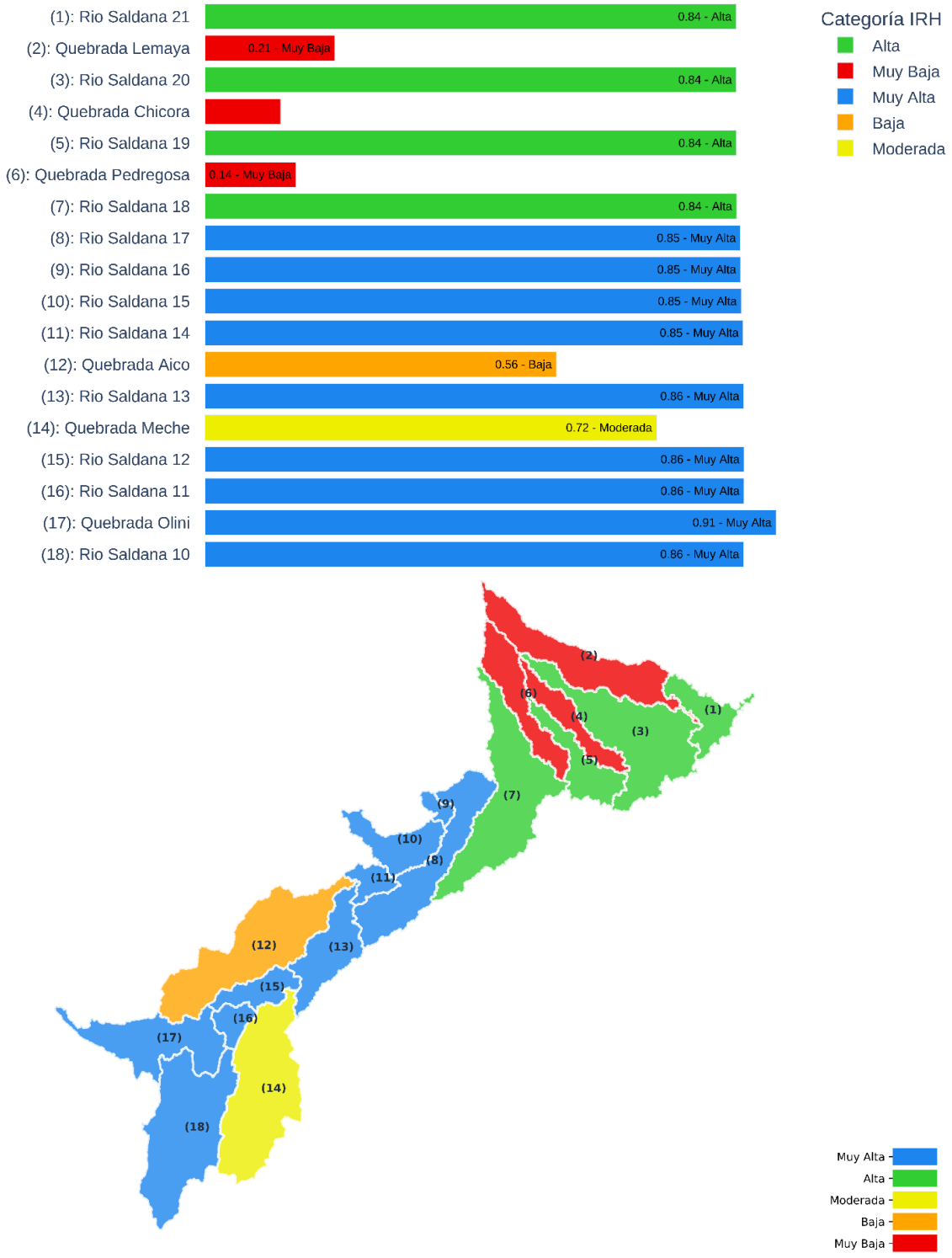


Figura 929. Índice de retención y regulación hídrica en la subzona hidrográfica Bajo Saldaña, en el periodo (1990 a 2021)

44.2.4. IRH en la subzona hidrográfica Medio Saldaña

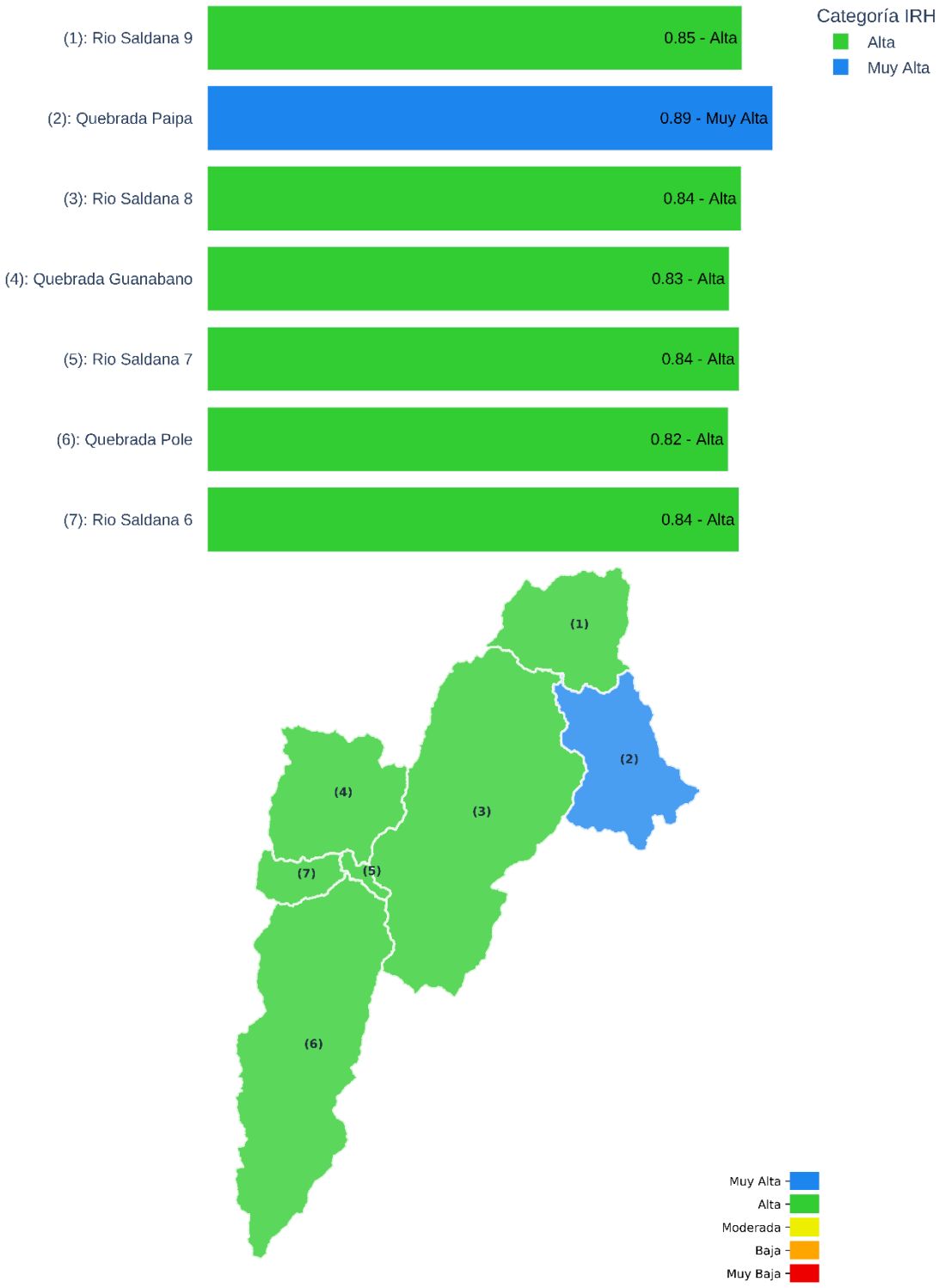


Figura 930. Índice de retención y regulación hídrica en la subzona hidrográfica Medio Saldaña, en el periodo (1990 a 2021)

44.2.5. IRH en la subzona hidrográfica Alto Saldaña

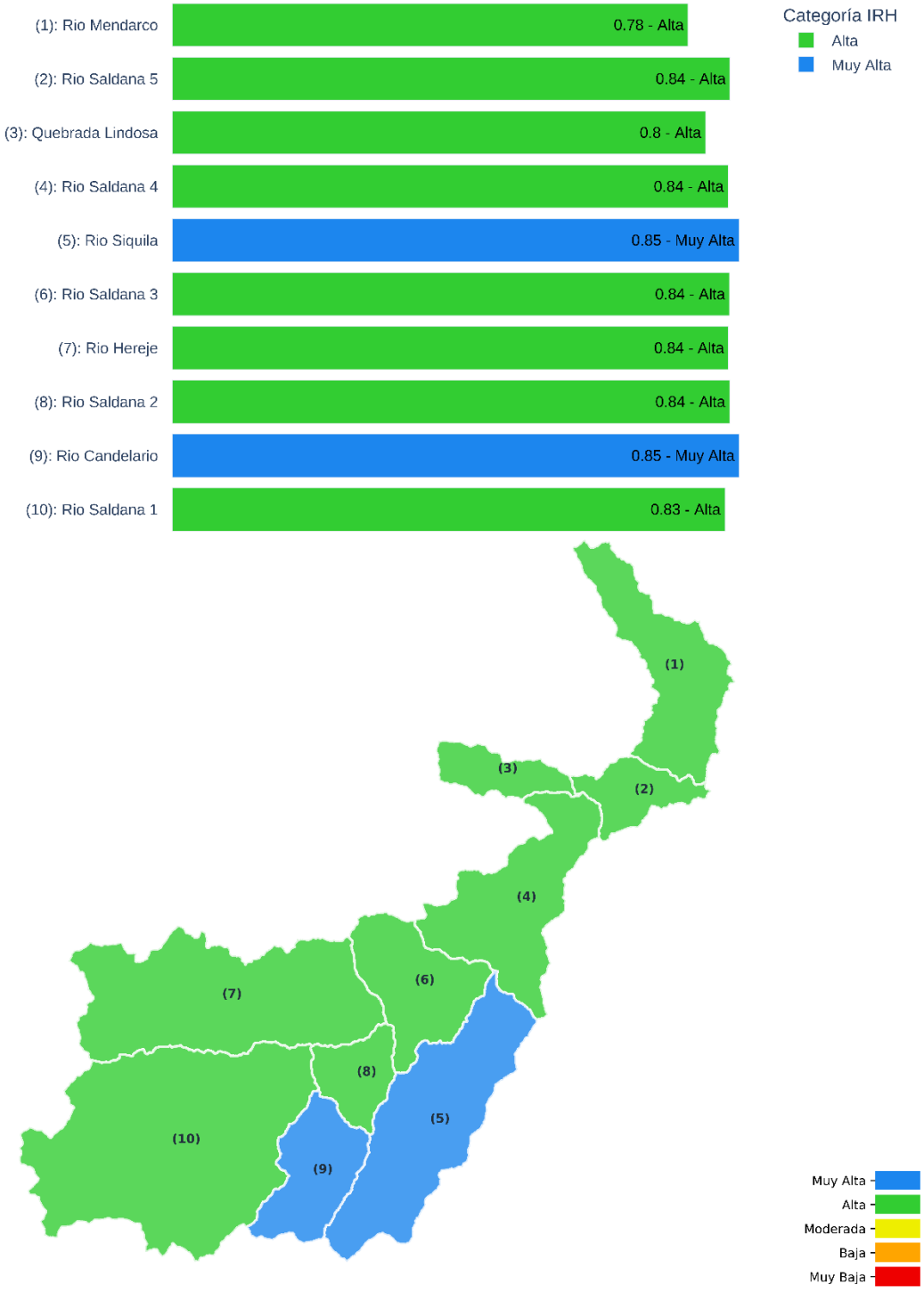


Figura 931. Índice de retención y regulación hídrica en la subzona hidrográfica Alto Saldaña, en el periodo (1990 a 2021)

44.2.6. IRH en la subzona hidrográfica del río Amoyá

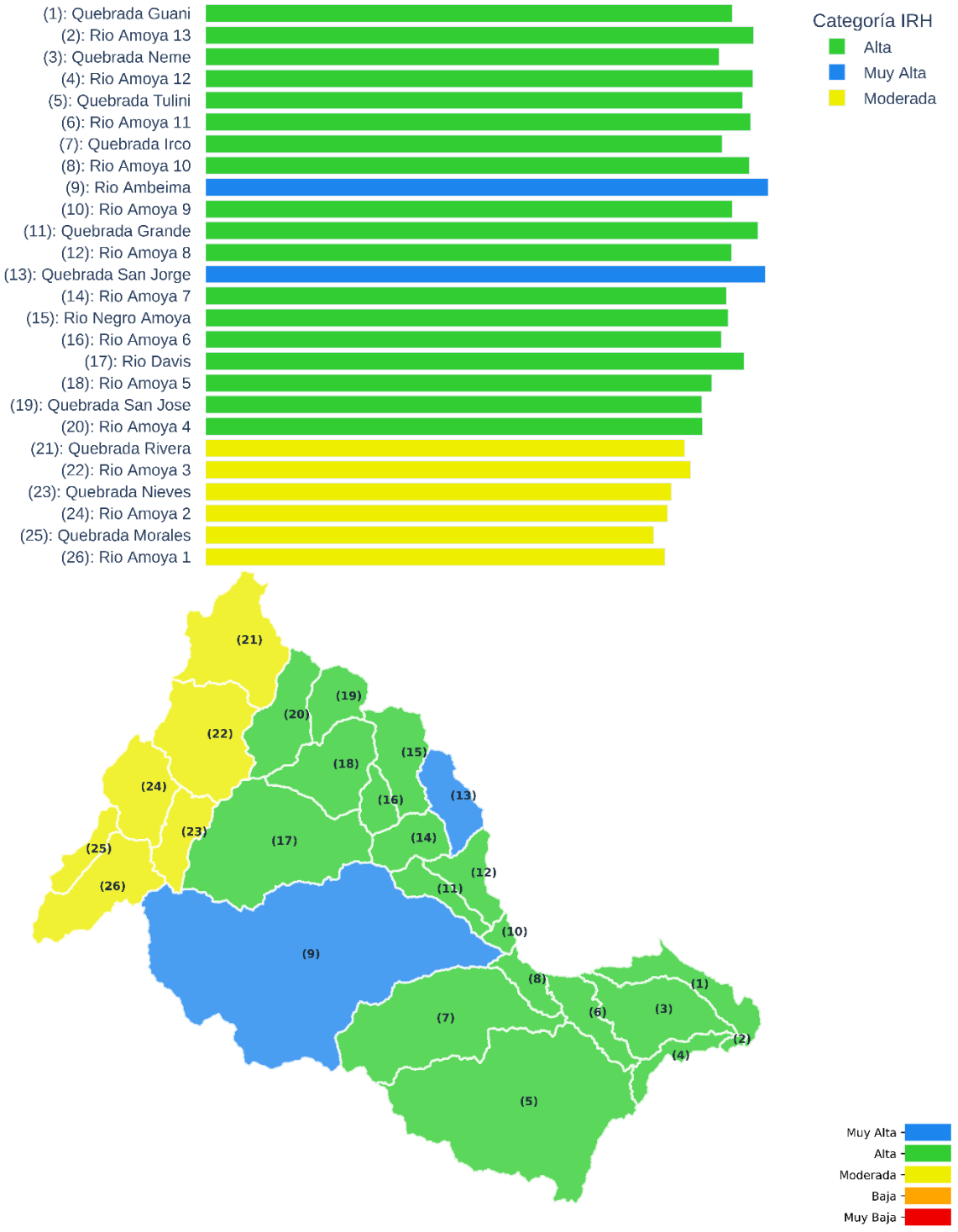


Figura 932. Índice de retención y regulación hídrica en la subzona hidrográfica del río Amoyá, en el periodo (1990 a 2021)

44.2.7. IRH en la subzona hidrográfica del río Anamichú

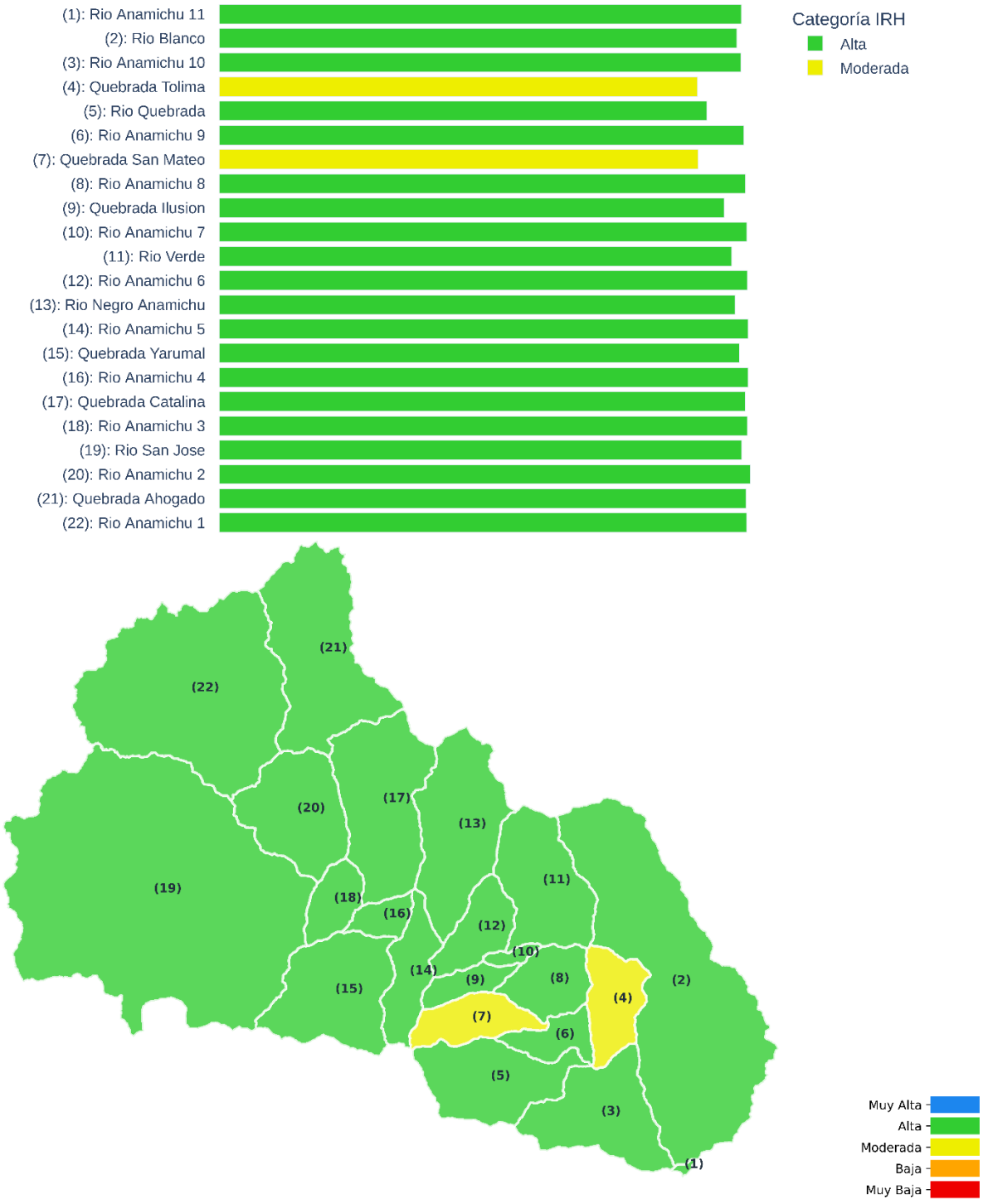


Figura 933. Índice de retención y regulación hídrica en la subzona hidrográfica del río Anamichú, en el periodo (1990 a 2021)

44.2.8. IRH en la subzona hidrográfica del río Cambrín

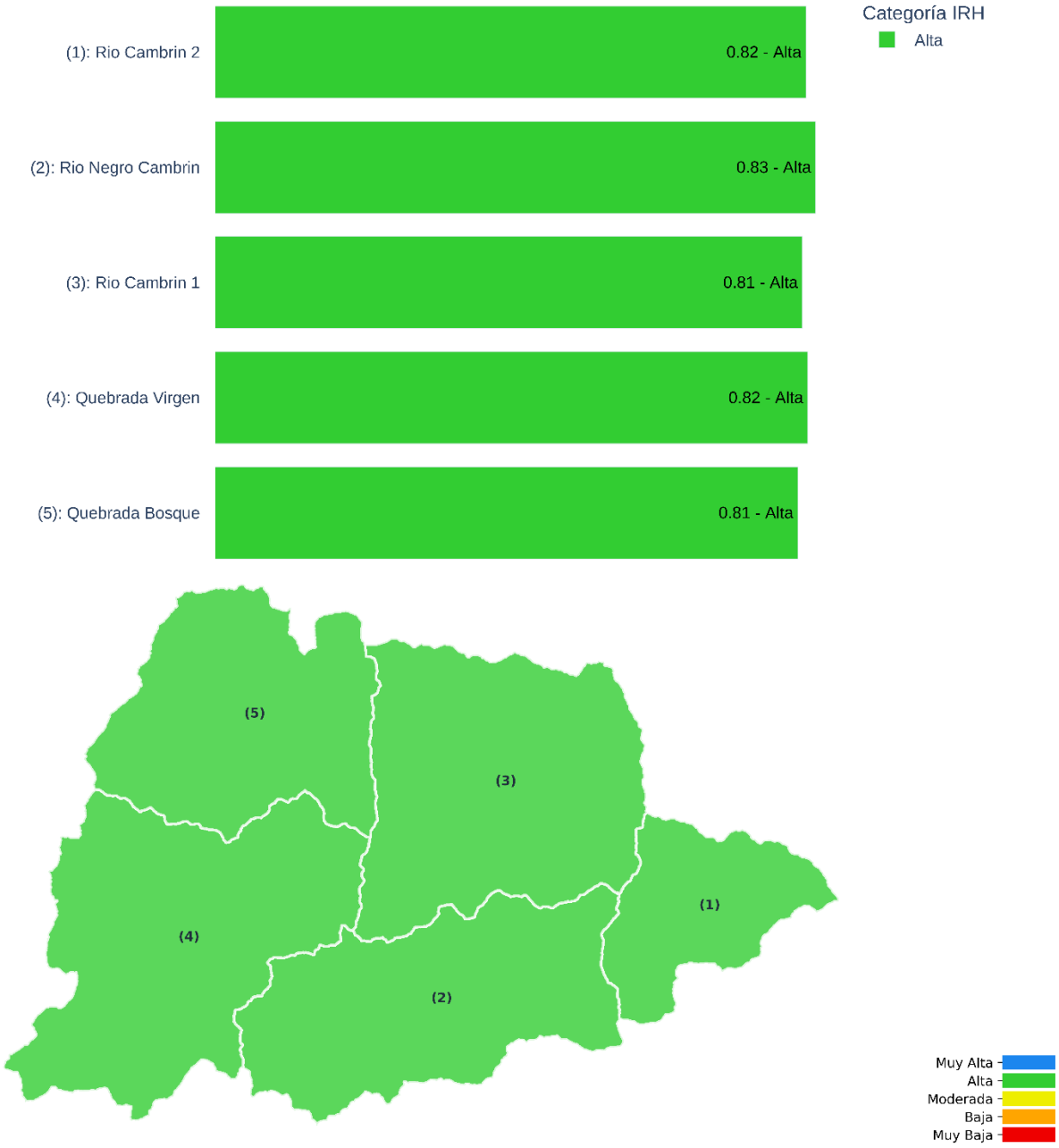


Figura 934. Índice de retención y regulación hídrica en la subzona hidrográfica del río Cambrín, en el periodo (1990 a 2021)

44.2.9. IRH en la subzona hidrográfica del río Atá

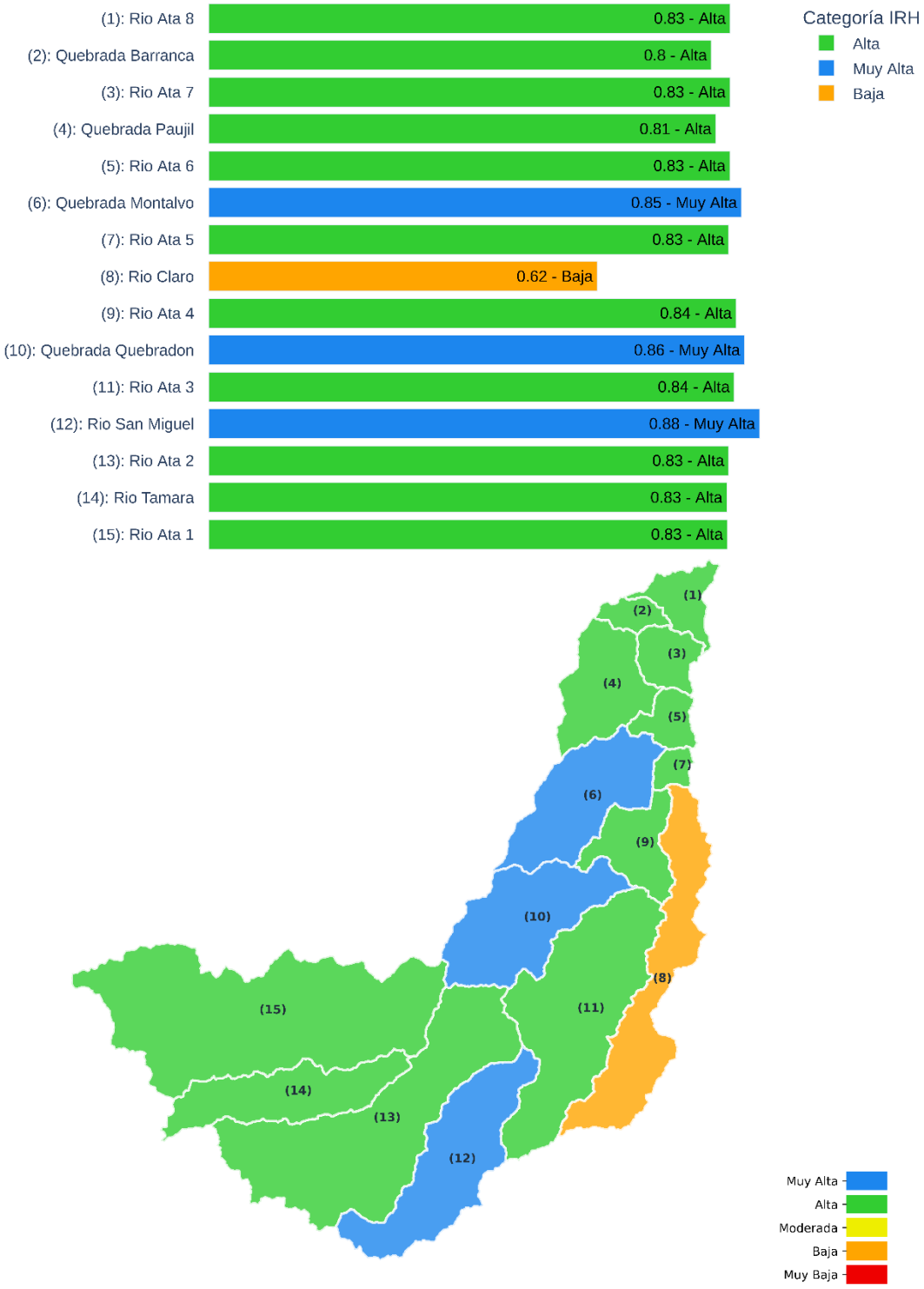


Figura 935. Índice de retención y regulación hídrica en la subzona hidrográfica del río Atá, en el periodo (1990 a 2021)

44.3. Índice estandarizado de escorrentía (SRI)

La intensidad de la sequía se definió mediante el SRI mensual y anual. El SRI se calculó ajustando las distribuciones de probabilidad Lognormal, Gamma, Exponencial, Pearson III, y LogPearson III, para cada serie de escorrentías mensuales obtenida a partir de la simulación hidrológica a escala diaria con el modelo hidrológico implementado en cada subzona hidrográfica de estudio. Para generar el SRI se seleccionó la función de distribución de mejor ajuste, sobre ella se calcularon las correspondientes probabilidades acumulativas de escorrentía y fueron transformadas a la distribución normal estándar con media cero y varianza uno para luego ser clasificado según la *Tabla 679*.

Rango	Categoría
SRI ≥ 2.0	Extremadamente húmedo
1.5 ≤ SRI < 2.0	moderadamente húmedo
1.0 ≤ SRI < 1.5	Ligeramente húmedo
-1.0 < SRI < 1.0	Rango Normal
-1.5 < SRI ≤ -1.0	Ligeramente seco
-2.0 < SRI ≤ -1.5	Moderadamente seco
-2.0 ≤ SRI	Extremadamente seco

Tabla 679. Categorías del Índice Estandarizado de Escorrentía (SRI). (Fuente: Shukla y Wood, 2008)

44.3.1. SRI en la subzona hidrográfica del río Patá

En esta unidad hidrográfica se identifican 3 episodios extremadamente húmedos en la serie mensual distribuidos en el periodo de 2010 a 2021, y ocurren 5 episodios moderadamente húmedos en todo el periodo de análisis, lo cual evidencia una estabilidad en la magnitud y frecuencia de altos volúmenes de escorrentía mensual en los años húmedos. La ocurrencia de 6 periodos extremadamente secos se identifica en toda la serie analizada (1990 a 2021), permitiendo inferir que su patrón de ocurrencia es estacionario. Se observan tres eventos húmedos de escorrentía estandarizada de 12 meses distribuidos en el periodo de análisis. Por otra parte, se identifican dos episodios de sequía hidrológica extrema para la escorrentía acumulada de 12 meses y tres episodios de sequía hidrológica ligera *Figura 936*.

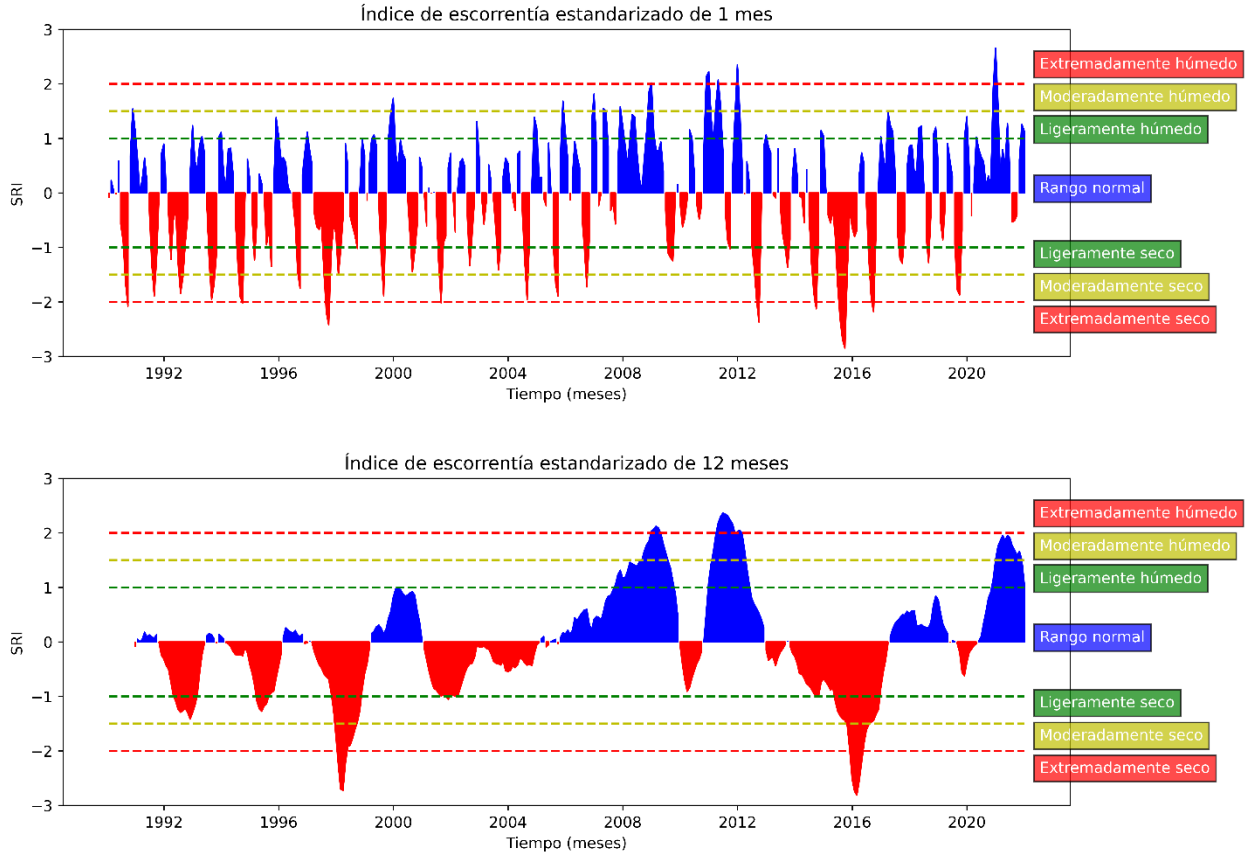


Figura 936. Distribución temporal del índice de escorrentía estandarizado para el periodo 1990 a 2021 en la unidad hidrográfica río Patá (punto de cierre)

44.3.2. SRI en la subzona hidrográfica del río Chenche, Anchique y drenajes directos al Magdalena

En la unidad hidrográfica del río Chenche se identifican 8 episodios extremadamente húmedos en la serie mensual distribuidos en el periodo de 2002 a 2021, y ocurren 4 episodios moderadamente húmedos en todo el periodo de análisis, lo cual evidencia una estabilidad en la magnitud y frecuencia de altos volúmenes de escorrentía mensual en los años húmedos. La ocurrencia de 3 periodos extremadamente secos se identifica en toda la serie analizada (1990 a 2021), permitiendo inferir que su patrón de ocurrencia es estacionario. Se observan seis eventos húmedos de escorrentía estandarizada de 12 meses distribuidos en el periodo de análisis. Por otra parte, se identifican dos episodios de sequía hidrológica extrema para la escorrentía acumulada de 12 meses y cuatro episodios de sequía hidrológica ligera *Figura 937*.

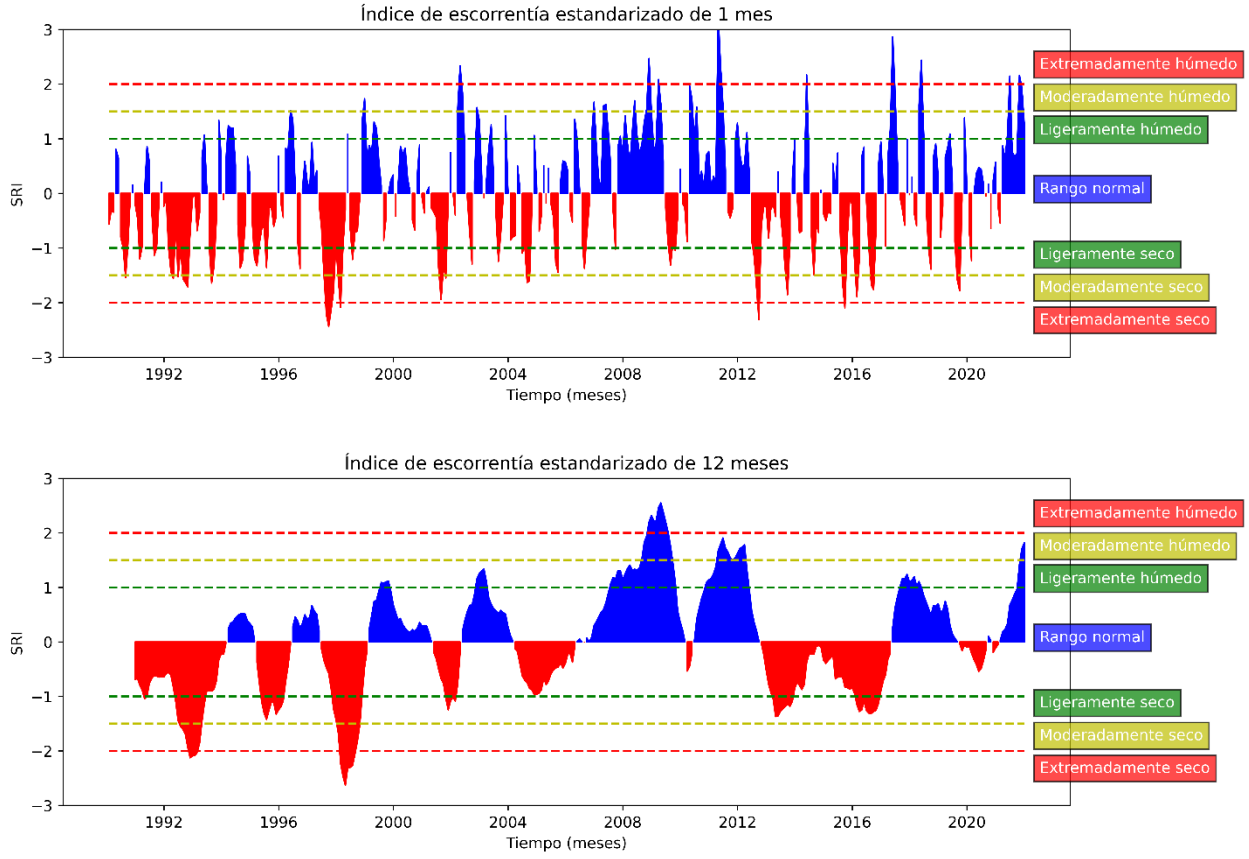


Figura 937. Distribución temporal del índice de escorrentía estandarizado para el periodo 1990 a 2021 en la unidad hidrográfica río Chenche (punto de cierre)

En la unidad hidrográfica del río Anchique se identifican 3 episodios extremadamente húmedos en la serie mensual distribuidos en el periodo de 2008 a 2012, y ocurren 10 episodios moderadamente húmedos en todo el periodo de análisis, lo cual evidencia una estabilidad en la magnitud y frecuencia de altos volúmenes de escorrentía mensual en los años húmedos. La ocurrencia de 4 periodos extremadamente secos se identifica en toda la serie analizada (1990 a 2021), permitiendo inferir que su patrón de ocurrencia es estacionario. Se observan cuatro eventos húmedos de escorrentía estandarizada de 12 meses distribuidos en el periodo de análisis. Por otra parte, se identifican dos episodios de sequía hidrológica extrema para la escorrentía acumulada de 12 meses y dos sequías hidrológicas ligeras Figura 938.

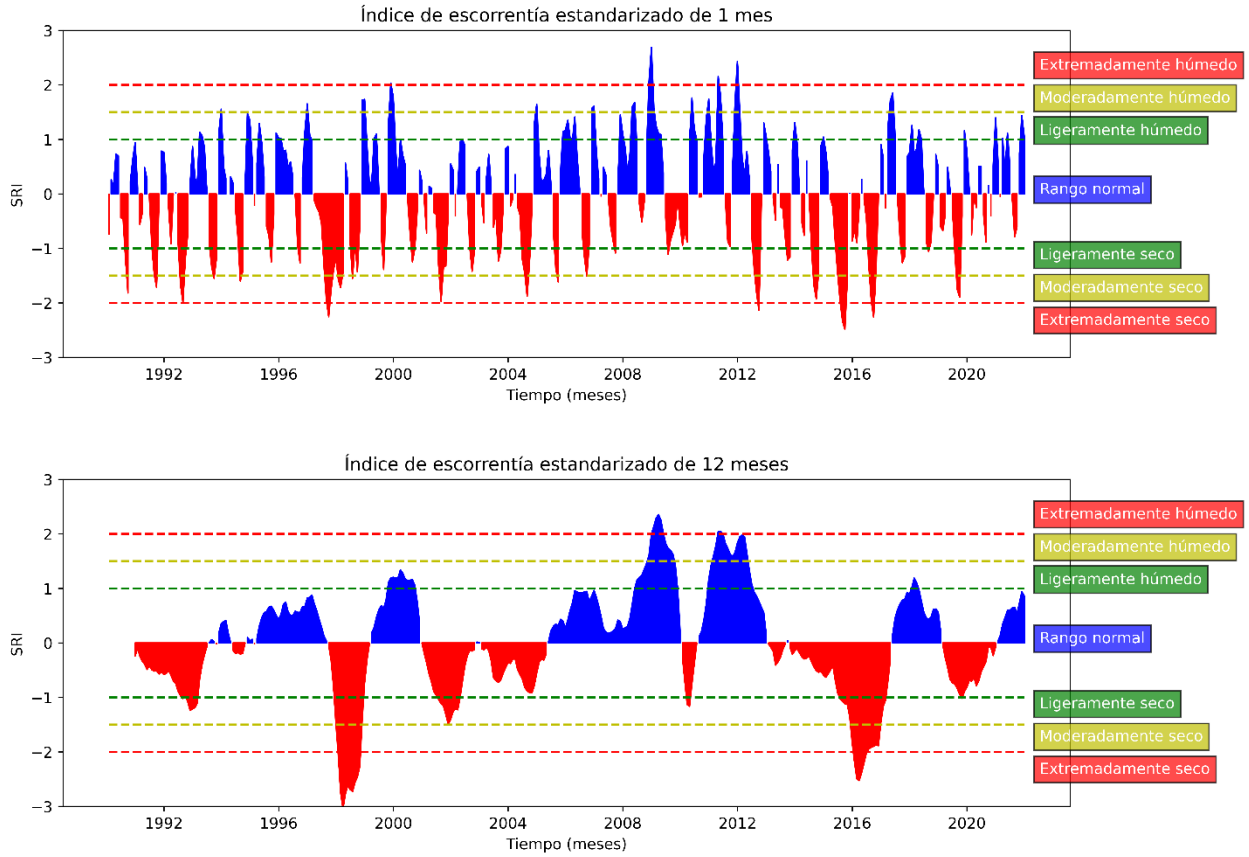


Figura 938. Distribución temporal del índice de escorrentía estandarizado para el periodo 1990 a 2021 en la unidad hidrográfica río Anchique (punto de cierre)

44.3.3. SRI en la subzona hidrográfica Bajo Saldaña

En esta unidad hidrográfica se identifican 5 episodios extremadamente húmedos en la serie mensual distribuidos en el periodo de análisis, y se presentan 4 episodios moderadamente húmedos, lo cual evidencia una estabilidad en la magnitud y frecuencia de altos volúmenes de escorrentía mensual en los años húmedos. La ocurrencia de 3 periodos extremadamente secos se identifica en toda la serie analizada (1990 a 2021), permitiendo inferir que su patrón de ocurrencia es estacionario. Se observan tres eventos húmedos de escorrentía estandarizada de 12 meses distribuidos en el periodo de análisis. Por otra parte, se identifica un episodio de sequía hidrológica extrema para la escorrentía acumulada de 12 meses y dos episodios de sequía moderada *Figura 939*.

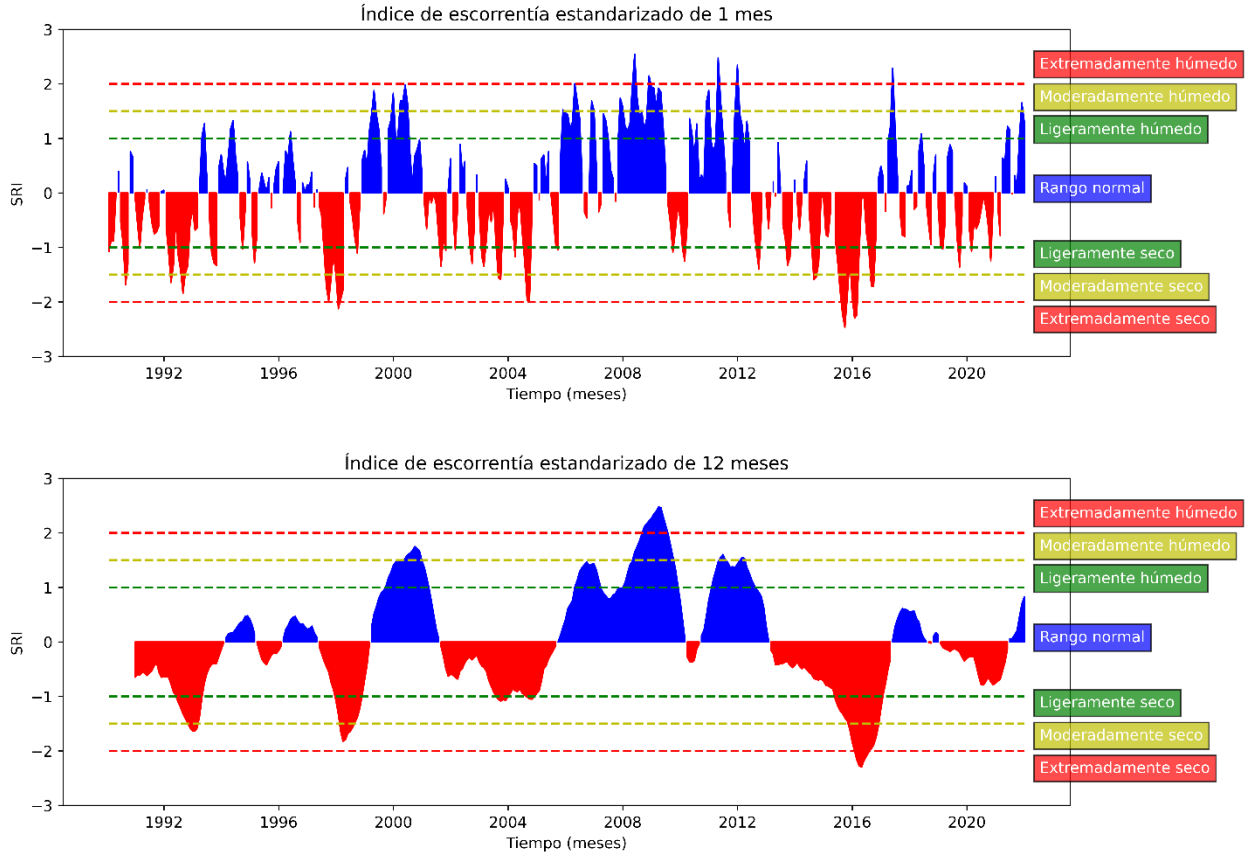


Figura 939. Distribución temporal del índice de escorrentía estandarizado para el periodo 1990 a 2021 en la unidad hidrográfica Bajo Saldaña (punto de cierre)

44.3.4. SRI en la subzona hidrográfica Medio Saldaña

En esta unidad hidrográfica se identifican 2 episodios extremadamente húmedos en la serie mensual distribuidos en el periodo de 2008 a 2012, y ocurren 7 episodios moderadamente húmedos en todo el periodo de análisis, lo cual evidencia una estabilidad en la magnitud y frecuencia de altos volúmenes de escorrentía mensual en los años húmedos. La ocurrencia de 3 periodos extremadamente secos se identifica en toda la serie analizada (1990 a 2021), permitiendo inferir que su patrón de ocurrencia es estacionario. Se observan tres eventos húmedos de escorrentía estandarizada de 12 meses distribuidos en el periodo de análisis. Por otra parte, se identifica un episodio de sequía hidrológica extrema para la escorrentía acumulada de 12 meses y un episodio de sequía moderada *Figura 940*.

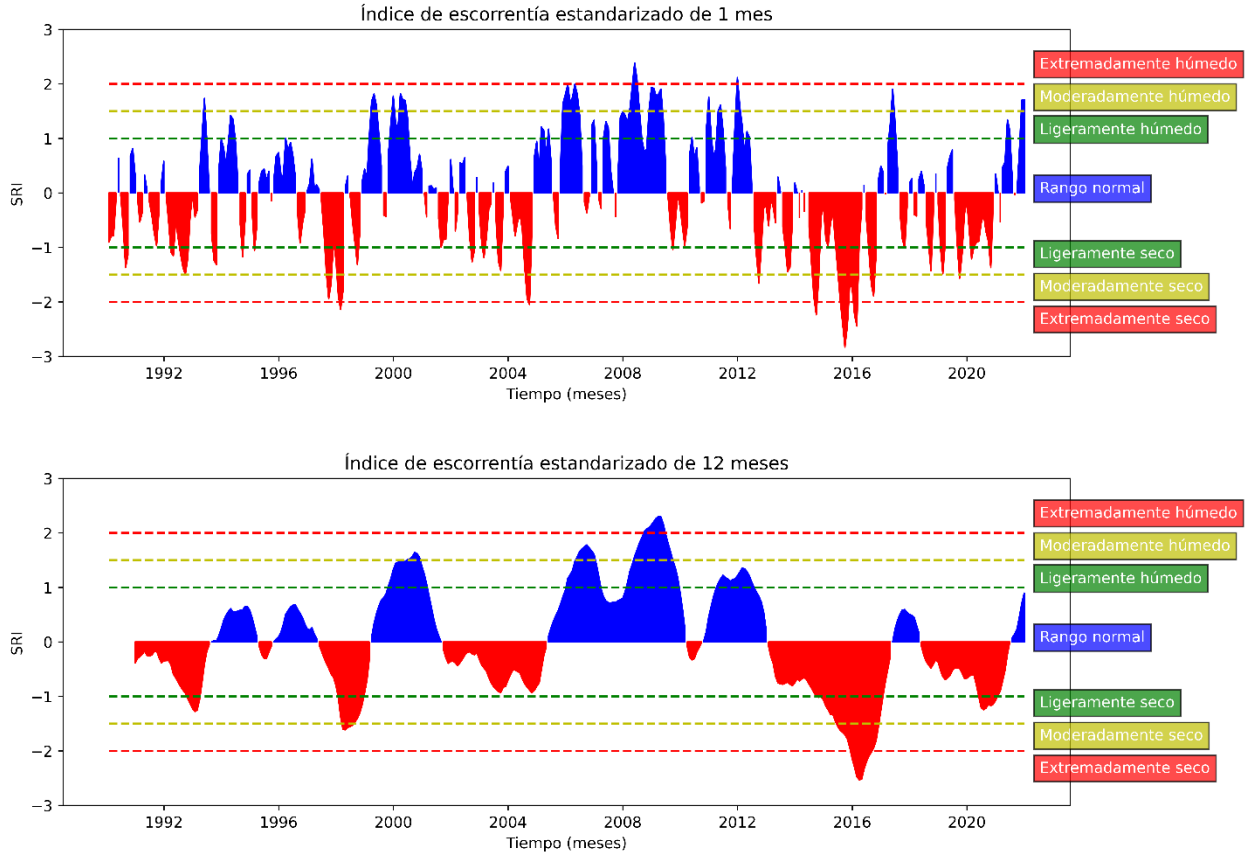


Figura 940. Distribución temporal del índice de escorrentía estandarizado para el periodo 1990 a 2021 en la unidad hidrográfica Medio Saldaña (punto de cierre)

44.3.5. SRI en la subzona hidrográfica Alto Saldaña

En esta unidad hidrográfica se identifican 3 episodios extremadamente húmedos en la serie mensual distribuidos en el periodo de 2006 a 2012, y ocurren 5 episodios moderadamente húmedos en todo el periodo de análisis, lo cual evidencia una estabilidad en la magnitud y frecuencia de altos volúmenes de escorrentía mensual en los años húmedos. La ocurrencia de 4 periodos extremadamente secos se identifica en toda la serie analizada (1990 a 2021), permitiendo inferir que su patrón de ocurrencia es estacionario. Se observan tres eventos húmedos de escorrentía estandarizada de 12 meses distribuidos en el periodo de análisis, lo cual es consistente con la ausencia en tendencia al aumento o disminución de caudales diarios encontrada en el componente de Oferta Hídrica del estudio. Por otra parte, se identifica un episodio de sequía hidrológica extrema para la escorrentía acumulada de 12 meses *Figura 941*.

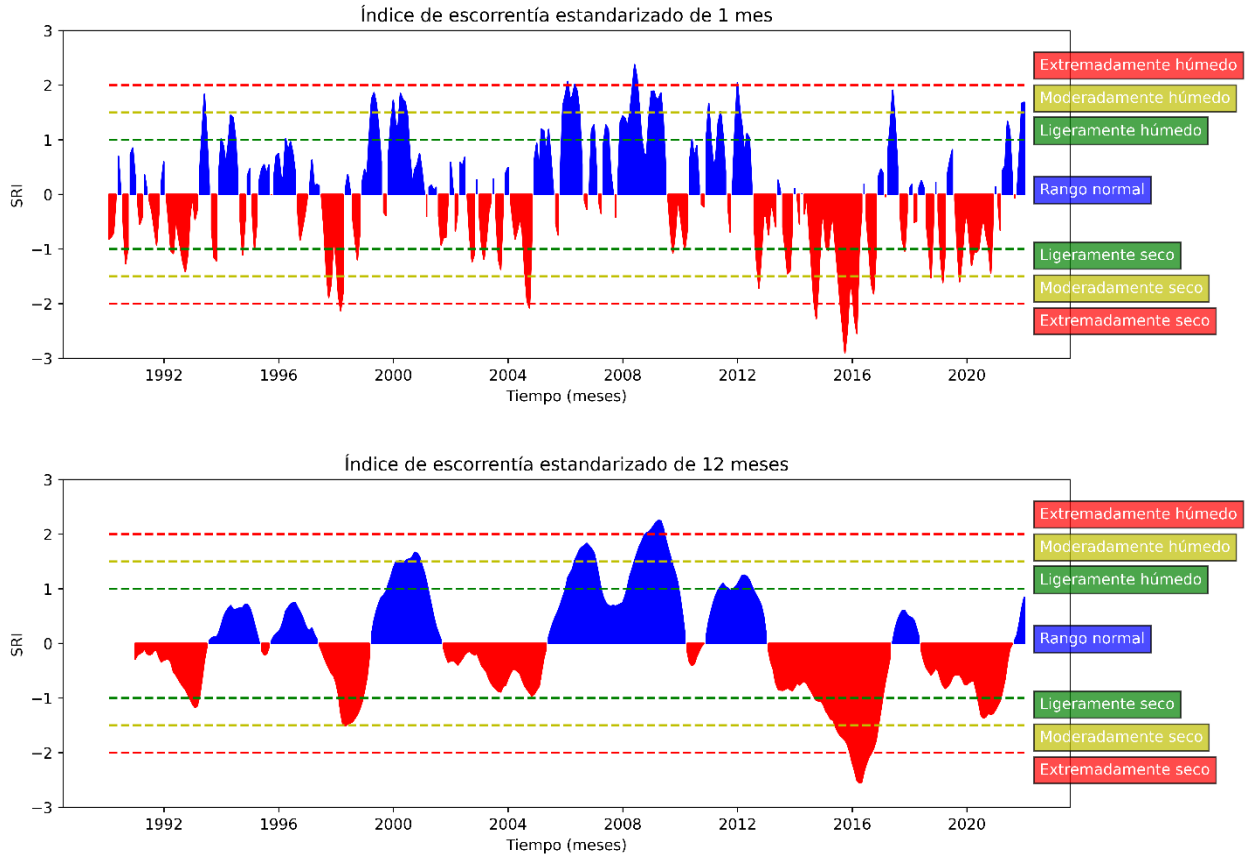


Figura 941. Distribución temporal del índice de escorrentía estandarizado para el periodo 1990 a 2021 en la unidad hidrográfica Alto Saldaña (punto de cierre)

44.3.6. SRI en la subzona hidrográfica del río Amoyá

En esta unidad hidrográfica se identifican 5 episodios extremadamente húmedos en la serie mensual distribuidos en el periodo de análisis, y se presentan 7 episodios moderadamente húmedos, lo cual evidencia una estabilidad en la magnitud y frecuencia de altos volúmenes de escorrentía mensual en los años húmedos. La ocurrencia de 4 periodos extremadamente secos se identifica en toda la serie analizada (1990 a 2021), permitiendo inferir que su patrón de ocurrencia es estacionario. Se observan cinco eventos húmedos de escorrentía estandarizada de 12 meses distribuidos en el periodo de análisis. Por otra parte, se identifican dos episodios de sequía hidrológica extrema para la escorrentía acumulada de 12 meses y dos episodios de sequía hidrológica ligera *Figura 942*.

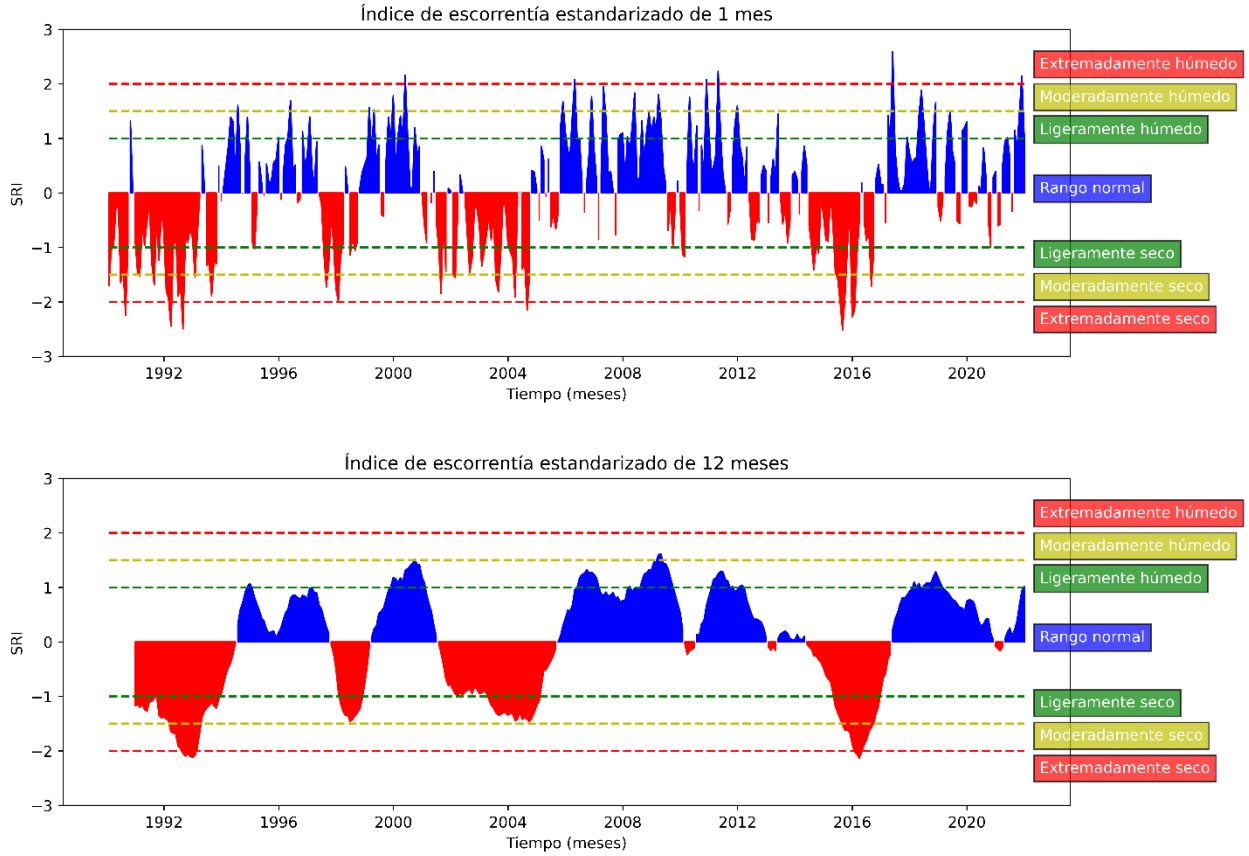


Figura 942. Distribución temporal del índice de escorrentía estandarizado para el periodo 1990 a 2021 en la unidad hidrográfica río Amoyá (punto de cierre)

44.3.7. SRI en la subzona hidrográfica del río Anamichú

En esta unidad hidrográfica se identifican 3 episodios extremadamente húmedos en la serie mensual distribuidos en el periodo de 1990 a 2009, y ocurren 3 episodios moderadamente húmedos en el periodo de 1990 a 2009, lo cual evidencia una reducción en la magnitud y frecuencia de altos volúmenes de escorrentía mensual en los años húmedos. La ocurrencia de 2 periodos extremadamente secos se identifica en toda la serie analizada (1990 a 2021), sin embargo, su patrón de ocurrencia tiende a incrementar en las dos últimas décadas del periodo de análisis. Se observan cuantro eventos húmedos de escorrentía estandarizada de 12 meses distribuidos en el periodo de 1990 a 2009. Por otra parte, se identifica un episodio de sequía hidrológica extrema para la escorrentía acumulada de 12 meses y tres sequías hidrológicas ligeras ocurridas entre el 2004 y el 2021 *Figura 943*.

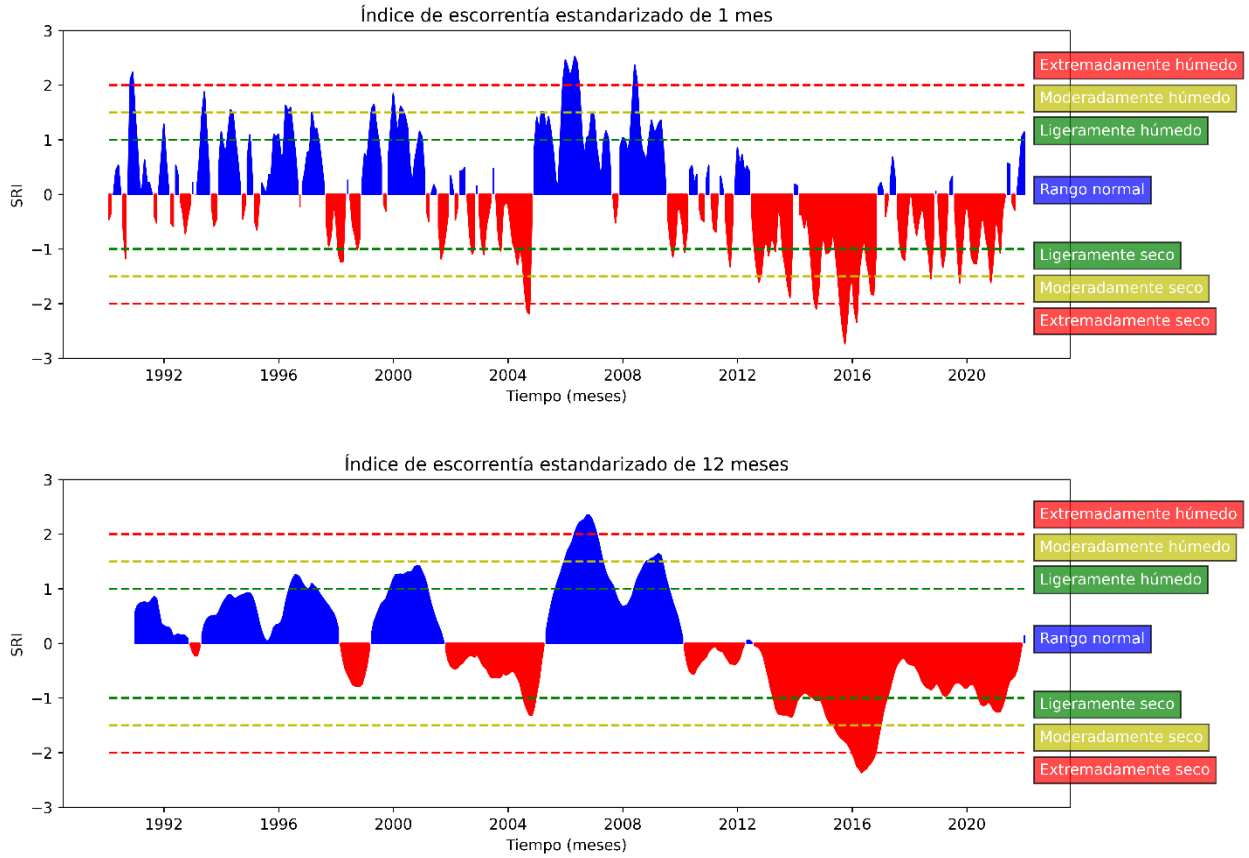


Figura 943. Distribución temporal del índice de escorrentía estandarizado para el periodo 1990 a 2021 en la unidad hidrográfica río Anamichú (punto de cierre)

44.3.8. SRI en la subzona hidrográfica del río Cambrín

En esta unidad hidrográfica se identifican 3 episodios extremadamente húmedos en la serie mensual distribuidos en el periodo de 1992 a 2008, y ocurren 5 episodios moderadamente húmedos en todo el periodo de análisis, lo cual evidencia una estabilidad en la magnitud y frecuencia de altos volúmenes de escorrentía mensual en los años húmedos. La ocurrencia de 3 periodos extremadamente secos se identifica en toda la serie analizada (1990 a 2021), permitiendo inferir que su patrón de ocurrencia es estacionario. Se observan tres eventos húmedos de escorrentía estandarizada de 12 meses distribuidos en el periodo de análisis. Por otra parte, se identifica un episodio de sequía hidrológica extrema para la escorrentía acumulada de 12 meses un episodio de sequía hidrológica moderada y dos episodios de sequía hidrológica ligera *Figura 944*.

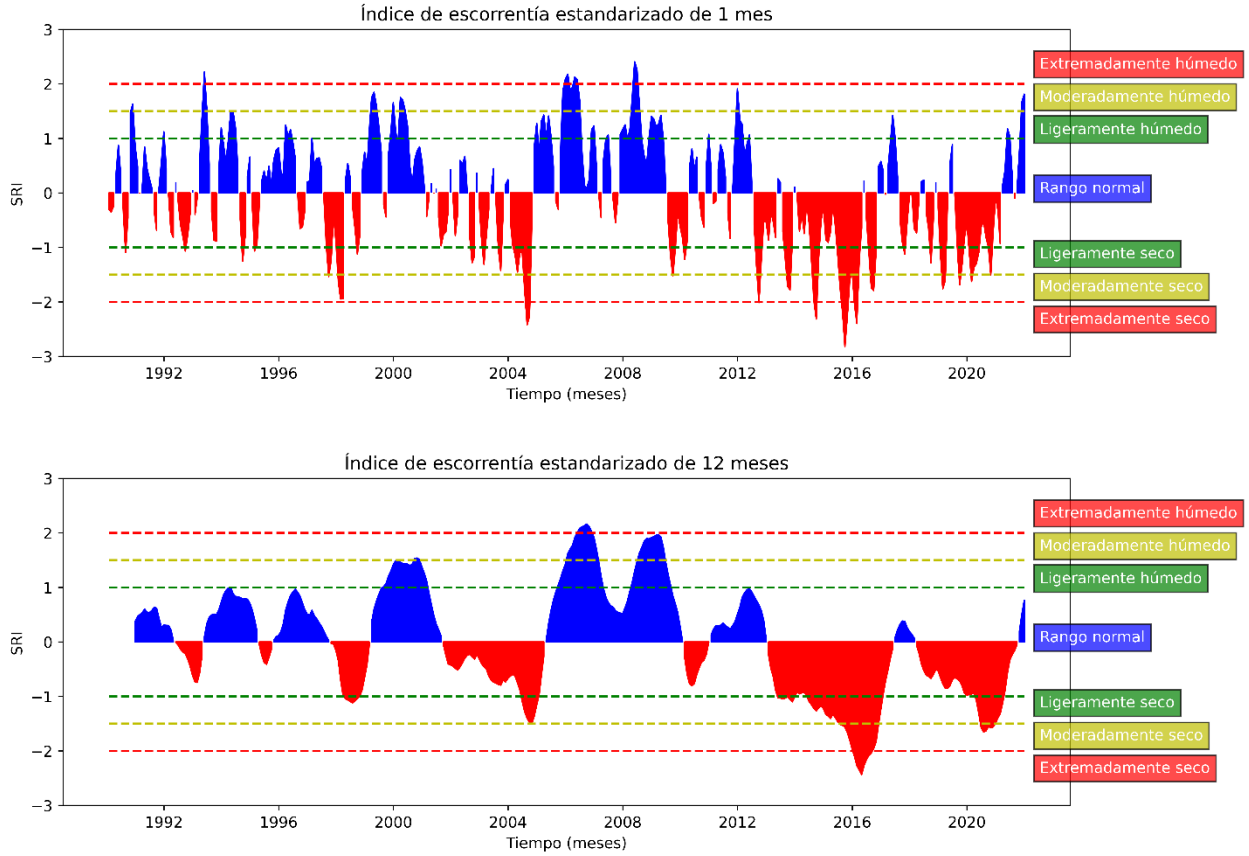


Figura 944. Distribución temporal del índice de escorrentía estandarizado para el periodo 1990 a 2021 en la unidad hidrográfica río Cambrín (punto de cierre)

44.3.9. SRI en la subzona hidrográfica del río Atá

En esta unidad hidrográfica se identifican 5 episodios extremadamente húmedos en la serie mensual distribuidos en el periodo de 2008 a 2017, y ocurren 4 episodios moderadamente húmedos en todo el periodo de análisis, lo cual evidencia una estabilidad en la magnitud y frecuencia de altos volúmenes de escorrentía mensual en los años húmedos. La ocurrencia de 2 periodos extremadamente secos se identifica en toda la serie analizada (1990 a 2021), permitiendo inferir que su patrón de ocurrencia es estacionario. Se observan tres eventos húmedos de escorrentía estandarizada de 12 meses distribuidos en el periodo de análisis. Por otra parte, se identifican dos episodios de sequía hidrológica extrema para la escorrentía acumulada de 12 meses y un episodio de sequía hidrológica ligera *Figura 945*.

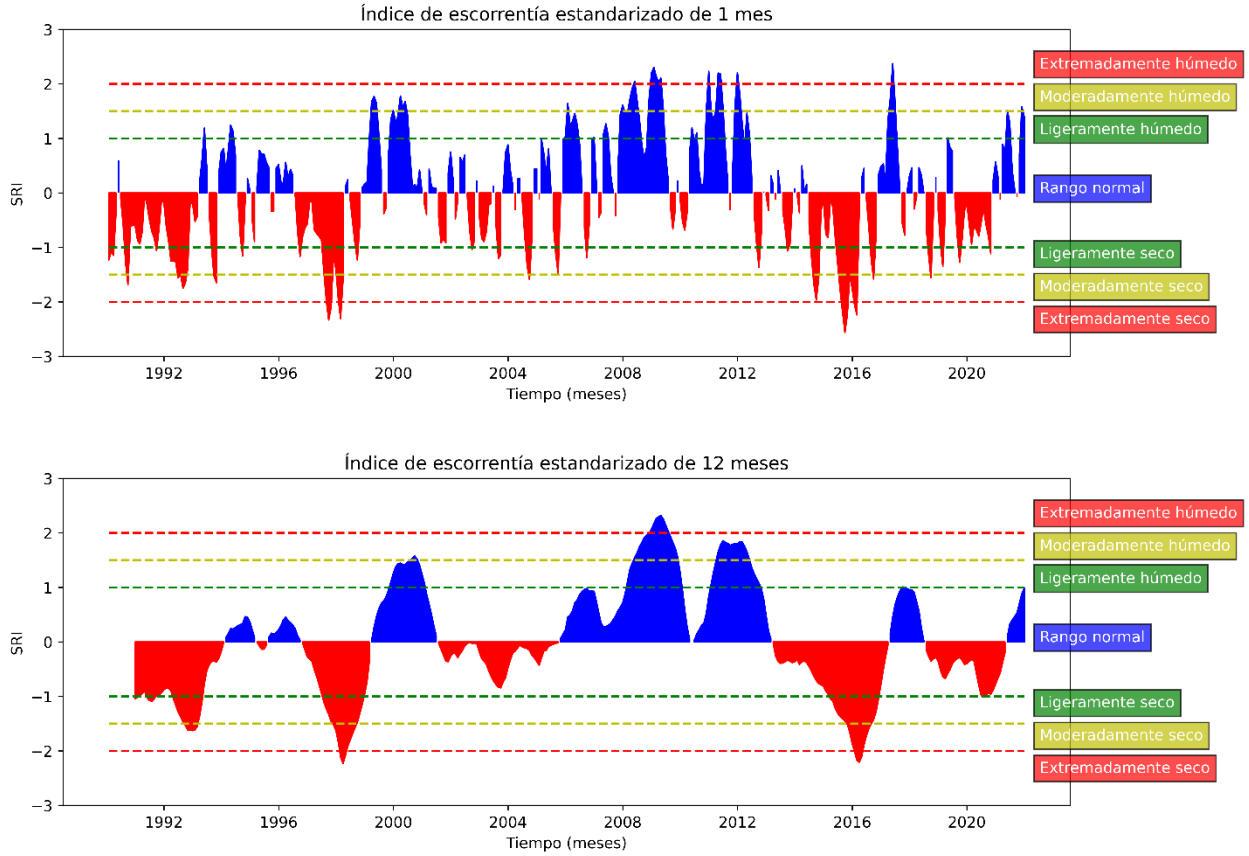


Figura 945. Distribución temporal del índice de escorrentía estandarizado para el periodo 1990 a 2021 en la unidad hidrográfica río Atá (punto de cierre)

44.4. Índice de rendimiento medio de sedimentos (IRS)

Se refiere a la cantidad de sedimentos que traspasan una sección transversal de control por unidad de tiempo y unidad de área aferente en un sitio de la corriente en estudio, para la ERA fueron determinados en los puntos de cierre de cada unidad de análisis en unidades de masa sobre tiempo por área ($M/T \cdot A$).

Este indicador se calculó para cada unidad de análisis mediante la aplicación de una expresión empírica regional construida a partir de los datos históricos registrados en la red de IDEAM y los resultados de una campaña de monitoreo de caudales líquidos y caudales sólidos realizada en el marco de ejecución de la ERA, cuya expresión matemática es:

$$RQ_{s,j} = {Q_{s,j}}/{A_j}$$

Donde,

$RQ_{s,j}$ es el rendimiento medio de sedimentos en unidades de masa sobre tiempo por área, para la unidad de análisis j

$Q_{s,j}$ es el caudal sólido medio en unidades de masa sobre tiempo para la unidad de análisis j

A_j es el área drenante de la unidad de análisis j

Este indicador fue clasificado en cinco categorías desde “muy bajo” rendimiento de sedimentos a “muy alto” como se indica en la *Tabla 680*.

Límites de categorías (KTon/año/km2)	Categoría	Rendimiento medio de sedimentos
< 0.2		Muy bajo
0.2 – 0.5		Bajo
0.5 – 1.0		Medio
1.0 – 2.0		Alto
> 2.0		Muy Alto

Tabla 680. Categorías del índice de rendimiento medio de sedimentos. (Fuente: IDEAM, 2018)

44.4.1. IRS en la Subzona hidrográfica del río Patá

Tabla 681. Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica Patá

Unidad de Análisis	Área Drenante (km2)	Transporte de Sedimentos (Kton/año)	Rendimiento medio de sedimentos (Kton/año/km2)	Categoría del rendimiento medio de sedimentos
(1): Rio Pata 8	535.35	285.51	0.53	Medio
(2): Quebrada Canoas	82.53	7.66	0.09	Muy Bajo
(3): Rio Pata 7	384.25	191.75	0.50	Bajo
(4): Quebrada Salitre	25.15	1.52	0.06	Muy Bajo
(5): Rio Pata 6	326.78	150.99	0.46	Bajo
(6): Quebrada Vieja	82.21	13.92	0.17	Muy Bajo
(7): Rio Pata 5	230.43	85.61	0.37	Bajo
(8): Quebrada Tambilla	14.53	0.73	0.05	Muy Bajo
(9): Rio Pata 4	185.87	60.38	0.32	Bajo
(10): Quebrada Chilirco	17.86	1.15	0.06	Muy Bajo
(11): Rio Pata 3	98.02	20.84	0.21	Bajo
(12): Quebrada BAires	16.94	1.00	0.06	Muy Bajo
(13): Rio Pata 2	72.49	12.61	0.17	Muy Bajo
(14): Quebrada San Pablo	22.79	1.90	0.08	Muy Bajo
(15): Rio Pata 1	29.17	2.39	0.08	Muy Bajo
(16): Directos Magdalena Pata	22.62	0.46	0.02	Muy Bajo

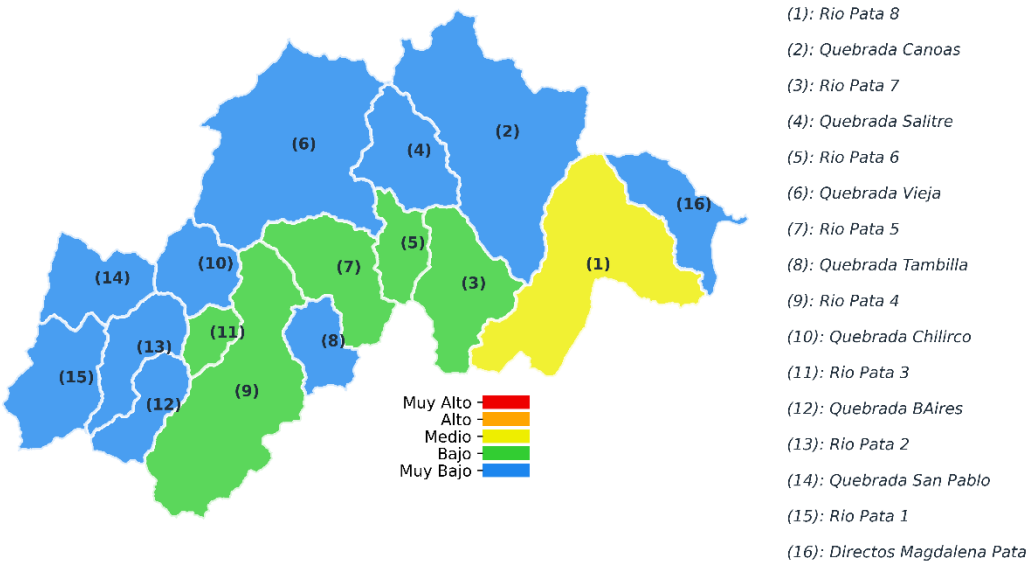


Figura 946. Distribución Espacial del Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica del río Patá para el periodo (1990 a 2021)

44.4.2. IRS en la Subzona hidrográfica del río Chenche, Anchique, y drenajes directos al Magdalena

Tabla 682. Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica Anchique, Chenche y Directos al Magdalena

Unidad de Análisis	Área Drenante (km2)	Transporte de Sedimentos (Kton/año)	Rendimiento medio de sedimentos (Kton/año/km2)	Categoría del rendimiento medio de sedimentos
(1): Rio Chenche 6	322.96	51.49	0.16	Muy Bajo
(2): Quebrada Cabuyal	33.48	0.85	0.03	Muy Bajo
(3): Rio Chenche 5	195.06	22.13	0.11	Muy Bajo
(4): Quebrada Carmen	43.43	0.01	0.00	Muy Bajo
(5): Rio Chenche 4	145.10	17.76	0.12	Muy Bajo
(6): Quebrada Socorro	15.30	0.28	0.02	Muy Bajo
(7): Rio Chenche 3	83.14	5.56	0.07	Muy Bajo
(8): Quebrada Zaragoza	11.75	0.01	0.00	Muy Bajo
(9): Rio Chenche 2	64.55	3.59	0.06	Muy Bajo
(10): Quebrada Zanja Honda	18.26	0.41	0.02	Muy Bajo
(11): Rio Chenche 1	29.86	1.00	0.03	Muy Bajo
(12): Rio Hilarco	130.59	9.27	0.07	Muy Bajo
(13): Quebrada Guaguarco 3	137.16	11.96	0.09	Muy Bajo
(14): Quebrada Baloca Grande	29.13	0.61	0.02	Muy Bajo
(15): Quebrada Guaguarco 2	105.16	8.33	0.08	Muy Bajo
(16): Quebrada Totarco	42.09	1.81	0.04	Muy Bajo
(17): Quebrada Guaguarco 1	22.79	0.56	0.02	Muy Bajo
(18): Rio Anchique 3	279.57	48.79	0.17	Muy Bajo
(19): Quebrada Natarroco	16.98	0.42	0.02	Muy Bajo
(20): Rio Anchique 2	226.19	34.78	0.15	Muy Bajo
(21): Quebrada Chocho	53.96	3.42	0.06	Muy Bajo
(22): Rio Anchique 1	71.91	4.90	0.07	Muy Bajo
(23): Quebrada Yaco	67.48	4.08	0.06	Muy Bajo
(24): DM Anchique Chenche	278.89	7.42	0.03	Muy Bajo

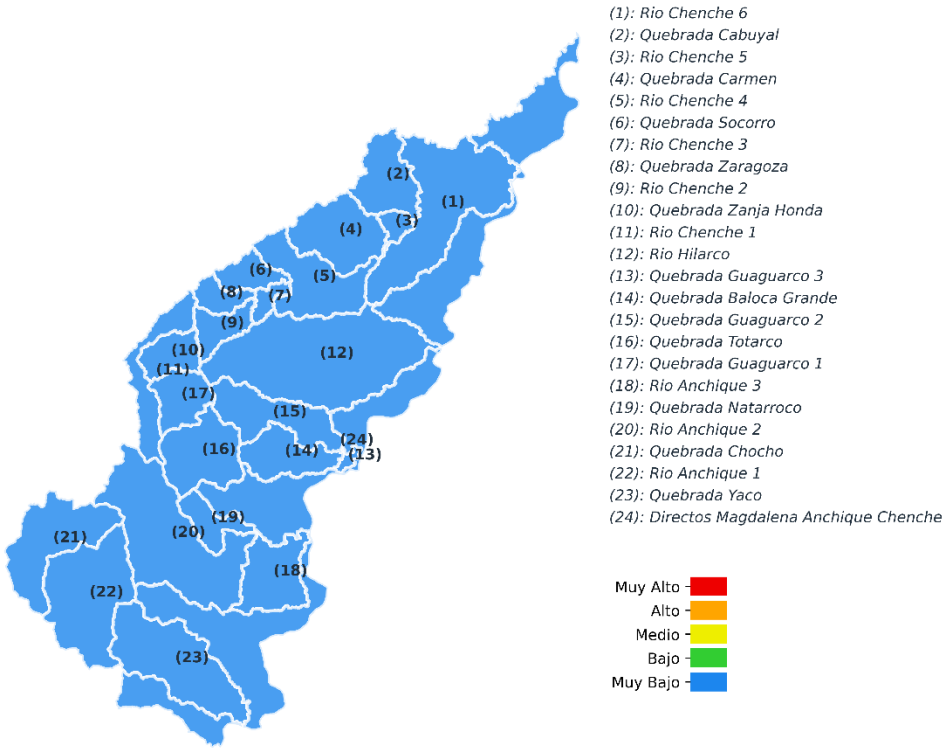


Figura 947. Distribución Espacial del Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica del río Chenche, Anchique, y drienajes directos al Magdalena para el periodo (1990 a 2021)

44.4.3. IRS en la Subzona hidrográfica Bajo Saldaña

Tabla 683. Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica Bajo Saldaña

Unidad de Análisis	Área Drenante (km2)	Transporte de Sedimentos (Kton/año)	Rendimiento medio de sedimentos (Kton/año/km2)	Categoría del rendimiento medio de sedimentos
(1): Rio Saldana 21	8434.79	17898.07	2.12	Muy Alto
(2): Quebrada Lemaya	52.65	2.84	0.05	Muy Bajo
(3): Rio Saldana 20	8360.21	17823.83	2.13	Muy Alto
(4): Quebrada Chicora	20.44	0.43	0.02	Muy Bajo
(5): Rio Saldana 19	8266.49	17756.69	2.15	Muy Alto
(6): Quebrada Pedregosa	31.04	0.83	0.03	Muy Bajo
(7): Rio Saldana 18	8210.57	17704.86	2.16	Muy Alto
(8): Rio Saldana 17	6261.19	14318.04	2.29	Muy Alto
(9): Rio Saldana 16	6207.83	14259.52	2.30	Muy Alto
(10): Rio Saldana 15	5891.04	13611.45	2.31	Muy Alto

Unidad de Análisis	Área Drenante (km2)	Transporte de Sedimentos (Kton/año)	Rendimiento medio de sedimentos (Kton/año/km2)	Categoría del rendimiento medio de sedimentos
(11): Rio Saldana 14	5002.90	11794.32	2.36	Muy Alto
(12): Quebrada Aico	78.84	5.46	0.07	Muy Bajo
(13): Rio Saldana 13	4914.24	11634.38	2.37	Muy Alto
(14): Quebrada Meche	78.57	2.19	0.03	Muy Bajo
(15): Rio Saldana 12	4802.79	11480.74	2.39	Muy Alto
(16): Rio Saldana 11	4786.75	11455.17	2.39	Muy Alto
(17): Quebrada Olini	48.16	1.54	0.03	Muy Bajo
(18): Rio Saldana 10	4729.27	11339.02	2.40	Muy Alto

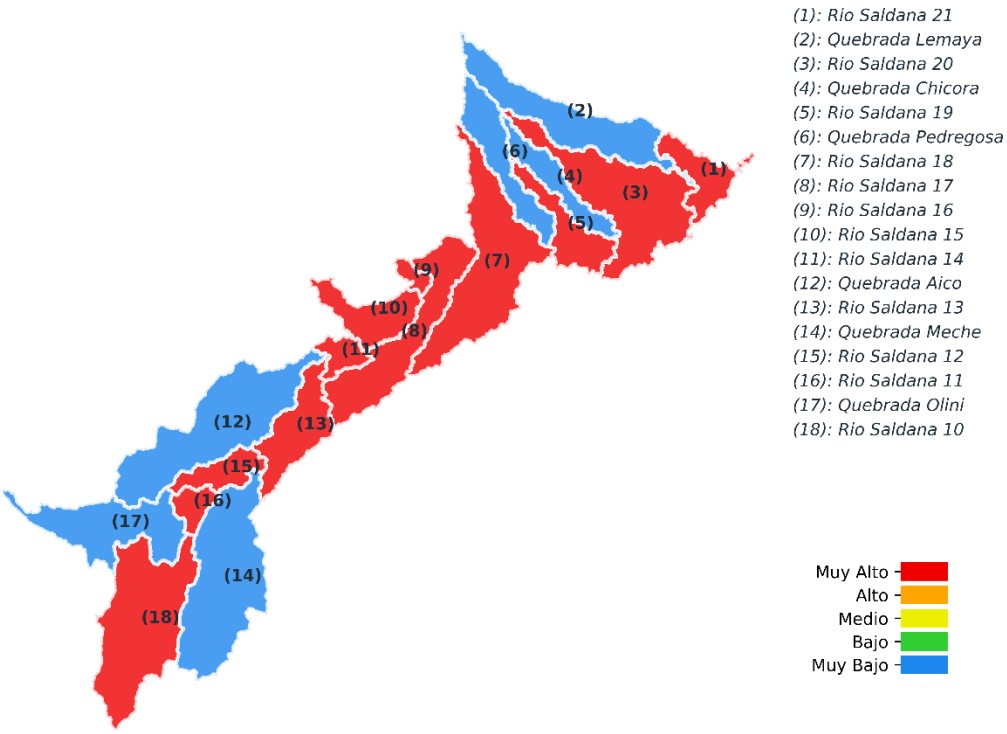


Figura 948. Distribución Espacial del Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica Bajo Saldaña para el periodo (1990 a 2021)

44.4.4. IRS en la Subzona hidrográfica Medio Saldaña

Tabla 684. Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica Medio Saldaña

Unidad de Análisis	Área Drenante (km2)	Transporte de Sedimentos (Kton/año)	Rendimiento medio de sedimentos (Kton/año/km2)	Categoría del rendimiento medio de sedimentos
(1): Rio Saldana 9	3184.1	6786.3	2.1	Muy Alto
(2): Quebrada Paipa	69.0	3.0	0.0	Muy Bajo
(3): Rio Saldana 8	3056.0	6567.1	2.1	Muy Alto
(4): Quebrada Guanabano	70.4	5.5	0.1	Muy Bajo
(5): Rio Saldana 7	2776.0	6001.9	2.2	Muy Alto
(6): Quebrada Pole	173.9	18.5	0.1	Muy Bajo
(7): Rio Saldana 6	2597.7	5663.1	2.2	Muy Alto

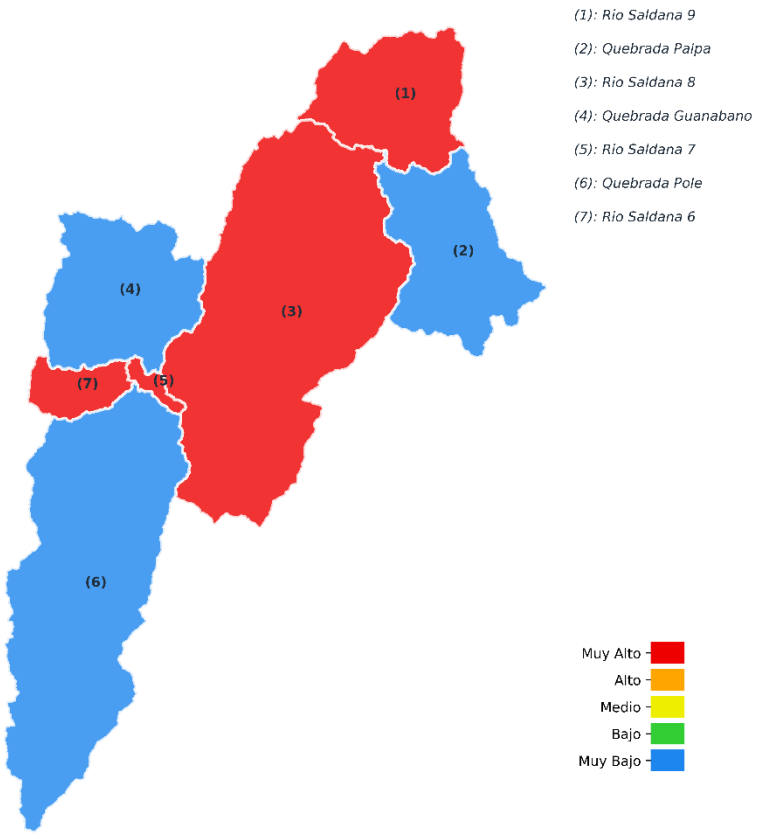


Figura 949. Distribución Espacial del Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica Medio Saldaña para el periodo (1990 a 2021)

44.4.5. IRS en la Subzona hidrográfica Alto Saldaña

Tabla 685. Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica Alto Saldaña

Unidad de Análisis	Área Drenante (km2)	Transporte de Sedimentos (Kton/año)	Rendimiento medio de sedimentos (Kton/año/km2)	Categoría del rendimiento medio de sedimentos
(1): Rio Mendarco	108.61	15.36	0.14	Muy Bajo
(2): Rio Saldana 5	2472.69	5351.30	2.16	Muy Alto
(3): Quebrada Lindosa	34.66	1.65	0.05	Muy Bajo
(4): Rio Saldana 4	1674.17	1002.67	0.60	Medio
(5): Rio Siquila	158.90	13.01	0.08	Muy Bajo
(6): Rio Saldana 3	702.22	214.97	0.31	Bajo
(7): Rio Hereje	207.00	26.61	0.13	Muy Bajo
(8): Rio Saldana 2	411.83	96.82	0.24	Bajo
(9): Rio Candelario	69.32	4.10	0.06	Muy Bajo
(10): Rio Saldana 1	302.54	63.00	0.21	Bajo

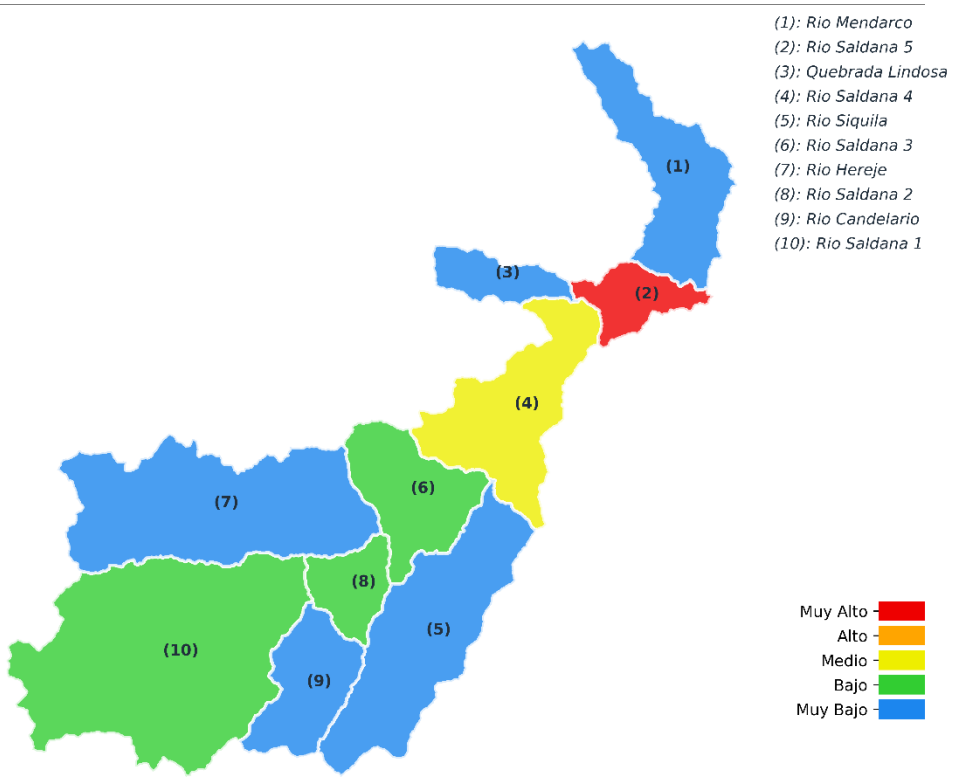


Figura 950. Distribución Espacial del Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica Alto Saldaña para el periodo (1990 a 2021)

44.4.6. IRS en la Subzona hidrográfica del río Amoyá

Tabla 686. Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica Amoyá

Unidad de Análisis	Área Drenante (km2)	Transporte de Sedimentos (Kton/año)	Rendimiento medio de sedimentos (Kton/año/km2)	Categoría del rendimiento medio de sedimentos
(1): Quebrada Guani	34.14	1.21	0.04	Muy Bajo
(2): Rio Amoya 13	1432.26	1109.81	0.77	Medio
(3): Quebrada Neme	55.15	3.16	0.06	Muy Bajo
(4): Rio Amoya 12	1374.97	1052.55	0.77	Medio
(5): Quebrada Tulini	210.24	53.58	0.25	Bajo
(6): Rio Amoya 11	1149.49	749.92	0.65	Medio
(7): Quebrada Irco	114.53	18.04	0.16	Muy Bajo
(8): Rio Amoya 10	1010.05	593.65	0.59	Medio
(9): Rio Ambeima	327.31	113.94	0.35	Bajo
(10): Rio Amoya 9	667.61	256.45	0.38	Bajo
(11): Quebrada Grande	18.47	0.72	0.04	Muy Bajo
(12): Rio Amoya 8	642.98	238.53	0.37	Bajo
(13): Quebrada San Jorge	28.35	0.71	0.03	Muy Bajo
(14): Rio Amoya 7	589.77	209.35	0.35	Bajo
(15): Rio Negro Amoya	36.26	0.92	0.03	Muy Bajo
(16): Rio Amoya 6	528.28	183.39	0.35	Bajo
(17): Rio Davis	120.81	13.66	0.11	Muy Bajo
(18): Rio Amoya 5	393.49	117.52	0.30	Bajo
(19): Quebrada San Jose	24.18	0.56	0.02	Muy Bajo
(20): Rio Amoya 4	321.38	96.95	0.30	Bajo
(21): Quebrada Rivera	69.01	5.28	0.08	Muy Bajo
(22): Rio Amoya 3	209.91	59.09	0.28	Bajo
(23): Quebrada Nieves	26.83	2.16	0.08	Muy Bajo
(24): Rio Amoya 2	112.33	27.18	0.24	Bajo
(25): Quebrada Morales	16.27	1.11	0.07	Muy Bajo
(26): Rio Amoya 1	53.53	9.30	0.17	Muy Bajo

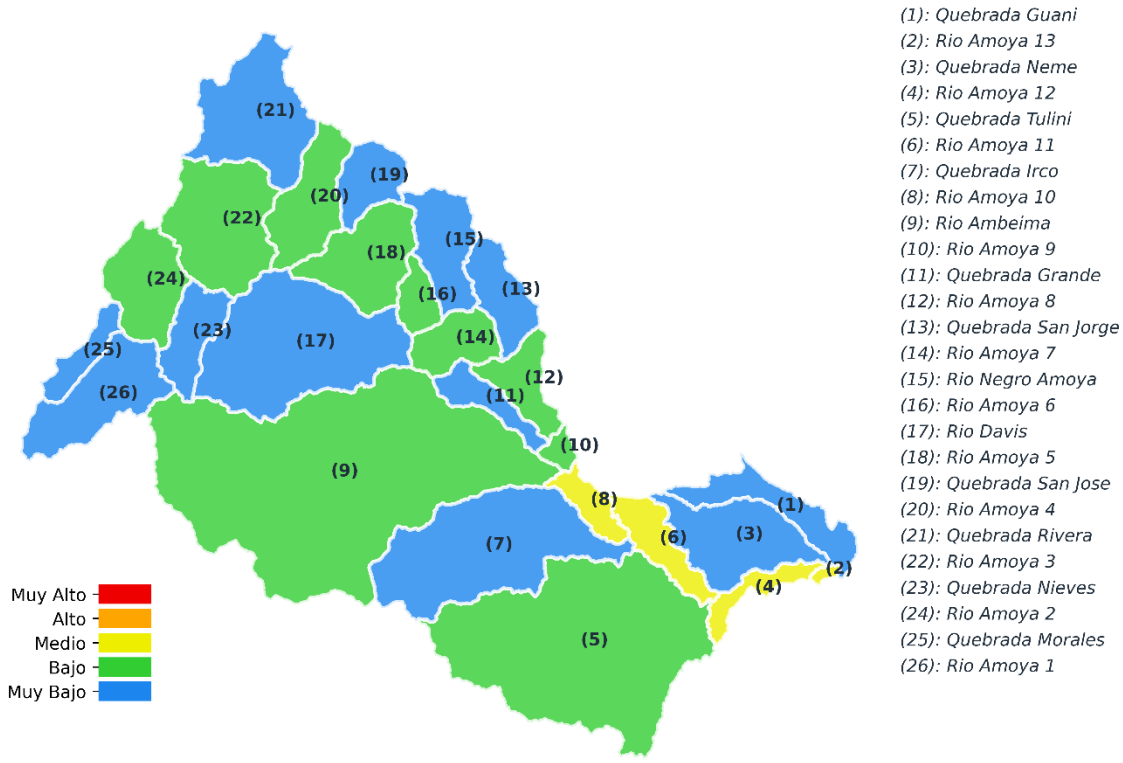


Figura 951. Distribución Espacial del Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica del río Amoyá para el periodo (1990 a 2021)

44.4.7. IRS en la Subzona hidrográfica del río Anamichú

Tabla 687. Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica Anamichú

Unidad de Análisis	Área Drenante (km2)	Transporte de Sedimentos (Kton/año)	Rendimiento medio de sedimentos (Kton/año/km2)	Categoría del rendimiento medio de sedimentos
(1): Rio Anamichu 11	759.70	482.29	0.63	Medio
(2): Rio Blanco	105.88	12.60	0.12	Muy Bajo
(3): Rio Anamichu 10	653.24	390.22	0.60	Medio
(4): Quebrada Tolima	15.47	0.50	0.03	Muy Bajo
(5): Rio Quebrada	28.52	1.44	0.05	Muy Bajo
(6): Rio Anamichu 9	578.47	328.07	0.57	Medio
(7): Quebrada San Mateo	13.64	0.46	0.03	Muy Bajo
(8): Rio Anamichu 8	555.98	309.65	0.56	Medio
(9): Quebrada Ilusion	6.77	0.14	0.02	Muy Bajo
(10): Rio Anamichu 7	534.73	292.28	0.55	Medio
(11): Rio Verde	29.83	1.73	0.06	Muy Bajo

(12): Rio Anamichu 6	502.77	266.79	0.53	Medio
(13): Rio Negro Anamichu	38.04	3.24	0.09	Muy Bajo
(14): Rio Anamichu 5	451.33	223.70	0.50	Bajo
(15): Quebrada Yarumal	34.04	2.39	0.07	Muy Bajo
(16): Rio Anamichu 4	402.60	187.70	0.47	Bajo
(17): Quebrada Catalina	40.46	3.88	0.10	Muy Bajo
(18): Rio Anamichu 3	356.25	152.49	0.43	Bajo
(19): Rio San Jose	180.27	46.60	0.26	Bajo
(20): Rio Anamichu 2	166.24	42.98	0.26	Bajo
(21): Quebrada Ahogado	49.31	5.39	0.11	Muy Bajo
(22): Rio Anamichu 1	87.37	14.44	0.17	Muy Bajo

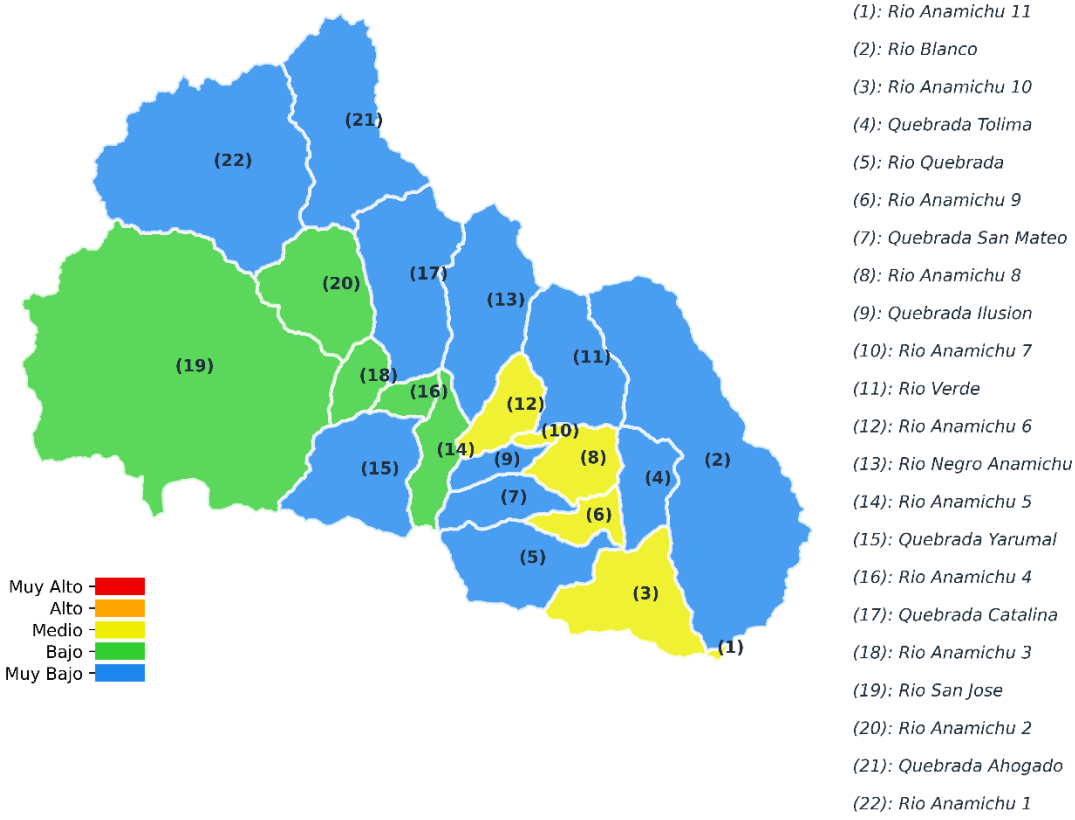


Figura 952. Distribución Espacial del Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica del río Anamichú para el periodo (1990 a 2021)

44.4.8. IRS en la Subzona hidrográfica del río Cambrín

Tabla 688. Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica Cambrín

Unidad de Análisis	Área Drenante (km2)	Transporte de Sedimentos (Kton/año)	Rendimiento medio de sedimentos (Kton/año/km2)	Categoría del rendimiento medio de sedimentos
(1): Rio Cambrin 2	654.88	258.88	0.40	Bajo
(2): Rio Negro Cambrin	135.35	12.54	0.09	Muy Bajo
(3): Rio Cambrin 1	455.00	157.52	0.35	Bajo
(4): Quebrada Virgen	168.71	28.24	0.17	Muy Bajo
(5): Quebrada Bosque	125.57	20.39	0.16	Muy Bajo

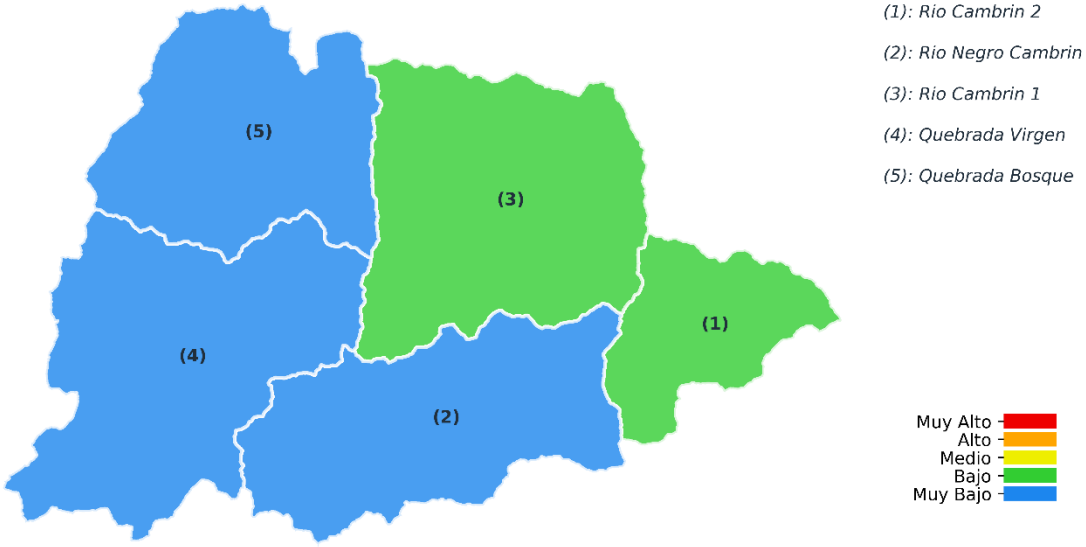


Figura 953. Distribución Espacial del Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica del río Cambrín para el periodo (1990 a 2021)

44.4.9. IRS en la Subzona hidrográfica del río Atá

Tabla 689. Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica Atá

Unidad de Análisis	Área Drenante (km2)	Transporte de Sedimentos (Kton/año)	Rendimiento medio de sedimentos (Kton/año/km2)	Categoría del rendimiento medio de sedimentos
(1): Rio Ata 8	1536.96	979.82	0.64	Medio
(2): Quebrada Barranca	15.10	0.47	0.03	Muy Bajo

Unidad de Análisis	Área Drenante (km2)	Transporte de Sedimentos (Kton/año)	Rendimiento medio de sedimentos (Kton/año/km2)	Categoría del rendimiento medio de sedimentos
(3): Rio Ata 7	1491.40	927.16	0.62	Medio
(4): Quebrada Paujil	72.69	6.48	0.09	Muy Bajo
(5): Rio Ata 6	1390.31	808.55	0.58	Medio
(6): Quebrada Montalvo	103.26	8.25	0.08	Muy Bajo
(7): Rio Ata 5	1264.14	695.54	0.55	Medio
(8): Rio Claro	128.75	15.98	0.12	Muy Bajo
(9): Rio Ata 4	1123.69	574.57	0.51	Medio
(10): Quebrada Quebradon	117.57	9.44	0.08	Muy Bajo
(11): Rio Ata 3	956.00	462.07	0.48	Bajo
(12): Rio San Miguel	128.24	13.96	0.11	Muy Bajo
(13): Rio Ata 2	638.74	258.49	0.40	Bajo
(14): Rio Tamara	90.71	10.38	0.11	Muy Bajo
(15): Rio Ata 1	308.64	77.09	0.25	Bajo

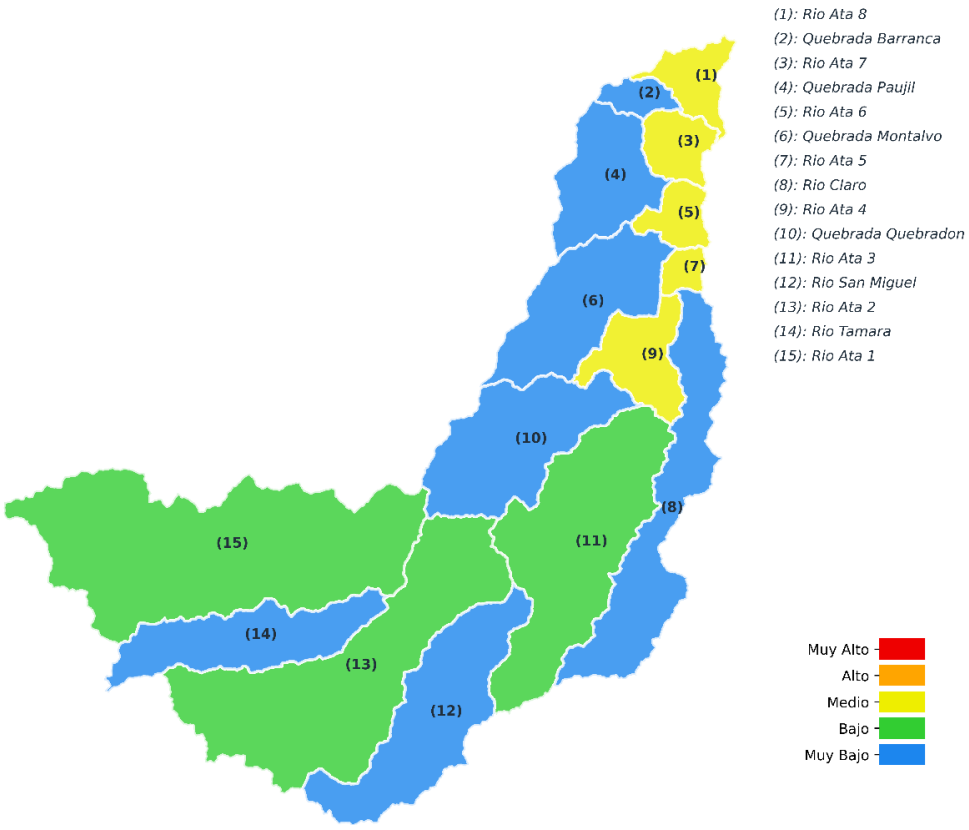


Figura 954. Distribución Espacial del Rendimiento medio de sedimentos en la subzona hidrográfica del río Atá para el periodo (1990 a 2021)

45. Indicadores de Presión por Uso del Agua

45.1. Índice de uso del agua (IUA)

Expresa la relación porcentual entre la demanda hídrica y la oferta hídrica regional disponible (OHRD), en la ERA se calculó mediante la siguiente expresión:

$$\text{IUA} = \frac{DH}{OHRD} \times 100$$

IUA es el índice de uso del agua
DH es la demanda hídrica total
$OHRD$ es la oferta hídrica regional disponible

La presión por el uso del agua se categoriza de acuerdo con la Tabla 690.

Tabla 690. Categorías del índice de uso del agua. (Fuente: IDEAM, 2020b)

Rango de categorías	Categoría	Clasificación	Presión de la demanda con respecto a la oferta disponible
IUA > 100		Crítico	Crítica
50 < IUA ≤ 100		Muy Alto	Muy alta
20 < IUA ≤ 50		Alto	Alta
10 < IUA ≤ 20		Moderado	Moderada
1 < IUA ≤ 10		Bajo	Baja
IUA ≤1		Muy Bajo	No es significativa

La Oferta Hídrica Regional Disponible (OHRD) se refiere al volumen de agua que resulta de extraer a la oferta hídrica total superficial (OHTS) el caudal ambiental menos/más las extracciones/retornos de agua en el contorno del tramo o subcuenca. La demanda hídrica total se refiere al volumen de agua extraída para los usos sectoriales.

A continuación, se presentan los índices de uso del agua por subzona hidrográfica para las condiciones hidrológicas de año medio y año seco.

45.1.1. IUA en la subzona hidrográfica del río Patá

La presión por el uso del agua es baja en la unidad río Patá 8 en año medio en año seco, con valores de 3 y 3.7 % respectivamente (*Figura 955*,*Figura 956*). La unidad Drenajes directos al Magdalena presenta igualmente una presión baja en ambas condiciones con valores de 2.8 y 4.7% respectivamente. En las demás unidades de análisis de evidencian presiones muy baja en ambas condiciones hidrológicas asociadas a una baja demanda hídrica.

Se determina que la demanda hídrica se concentra principalmente en el río Patá (jurisdicción del departamento del Huila) con 366.98 l/s (74.99%) seguido por el río Pata Tolima con 112.12 l/s (22.91%). La demanda hídrica se concentra principalmente en la UHA Rio Pata 8 con el 97.91% (479.10 l/s).

Tabla 691. Índice de uso del agua para año medio y seco en la subzona hidrográfica del río Patá

Unidad de Análisis	Demanda Hídrica (m^3/s)	Año medio		Año seco	
		OHRD (m3/s)	IUA (%)	OHRD (m3/s)	IUA (%)
Rio Pata 8	0.4791	16.22	2.95	13.04	3.67
Quebrada Canoas	0.0010	1.96	0.05	1.44	0.07
Rio Pata 7	0.0000	13.11	0.00	10.70	0.00
Quebrada Salitre	0.0000	0.78	0.00	0.63	0.00
Rio Pata 6	0.0000	11.36	0.00	9.35	0.00
Quebrada Vieja	0.0013	2.74	0.05	2.28	0.06
Rio Pata 5	0.0000	8.19	0.00	6.72	0.00
Quebrada Tambilla	0.0000	0.54	0.00	0.43	0.00
Rio Pata 4	0.0000	6.62	0.00	5.42	0.00
Quebrada Chilirco	0.0000	0.68	0.00	0.56	0.00
Rio Pata 3	0.0000	3.35	0.00	2.78	0.00
Quebrada Buenos Aires	0.0000	0.61	0.00	0.48	0.00
Rio Pata 2	0.0000	2.43	0.00	2.04	0.00
Quebrada San Pablo	0.0004	0.84	0.04	0.72	0.05
Rio Pata 1	0.0000	0.90	0.00	0.74	0.00
Directos Magdalena Pata	0.0076	0.27	2.75	0.16	4.72

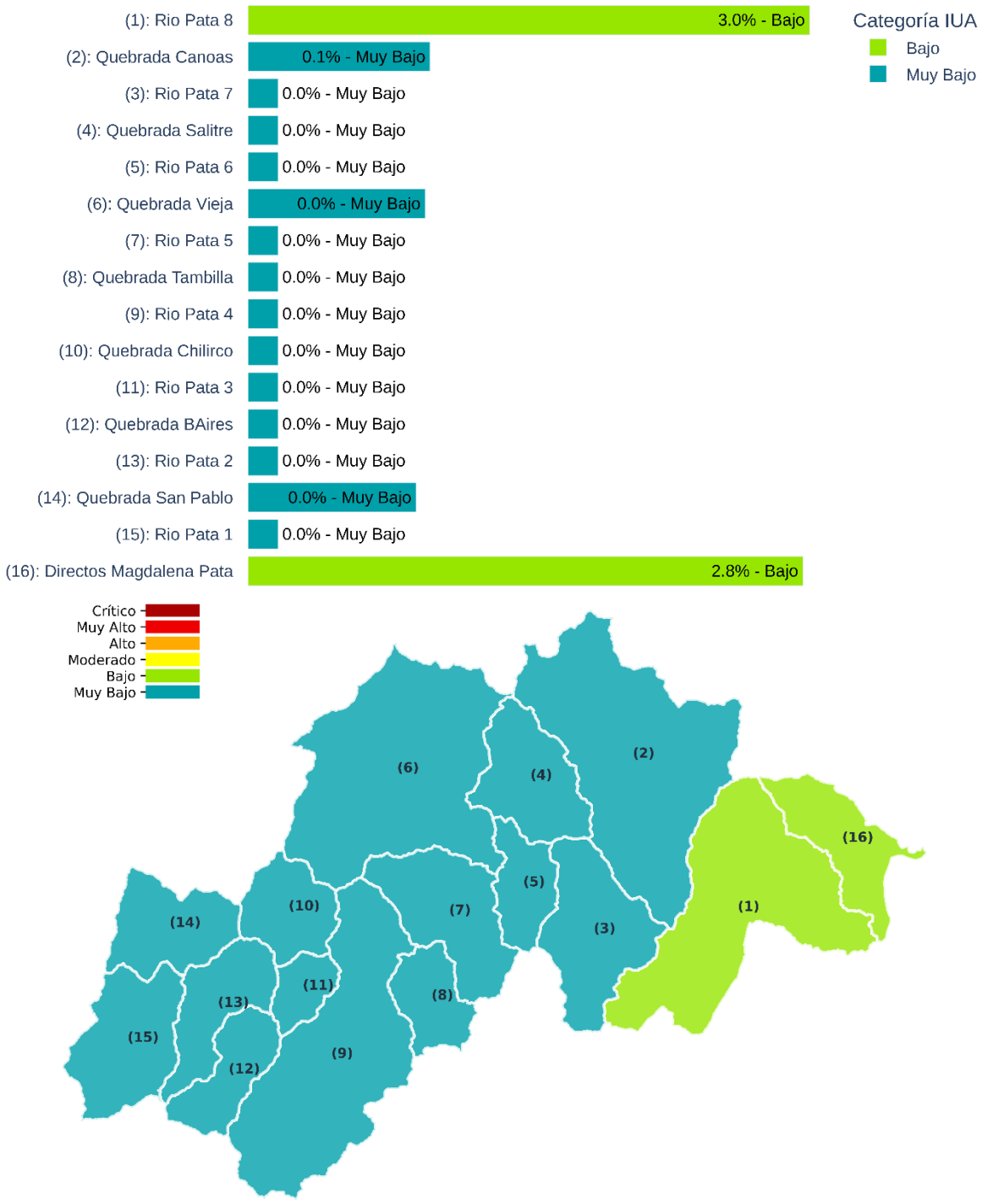


Figura 955. Distribución espacial de categorías del índice de uso del agua para año medio en la subzona hidrográfica del río Patá

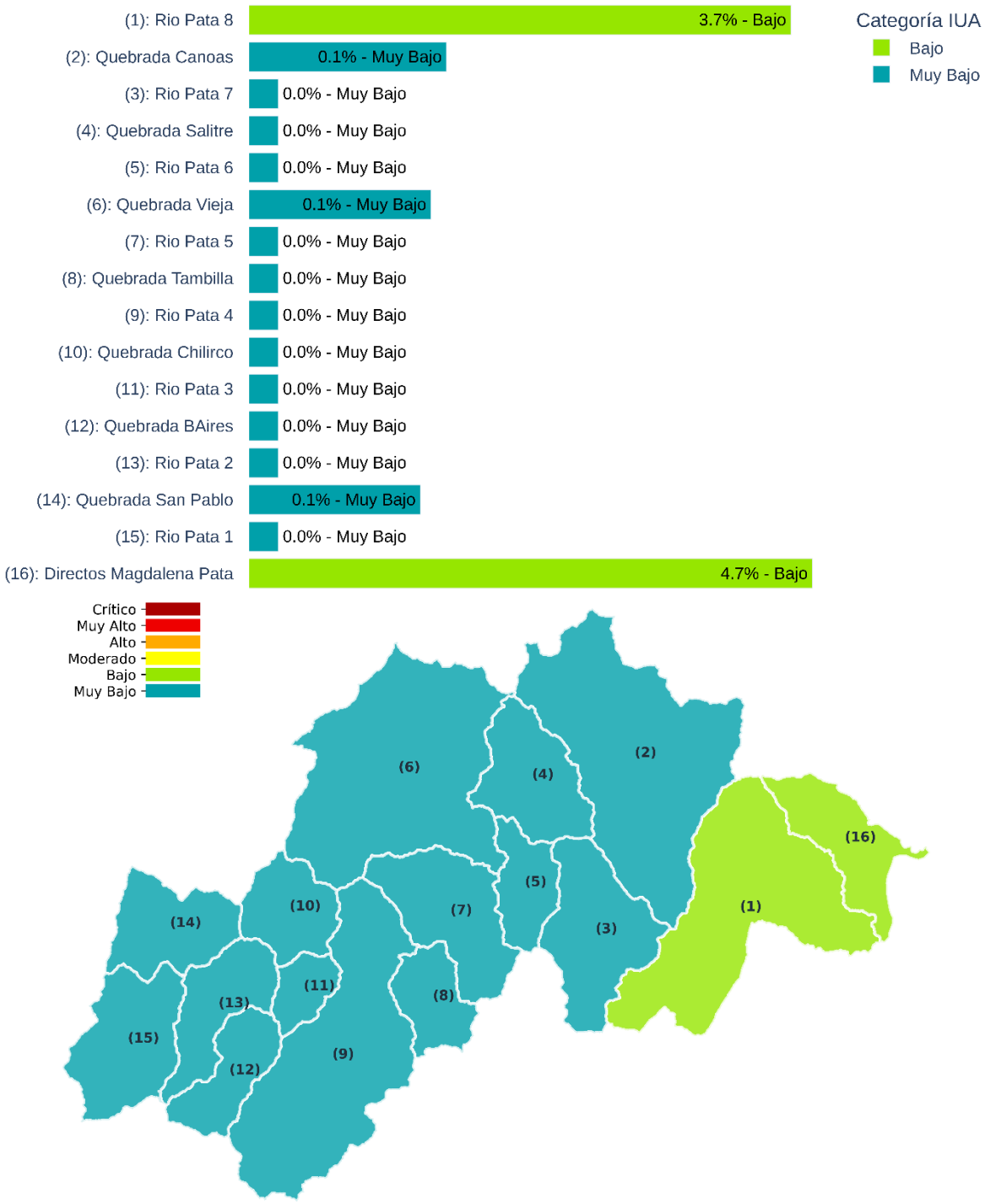


Figura 956. Distribución espacial de categorías del de uso del agua para año seco en la subzona hidrográfica del río Patá

45.1.2. IUA en la subzona hidrográfica del río Chenche, Anchique y drenajes directos al Magdalena

La unidad quebrada Carmen presenta una presión muy alta por uso del agua en año medio y Crítica en año seco. Quebrada Baloca Grande, quebrada Yaco y drenajes directos al Magdalena cuentan con una categoría de presión alta en año medio, una presión moderada en año medio se observa en las unidades río Anchique 3 y quebrada Totarco. Que es acentuada en año seco, evidenciada con una presión muy alta por uso en las unidades quebrada Yaco y drenajes directos al Magdalena, manteniendo presión alta en la unidad quebrada Baloca Grande y moderada en las unidades río Chenche 4, río Chenche 1, río Hilarco, quebrada Totarco y río Anchique 3 (*Figura 959*, *Figura 960*).

Tabla 692. Índice de uso del agua para año medio y seco en la subzona hidrográfica del río Chenche, Anchique y drenajes directos al Magdalena

Unidad de Análisis	Demanda Hídrica (m^3/s)	Año medio		Año seco	
		OHRD (m3/s)	IUA (%)	OHRD (m3/s)	IUA (%)
Rio Chenche 6	0.2170	4.04	5.38	2.98	7.28
Quebrada Cabuyal	0.0000	0.37	0.00	0.35	0.00
Rio Chenche 5	0.0000	2.42	0.00	1.49	0.00
Quebrada Carmen	0.0460	0.05	98.92	0.04	106.22
Rio Chenche 4	0.1732	2.06	8.39	1.22	14.23
Quebrada Socorro	0.0000	0.16	0.00	0.06	0.00
Rio Chenche 3	0.0000	1.25	0.00	0.70	0.00
Quebrada Zaragoza	0.0000	0.04	0.00	0.02	0.00
Rio Chenche 2	0.0030	0.97	0.31	0.51	0.59
Quebrada Zanja Honda	0.0000	0.22	0.00	0.08	0.00
Rio Chenche 1	0.0400	0.52	7.65	0.32	12.58
Rio Hilarco	0.0954	1.63	5.87	0.75	12.71
Quebrada Guaguarco 3	0.0000	2.19	0.00	1.31	0.00
Quebrada Baloca Grande	0.0800	0.31	25.87	0.17	48.28
Quebrada Guaguarco 2	0.0772	1.84	4.20	1.12	6.87
Quebrada Totarco	0.0996	0.84	11.79	0.57	17.46
Quebrada Guaguarco 1	0.0000	0.37	0.00	0.20	0.00
Rio Anchique 3	0.5598	4.88	11.48	3.02	18.55
Quebrada Natarroco	0.0000	0.39	0.00	0.28	0.00
Rio Anchique 2	0.0680	4.57	1.49	3.09	2.20
Quebrada Chocho	0.0000	1.10	0.00	0.71	0.00
Rio Anchique 1	0.0210	1.43	1.46	0.96	2.20
Quebrada Yaco	0.3838	1.01	38.06	0.55	70.09
Directos Magdalena Anchique Chenche	0.5071	1.35	37.46	0.61	83.73

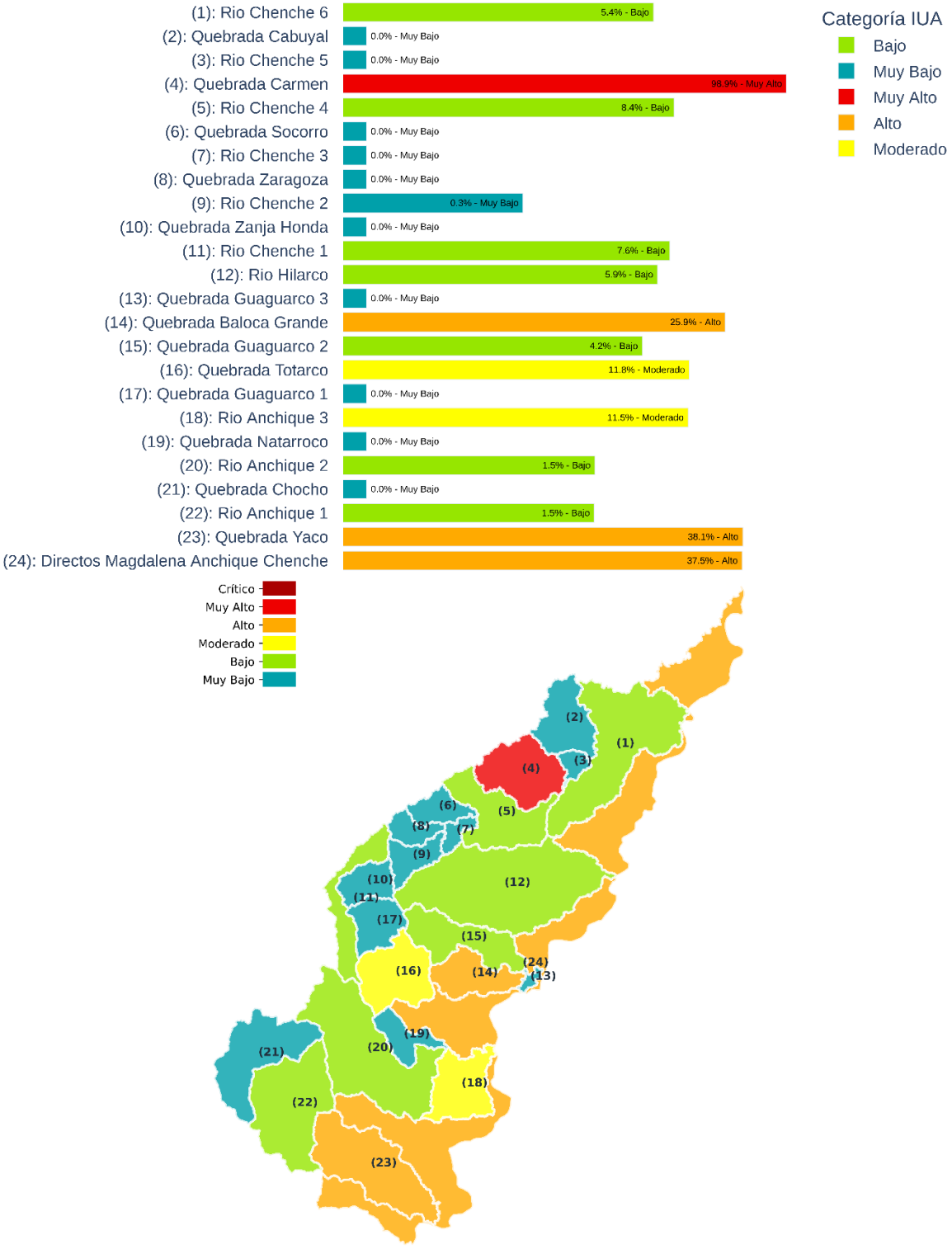


Figura 957. Distribución espacial de categorías del índice de uso del agua para año medio en la subzona hidrográfica del río Chenche, Anchique y drenajes directos al Magdalena

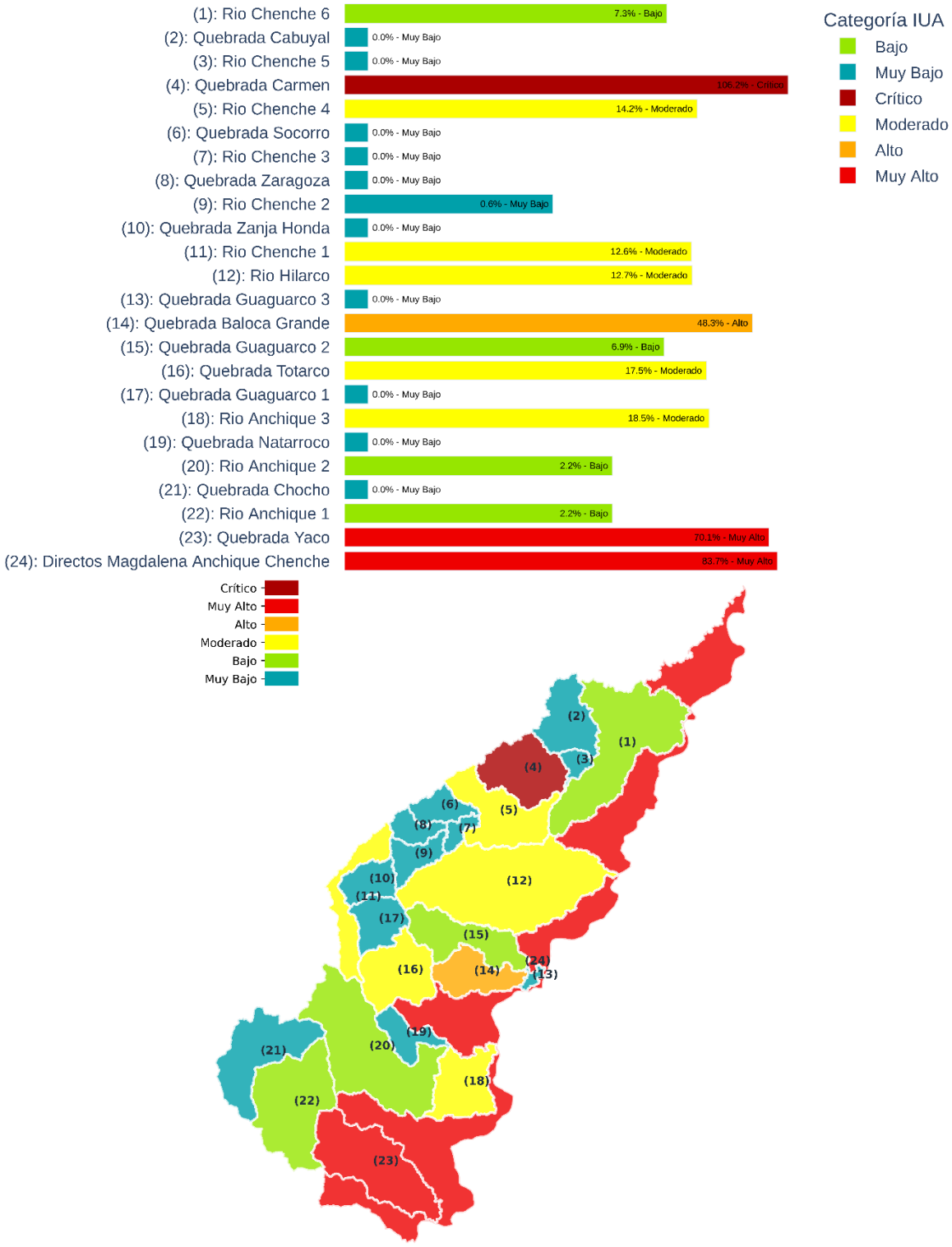


Figura 958. Distribución espacial de categorías del de uso del agua para año seco en la subzona hidrográfica del río Chenche, Anchique y drenajes directos al Magdalena

45.1.3. IUA en la subzona hidrográfica Bajo Saldaña

Se evidencia una presión Crítica por el uso del agua en la unidad quebrada Lemayá en año hidrológico medio, una categoría de presión muy alta en la unidad quebrada Chicora y alta presión en las unidades Saldaña 17 y Saldaña 12 (*Figura 959*). Se presenta una presión baja y muy baja en el resto de las unidades de análisis (quebrada Pedregosa, río río Saldaña 21, río Saldaña 20, río Saldaña 19, río Saldaña 18, río Saldaña 16, río Saldaña 15, río Saldaña 14, quebrada Aico, río Saldaña 13, quebrada Meche, río Saldaña 11, quebrada Olini, y río Saldaña 10). Para año seco, se observa una intensificación de la presión por uso, al pasar la unidad río Saldaña 17 a una condición Crítica, y río Saldaña 12 a una presión muy Alta. (*Figura 960*).

Se determina que la demanda hídrica se concentra principalmente en un 97.76% (46279.17 l/s) en el río Bajo Saldaña, la demanda restante (2.25%; 1061.77 l/s) está representando por 12 fuentes hídricas cuya participación está por debajo del 1.8%. La demanda hídrica se concentra principalmente en la UHA Rio Saldana 17 y Rio Saldana 12 con el 52.81% (25000 l/s) y 43.22% (20461.58 l/s), respectivamente

Tabla 693. Índice de uso del agua para año medio y seco en la subzona hidrográfica Bajo Saldaña

Unidad de Análisis	Demanda Hídrica (m^3/s)	Año medio		Año seco	
		OHRD (m3/s)	IUA (%)	OHRD (m3/s)	IUA (%)
Rio Saldana 21	0.3220	69.23	0.47	19.62	1.64
Quebrada Lemaya	0.4811	-0.14	48106.00	-0.09	48106.00
Rio Saldana 20	0.5395	69.31	0.78	19.69	2.74
Quebrada Chicora	0.0500	0.07	68.85	0.06	90.36
Rio Saldana 19	0.0450	69.16	0.07	19.83	0.23
Quebrada Pedregosa	0.0023	0.20	1.17	0.10	2.23
Rio Saldana 18	0.1113	68.87	0.16	19.46	0.57
Rio Saldana 17	25.0000	52.65	47.49	14.10	177.33
Rio Saldana 16	0.0000	77.21	0.00	38.91	0.00
Rio Saldana 15	0.0000	74.24	0.00	37.57	0.00
Rio Saldana 14	0.0000	65.23	0.00	33.35	0.00
Quebrada Aico	0.0019	0.99	0.19	0.34	0.55
Rio Saldana 13	0.3080	64.23	0.48	33.08	0.93
Quebrada Meche	0.0173	0.74	2.33	0.26	6.54
Rio Saldana 12	20.4616	63.48	32.23	32.98	62.04
Rio Saldana 11	0.0000	83.63	0.00	53.56	0.00
Quebrada Olini	0.0009	0.31	0.30	0.05	1.68
Rio Saldana 10	0.0001	83.49	0.00	53.59	0.00

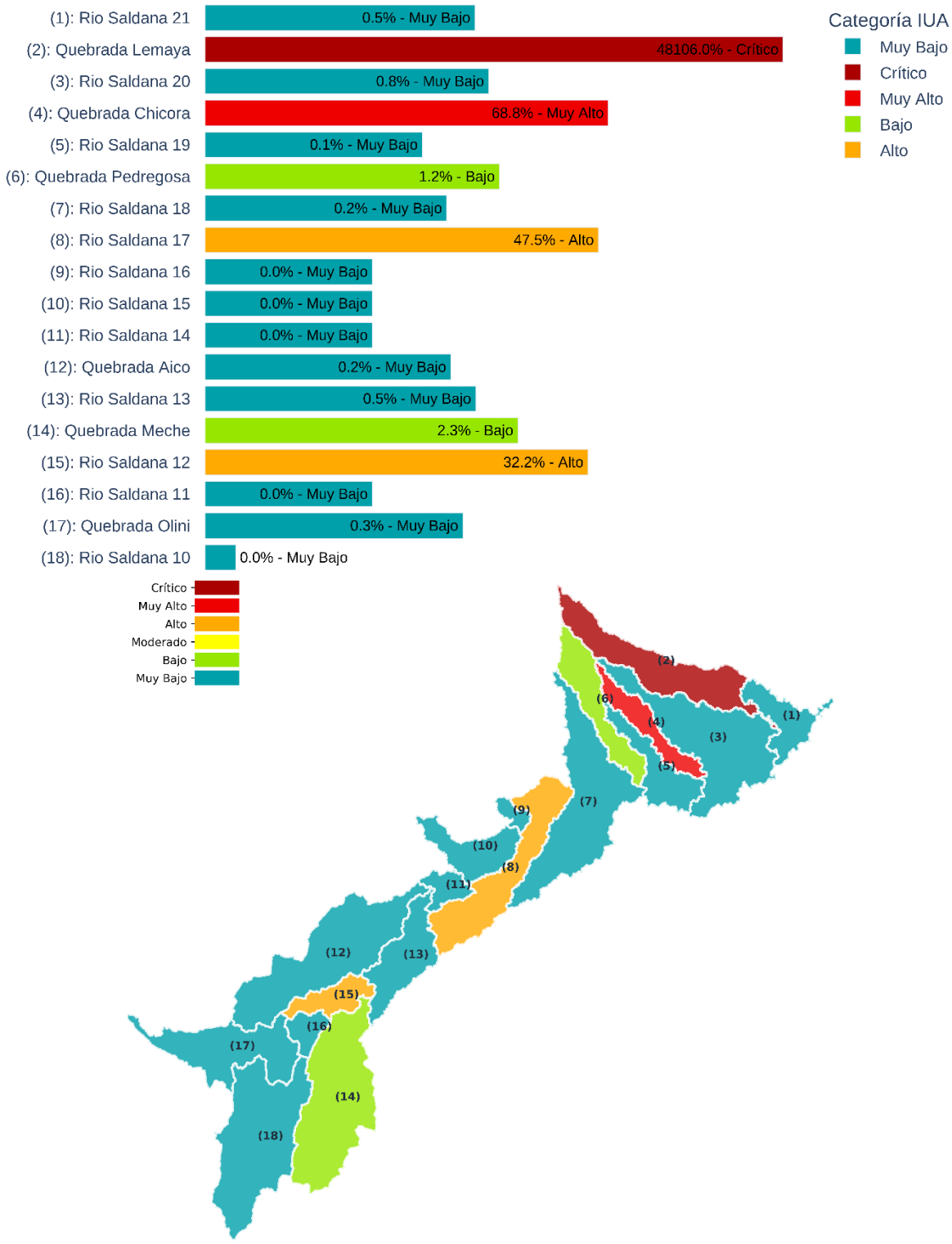


Figura 959. Distribución espacial de categorías del índice de uso del agua para año medio en la subzona hidrográfica Bajo Saldaña

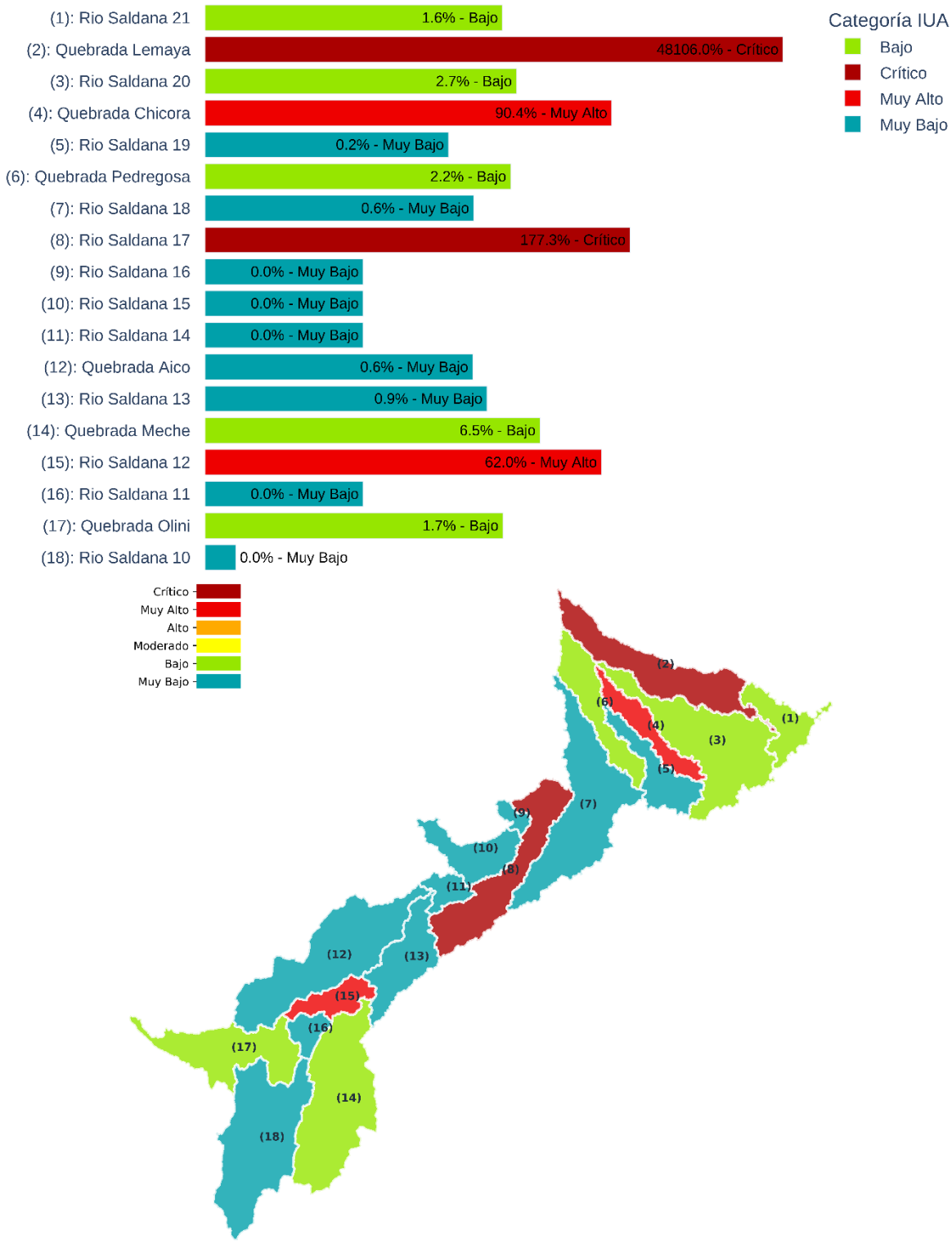


Figura 960. Distribución espacial de categorías del de uso del agua para año seco en la subzona hidrográfica Bajo Saldaña

45.1.4. IUA en la subzona hidrográfica Medio Saldaña

En año hidrológico medio se observa una presión baja por uso del agua en la unidad quebrada Paipa y en la unidad quebrada Guanábano, mientras que la categoría es muy baja en las unidades río Saldaña 9, río Saldaña 8, río Saldaña 7, quebrada Pole y río Saldaña 6 (*Figura 961*). Para el año hidrológico seco la eleva la presión por uso en la subzona hidrográfica, ya que la unidad quebrada Paipa pasa a un índice Alto, y la unidad quebrada Guanabano pasa a tener una presión Moderada. Las restantes unidades pasan a presentar una presión Baja y Muy Baja (*Figura 962*).

Para la Subzona Hidrográfica del río Medio Saldaña se establece una demanda hídrica total de 488.48 l/s. Por tipo de uso, la mayor participación sobre este valor demandado corresponde al sector agrícola cuya demanda es de 356.99 l/s que equivalen al 73.08% del total. La demanda hídrica restante (26.92%, 131.50 l/s) está representada en un 16.53% (80.77 l/s) por el consumo humano y doméstico, 6.84% (33.40 l/s) por el sector pecuario, 3.06% (14.97 l/s) por la generación de energía, 0.44% (2.17 l/s) por el sector industrial y 0.04% (0.20 l/s) por parte de la minería. La demanda hídrica se concentra principalmente en la UHA Rio Saldana 8 con el 63.94% (376.28 l/s)

Tabla 694. Índice de uso del agua para año medio y seco en la subzona hidrográfica Medio Saldaña

Unidad de Análisis	Demanda Hídrica (m^3/s)	Año medio		Año seco	
		OHRD (m3/s)	IUA (%)	OHRD (m3/s)	IUA (%)
Rio Saldana 9	0.0322	66.14	0.05	38.15	0.08
Quebrada Paipa	0.0363	0.49	7.34	0.10	36.52
Rio Saldana 8	0.3763	65.24	0.58	37.84	0.99
Quebrada Guanabano	0.0602	1.09	5.53	0.50	12.12
Rio Saldana 7	0.0000	62.85	0.00	36.81	0.00
Quebrada Pole	0.0174	2.44	0.71	1.32	1.32
Rio Saldana 6	0.0661	60.72	0.11	35.60	0.19

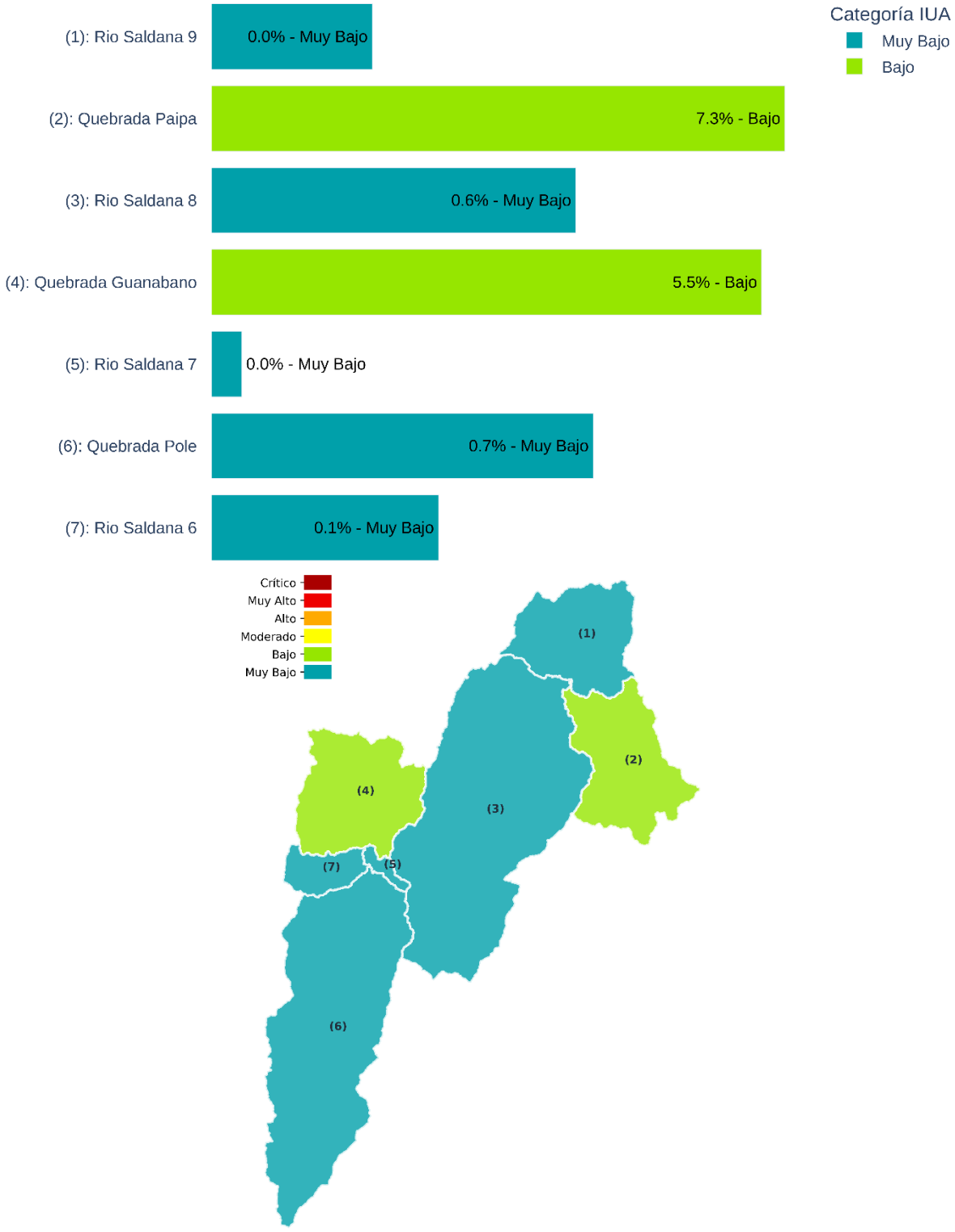


Figura 961. Distribución espacial de categorías del índice de uso del agua para año medio en la subzona hidrográfica Medio Saldaña

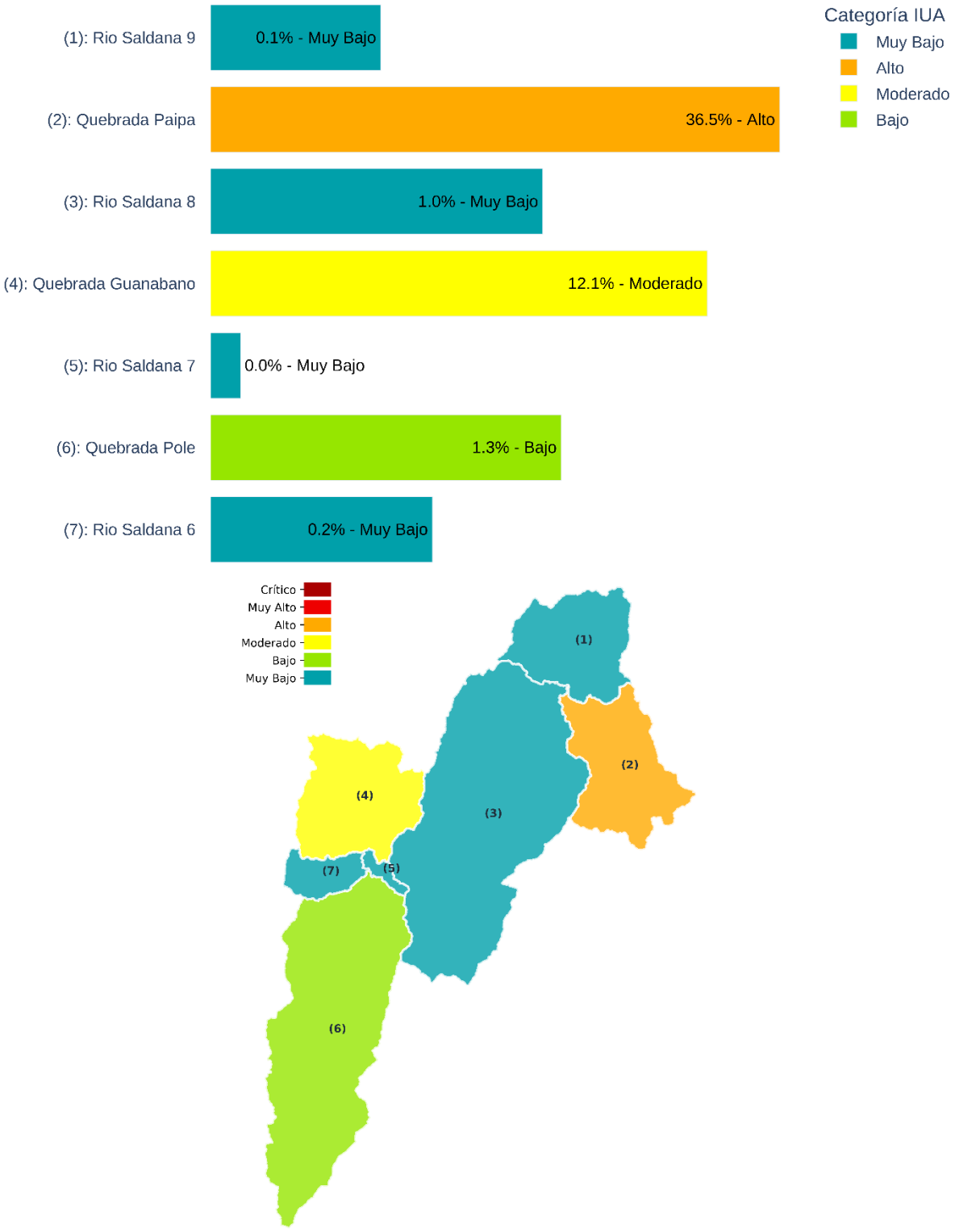


Figura 962. Distribución espacial de categorías del de uso del agua para año seco en la subzona hidrográfica Medio Saldaña

45.1.5. IUA en la subzona hidrográfica Alto Saldaña

La totalidad de unidades de análisis tienen una presión baja y muy baja por el uso del agua en ambas condiciones hidrológicas de año medio y seco (*Figura 964*, *Figura 965*). Se evidencia que la mayor demanda de agua se encuentra en la unidad río Saldaña 3, sin embargo, su categoría de presión se mantiene Muy Baja incluso en año seco.

La demanda hídrica total se define en 98.69 l/s. El consumo humano y doméstico junto con el sector piscícola son los que mayor representación tienen sobre esta demanda con el 49.08% (48.43 l/s) y 42.68% (42.12 l/s), respectivamente. El sector agrícola, por su parte, comprende el 5.72% (5.65 l/s) del total de la demanda, mientras que el 2.51% (2.48 l/s) corresponde al sector industrial y el 0.01% (0.01 l/s) al pecuario. Se establece que la demanda hídrica se concentra principalmente en la UHA Rio Hereje con el 44.42% (43.84 l/s), seguido por las UHA Rio Saldaña 3 y Rio Siquila con el 28.15% (27.78 l/s) y 21.91% (21.62 l/s), respectivamente.

Tabla 695. Índice de uso del agua para año medio y seco en la subzona hidrográfica Alto Saldaña

Unidad de Análisis	Demanda Hídrica (m^3/s)	Año medio		Año seco	
		OHRD (m3/s)	IUA (%)	OHRD (m3/s)	IUA (%)
Rio Mendarco	0.0002	2.49	0.01	1.30	0.01
Rio Saldana 5	0.0000	58.47	0.00	34.46	0.00
Quebrada Lindosa	0.0000	0.62	0.00	0.20	0.00
Rio Saldana 4	0.0047	21.29	0.02	13.62	0.03
Rio Siquila	0.0216	1.57	1.38	0.81	2.68
Rio Saldana 3	0.0278	9.08	0.31	6.80	0.41
Rio Hereje	0.0438	2.74	1.60	1.95	2.25
Rio Saldana 2	0.0005	5.70	0.01	4.41	0.00
Rio Candelario	0.0000	0.81	0.00	0.50	0.00
Rio Saldana 1	0.0000	4.60	0.00	3.76	0.00

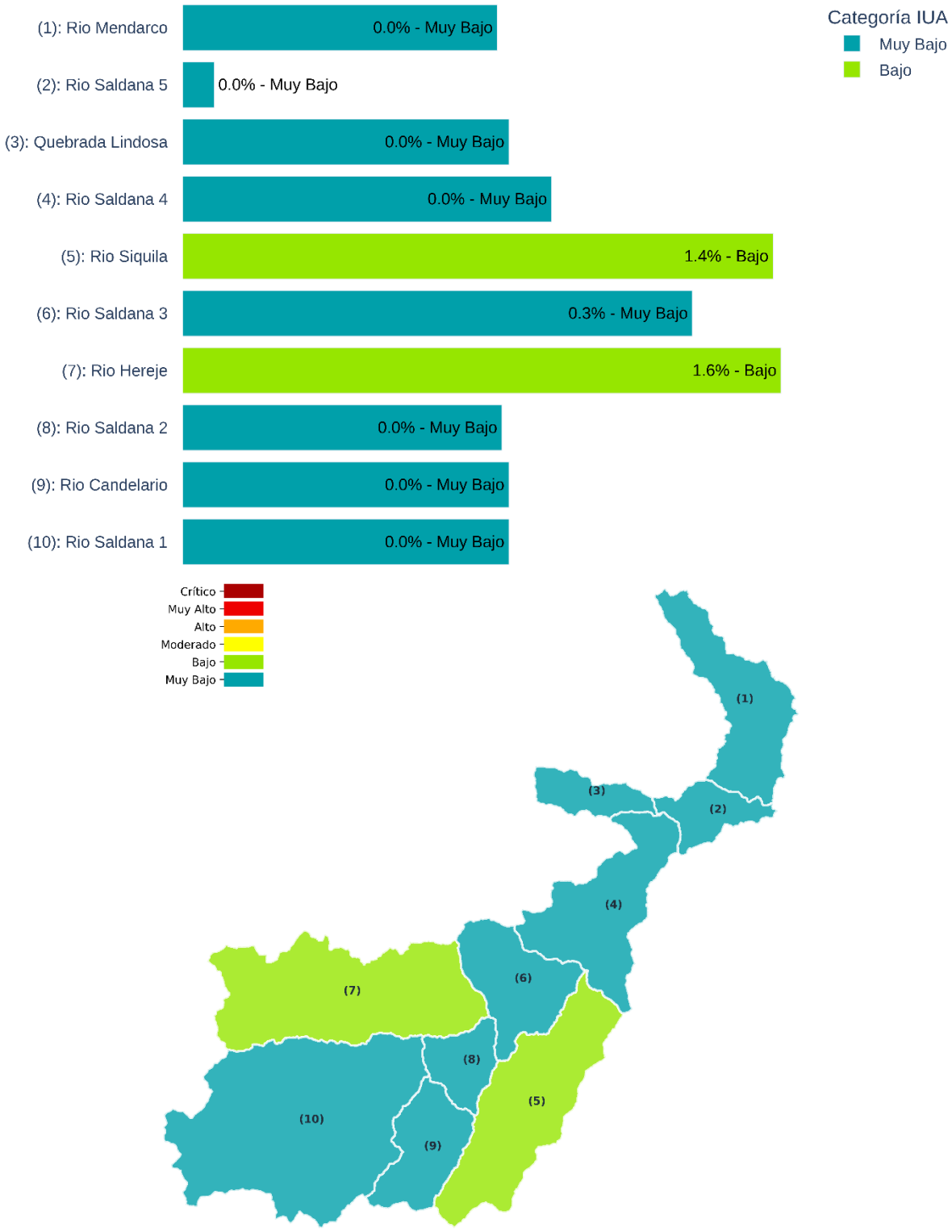


Figura 963. Distribución espacial de categorías del índice de uso del agua para año medio en la subzona hidrográfica Alto Saldaña

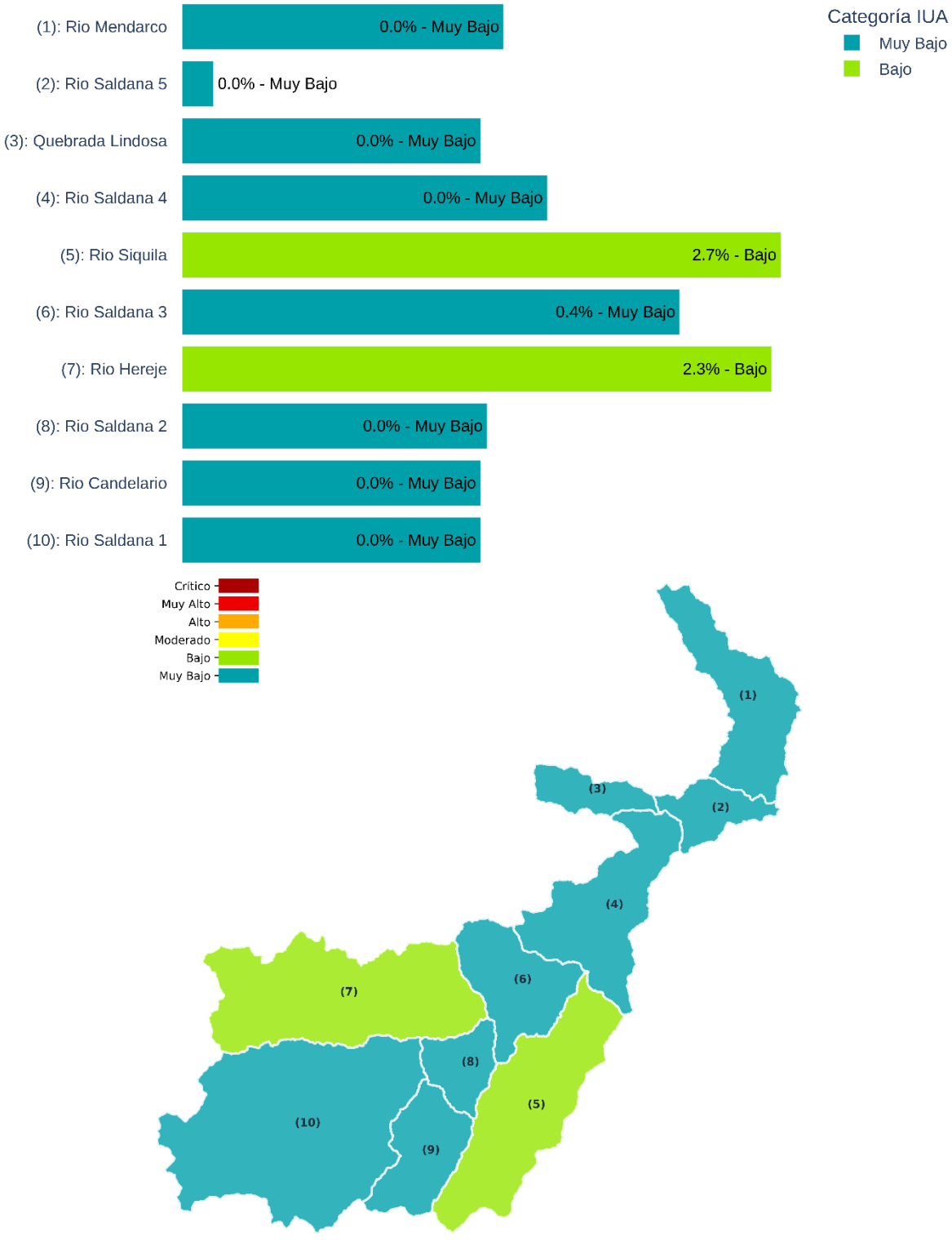


Figura 964. Distribución espacial de categorías del de uso del agua para año seco en la subzona hidrográfica Alto Saldaña

45.1.6. IUA en la subzona hidrográfica del río Amoyá

Las unidades río Amoyá 6 y río Amoyá 7 presentan un índice de uso del agua Crítico en año medio, la quebrada San Jorge y la quebrada Guaní evidencian presión Muy Alta y Alta por el uso del agua respectivamente para año medio, la presión se mantiene Baja y Muy Baja en las demás unidades de análisis en la condición hidrológica de año medio (*Figura 965*). En año seco, la presión por uso se incrementa en las unidades quebrada Guaní y quebrada San Jorge al pasar su categoría a Crítica (*Figura 966*).

En la Subzona del río Amoyá la demanda hídrica total corresponde a 19316.22 l/s. Se determina que la demanda hídrica se concentra principalmente en la UHA Rio Amoyá 6 con el 93.23% que representan 18008.54 l/s.

Tabla 696. Índice de uso del agua para año medio y seco en la SZH del río Amoyá

Unidad de Análisis	Demanda Hídrica (m^3/s)	Año medio		Año seco	
		OHRD (m3/s)	IUA (%)	OHRD (m3/s)	IUA (%)
Quebrada Guani	0.1362	0.32	43.17	0.06	229.41
Rio Amoya 13	0.0000	23.10	0.00	21.18	0.00
Quebrada Neme	0.0618	0.83	7.41	0.42	14.89
Rio Amoya 12	0.5553	22.98	2.42	21.24	2.61
Quebrada Tulini	0.1752	3.70	4.74	1.97	8.92
Rio Amoya 11	0.0004	19.42	0.00	19.15	0.00
Quebrada Irco	0.0672	2.15	3.12	1.18	5.71
Rio Amoya 10	0.0001	17.20	0.00	17.96	0.00
Rio Ambeima	0.0162	5.52	0.29	3.31	0.49
Rio Amoya 9	0.0005	11.79	0.00	14.24	0.00
Quebrada Grande	0.0028	0.31	0.92	0.18	1.58
Rio Amoya 8	0.0144	11.33	0.13	13.90	0.10
Quebrada San Jorge	0.1360	0.18	74.78	0.02	667.86
Rio Amoya 7	0.1361	-7.17	13608.80	-4.43	13608.80
Rio Negro Amoya	0.0014	0.47	0.29	0.23	0.58
Rio Amoya 6	18.0085	-7.85	1800854.00	-4.86	1800854.00
Rio Davis	0.0012	2.05	0.06	1.27	0.09
Rio Amoya 5	0.0030	8.12	0.04	5.86	0.05
Quebrada San Jose	0.0000	0.38	0.00	0.20	0.00
Rio Amoya 4	0.0000	7.43	0.00	5.54	0.00
Quebrada Rivera	0.0000	1.41	0.00	0.91	0.00
Rio Amoya 3	0.0000	5.75	0.00	4.41	0.00
Quebrada Nieves	0.0000	0.86	0.00	0.66	0.00
Rio Amoya 2	0.0000	4.02	0.00	3.03	0.00
Quebrada Morales	0.0000	0.57	0.00	0.46	0.00
Rio Amoya 1	0.0000	1.90	0.00	1.53	0.00

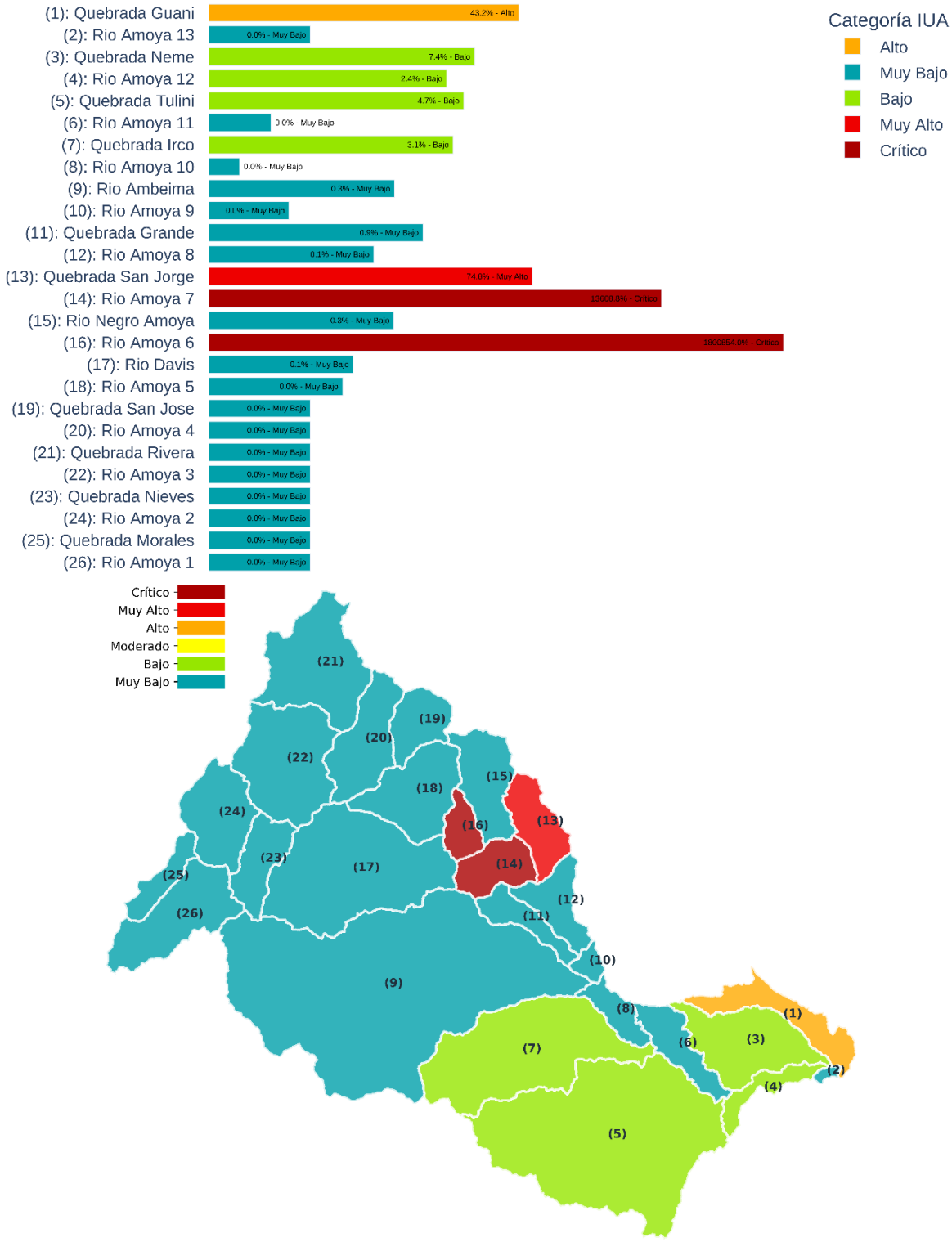


Figura 965. Distribución espacial de categorías del índice de uso del agua para año medio en la subzona hidrográfica del río Amoyá

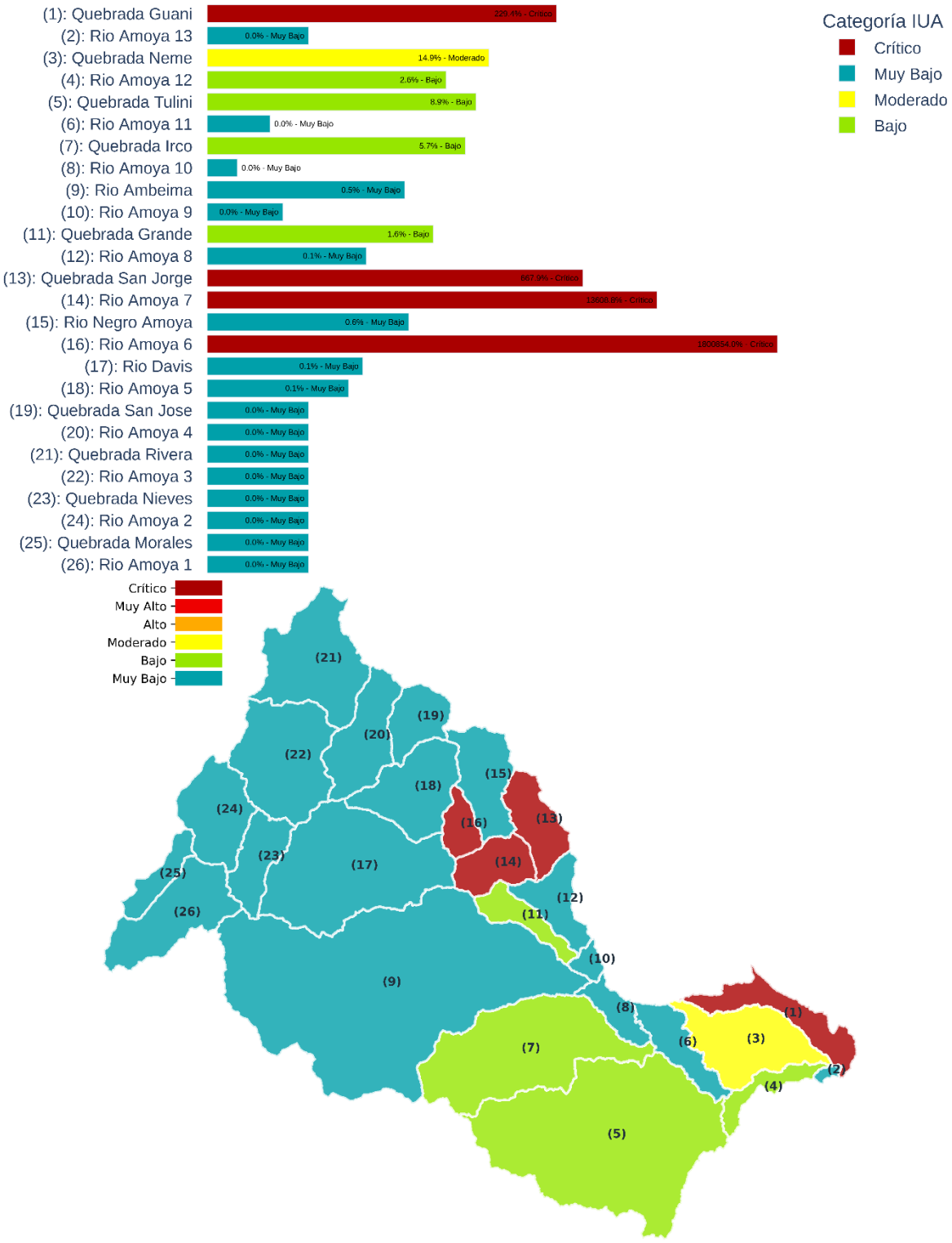


Figura 966. Distribución espacial de categorías del de uso del agua para año seco en la subzona hidrográfica del río Amoyá

45.1.7. IUA en la subzona hidrográfica del río Anamichú

En la unidad de análisis río Blanco se observa una presión Baja por uso del agua para año hidrológico medio y para año hidrológico seco. En el resto de las unidades se identifica una presión Muy Baja (*Figura 968*). Categorías que se mantienen aún para el año hidrológico seco (*Figura 969*).

La demanda hídrica total de la Subzona Hidrográfica del río Anamichú se estima en 26.76 l/s de los cuales el 99.10% (26.51 l/s) es destinado para el consumo humano y doméstico. La demanda hídrica restante (0.90%, 0.24 l/s) está representada en un 0.45% (0.12 l/s) por el sector agrícola y los otros 0.45% (0.12 l/s) por el sector pecuario. Se determina que la demanda hídrica se distribuye solamente en 2 UHA siendo la UHA Rio Blanco en donde hay mayor demanda del recurso hídrico con el 99.61% (26.65 l/s).

Tabla 697. Índice de uso del agua para año medio y seco en la subzona hidrográfica del río Anamichú

Unidad de Análisis	Demanda Hídrica (m^3/s)	Año medio		Año seco	
		OHRD (m3/s)	IUA (%)	OHRD (m3/s)	IUA (%)
Rio Anamichu 11	0.0000	16.68	0.00	5.59	0.00
Rio Blanco	0.0267	1.98	1.35	0.63	4.20
Rio Anamichu 10	0.0000	14.81	0.00	5.05	0.00
Quebrada Tolima	0.0000	0.38	0.00	0.06	0.00
Rio Quebrada	0.0000	0.67	0.00	0.09	0.00
Rio Anamichu 9	0.0000	13.10	0.00	4.74	0.00
Quebrada San Mateo	0.0000	0.37	0.00	0.03	0.00
Rio Anamichu 8	0.0001	12.52	0.00	4.70	0.00
Quebrada Ilusion	0.0000	0.17	0.00	0.01	0.00
Rio Anamichu 7	0.0000	11.99	0.00	4.66	0.00
Rio Verde	0.0000	0.72	0.00	0.06	0.00
Rio Anamichu 6	0.0000	11.38	0.00	4.61	0.00
Rio Negro Anamichu	0.0000	0.93	0.00	0.23	0.00
Rio Anamichu 5	0.0000	10.18	0.00	4.34	0.00
Quebrada Yarumal	0.0000	0.77	0.00	0.16	0.00
Rio Anamichu 4	0.0000	9.22	0.00	4.15	0.00
Quebrada Catalina	0.0000	0.95	0.00	0.31	0.00
Rio Anamichu 3	0.0000	8.19	0.00	3.85	0.00
Rio San Jose	0.0000	4.24	0.00	1.82	0.00
Rio Anamichu 2	0.0000	3.86	0.00	1.99	0.00
Quebrada Ahogado	0.0000	1.18	0.00	0.65	0.00
Rio Anamichu 1	0.0000	2.10	0.00	1.15	0.00



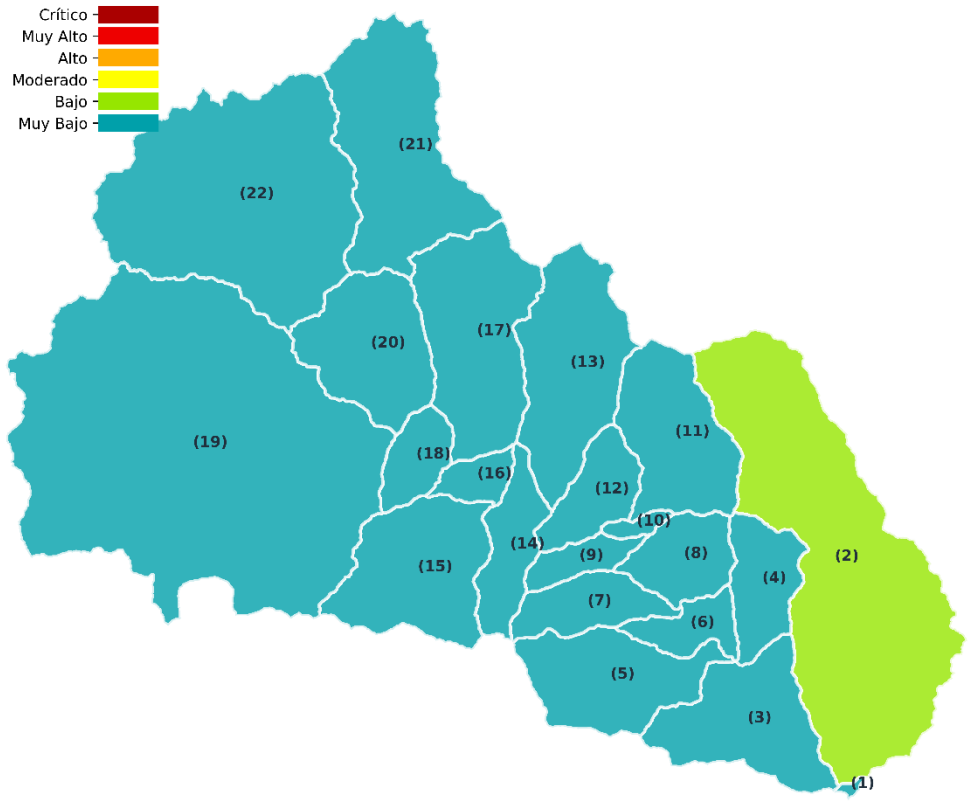


Figura 967. Distribución espacial de categorías del índice de uso del agua para año medio en la subzona hidrográfica del río Anamichú

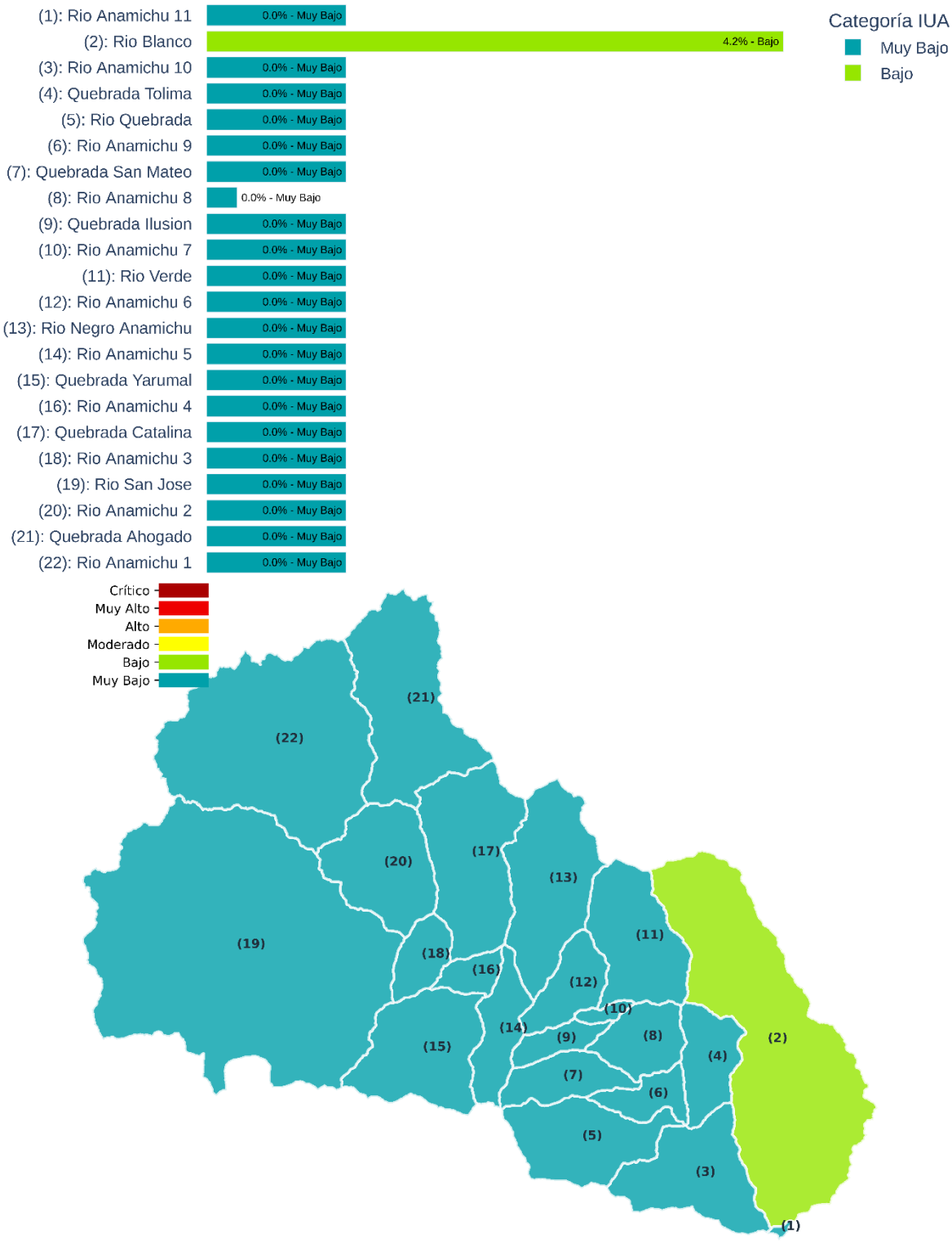


Figura 968. Distribución espacial de categorías del de uso del agua para año seco en la subzona hidrográfica del río Anamichú

45.1.8. IUA en la subzona hidrográfica del río Cambrín

Esta subzona hidrográfica cuenta con Muy Baja presión por el uso del agua en sus cinco unidades de análisis en la condición hidrológica de año medio (*Figura 969*). La cual se mantiene Muy Baja en año hidrológico seco (*Figura 970*) en todas las unidades de análisis.

Con base en la revisión de línea base de información y los reportes otorgados por las Autoridades Ambientales no se evidencia una demanda hídrica de la Subzona Hidrográfica del río Cambrín.

Tabla 698. Índice de uso del agua para año medio y seco en la subzona hidrográfica del río Cambrín

Unidad de Análisis	Demanda Hídrica (m^3/s)	Año medio		Año seco	
		OHRD (m3/s)	IUA (%)	OHRD (m3/s)	IUA (%)
Rio Cambrin 2	0.0000	11.45	0.00	5.68	0.00
Rio Negro Cambrin	0.0000	1.79	0.00	1.05	0.00
Rio Cambrin 1	0.0000	8.74	0.00	4.21	0.00
Quebrada Virgen	0.0000	3.09	0.00	1.89	0.00
Quebrada Bosque	0.0000	2.69	0.00	1.32	0.00

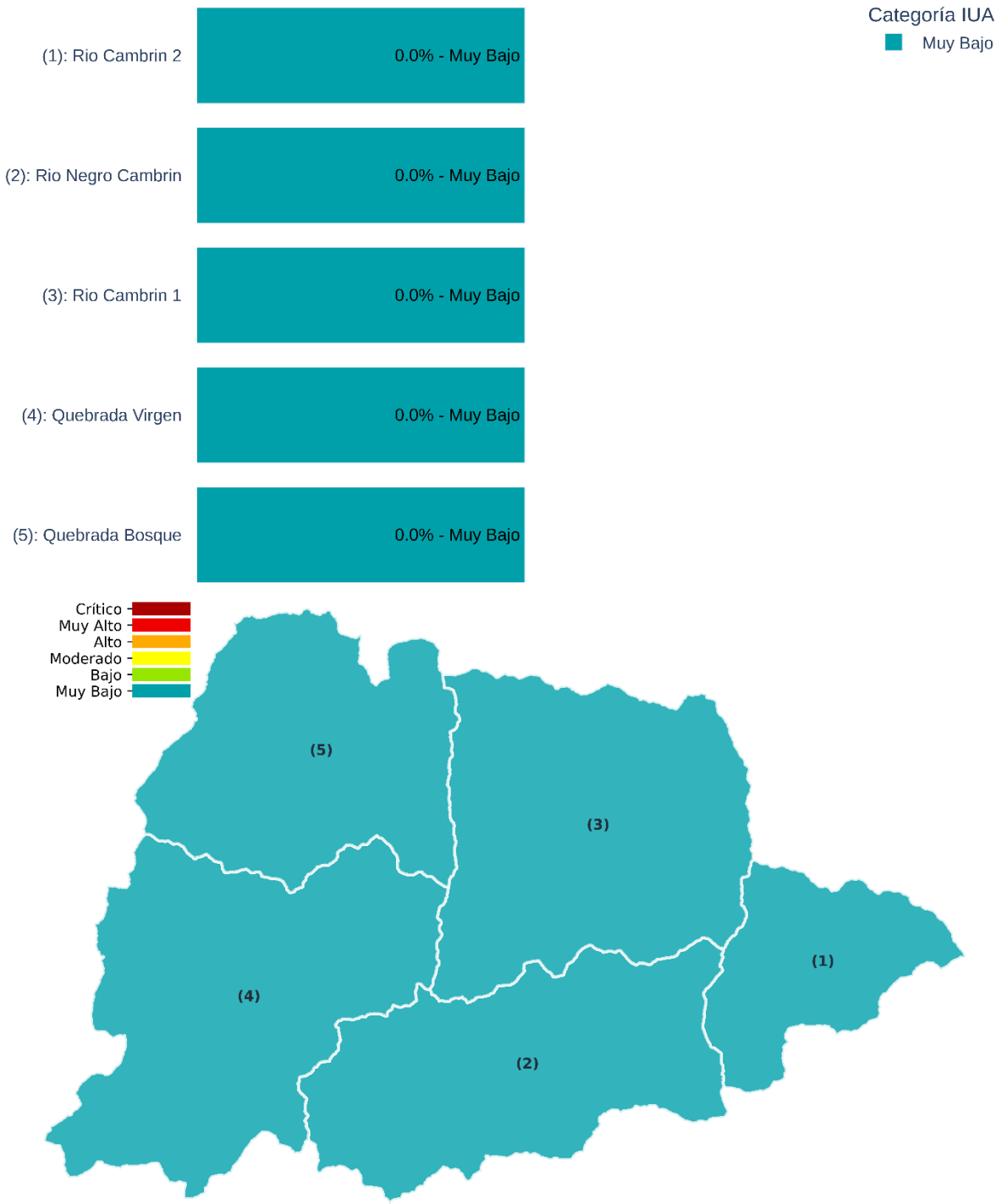


Figura 969. Distribución espacial de categorías del índice de uso del agua para año medio en la subzona hidrográfica del río Cambrín

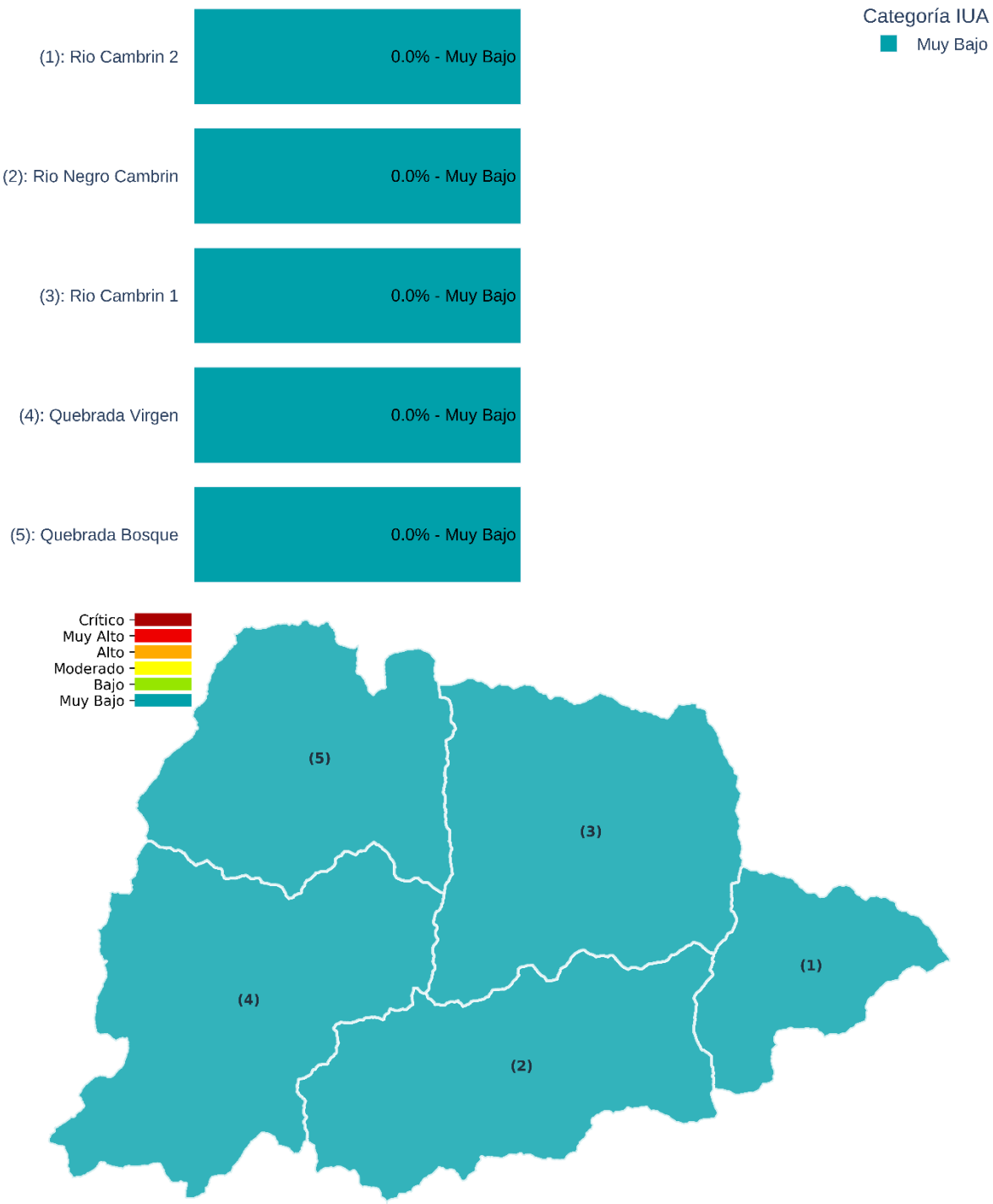


Figura 970. Distribución espacial de categorías del de uso del agua para año seco en la subzona hidrográfica del río Cambrín

45.1.9. IUA en la subzona hidrográfica del río Atá

La unidad de análisis quebrada Montalvo tiene una presión Baja por uso del agua en año medio y en año seco, con índices de 1.3 y 2.7% respectivamente. El resto de las unidades de análisis (río Atá 8, quebrada Barranca, río Atá 7, quebrada Paujíl, río Atá 6, río Atá 5, río Atá 4, río Claro, quebrada Quebradón, río Atá 3, río San Miguel, río Atá 2, río Tamara, río Atá 1) cuentan con una presión Baja y Muy Baja en ambas condiciones hidrológicas (*Figura 971*, *Figura 972*).

Para la Subzona Hidrográfica del río Atá se determina una demanda hídrica total de 149.54 l/s, la cual está destinada en un 87.57% (130.96 l/s) al consumo humano y doméstico. La demanda hídrica restante (12.43%, 18.58 l/s) está representada en un 6.98% (10.44 l/s) por el uso piscícola, 2.45% (3.67 l/s) uso pecuario, 2.23% (3.34 l/s) uso agrícola, y 0.76% (1.14 l/s) por el uso industrial. Se determinó que la demanda hídrica se concentra principalmente en la UHA Rio Ata 4 con el 45.10% (67.44 l/s), seguido por la UHA Río Ata 3 con el 27.85% (41.65 l/s) y la quebrada Montalvo con 11.19% (16.74 l/s); las demás fuentes hídricas cubren solo el 15.86% (23.72 l/s) de la demanda hídrica total.

Tabla 699. Índice de uso del agua para año medio y seco en la subzona hidrográfica del río Atá

Unidad de Análisis	Demanda Hídrica (m^3/s)	Año medio		Año seco	
		OHRD (m3/s)	IUA (%)	OHRD (m3/s)	IUA (%)
Rio Ata 8	0.0020	23.09	0.01	14.61	0.00
Quebrada Barranca	0.0016	0.31	0.50	0.20	0.76
Rio Ata 7	0.0052	22.43	0.02	14.28	0.04
Quebrada Paujil	0.0000	1.46	0.00	0.78	0.00
Rio Ata 6	0.0018	20.66	0.01	13.31	0.00
Quebrada Montalvo	0.0167	1.31	1.28	0.62	2.71
Rio Ata 5	0.0000	19.08	0.00	12.31	0.00
Rio Claro	0.0025	2.78	0.09	1.72	0.14
Rio Ata 4	0.0674	16.13	0.42	10.34	0.65
Quebrada Quebradon	0.0040	1.33	0.30	0.55	0.73
Rio Ata 3	0.0417	14.44	0.29	9.55	0.44
Rio San Miguel	0.0000	1.46	0.00	0.65	0.00
Rio Ata 2	0.0067	10.60	0.06	7.74	0.09
Rio Tamara	0.0000	1.64	0.00	1.28	0.00
Rio Ata 1	0.0000	5.24	0.00	4.07	0.00

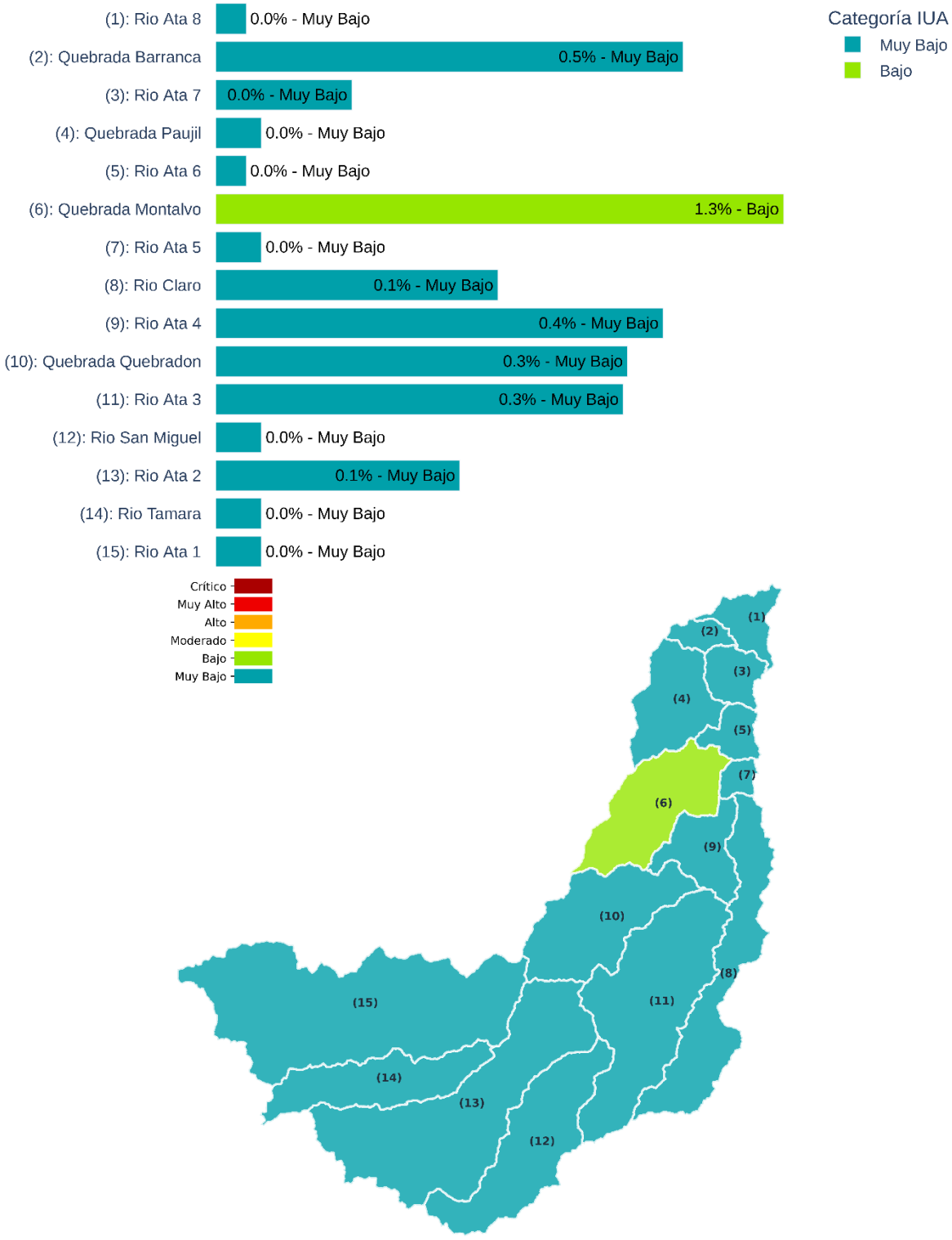


Figura 971. Distribución espacial de categorías del índice de uso del agua para año medio en la subzona hidrográfica del río Atá

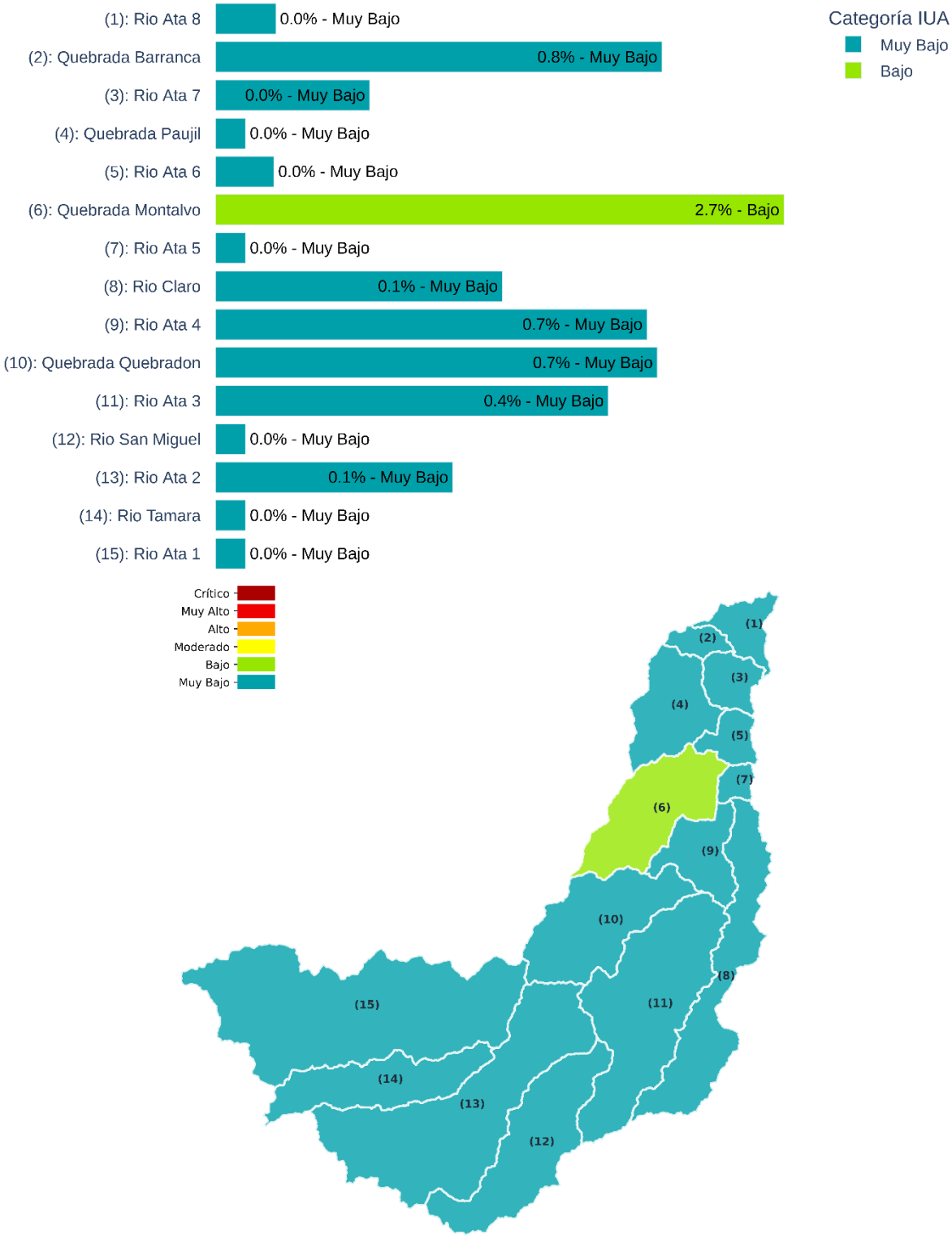


Figura 972. Distribución espacial de categorías del de uso del agua para año seco en la subzona hidrográfica del río Atá

46. Indicadores de Estado de Calidad y Presión por Contaminación

46.1. Índice de Calidad del Agua (ICA)

El índice de calidad del agua (ICA) es un indicativo de las condiciones de calidad física, química y biológica de los cuerpos de agua. Este permite identificar problemas de contaminación en un punto determinado, para un intervalo de tiempo específico. Permite representar el estado en general del agua y las posibilidades o limitaciones para determinados usos en función de variables seleccionadas, mediante ponderaciones y agregación de variables representativas (IDEAM, 2010).

El ICA es el valor numérico que califica en una (1) de cinco (5) categorías la calidad del agua de un cuerpo de agua, con base en las mediciones obtenidas para un conjunto de cinco (5) a siete (7) variables, registradas en una estación de monitoreo j en el tiempo t (IDEAM, 2013). En tal sentido, el ICA es una expresión agregada y simplificada, sumatoria aritmética equiponderada de varias variables.

En los Lineamientos Conceptuales y Metodológicos para las ERA (IDEAM, 2013), se recomienda que, para el nivel regional, se calcule el ICA con siete (7) variables, adicionando los coliformes fecales como indicadores de contaminación bacteriológica. También se recomienda usar las ecuaciones para el cálculo de los subíndices, presentadas en el ENA 2010. En este último documento se presentan las curvas funcionales para tres (3) (SST, pH y conductividad) de las siete (7) variables requeridas. En las Fichas Metodológicas disponibles en la página Web del IDEAM, se presentan las ecuaciones para seis (6) de las siete (7) variables, las cuales no incluyen el indicador de contaminación bacteriológica. Por lo tanto, en el presente estudio, se tomó como referencia para el cálculo del subíndice de coliformes fecales, el propuesto por Cude (2001).

De acuerdo con IDEAM (2010), la ponderación de las variables físicas, químicas y microbiológicas puede variar en función de la relevancia para análisis específicos de condiciones de calidad de Aguas y el número de variables consideradas. A escala regional se tendrán en cuenta siete (7) variables de acuerdo con IDEAM (2013), siendo los pesos de importancia los que se contemplan en la última columna de la Tabla 700.

Tabla 700. Pesos para las variables del ICA

VARIABLE	UNIDAD	Número de Variables		
		5	6	7
		PESO	PESO	PESO
Oxígeno disuelto - OD	% saturación	0,2	0,17	0,16
Sólidos Suspendidos Totales - SST	mg/L	0,2	0,17	0,14
Demanda Química de Oxígeno - DQO	mg/L	0,2	0,17	0,14
Conductividad eléctrica	µS/cm	0,2	0,17	0,14
pH	Unidades de pH	0,2	0,17	0,14
Relación N total/P total	(mg/L) /(mg/L)		0,15	0,14
Coliformes fecales	UFC/100 mL*			0,14

*Si bien en IDEAM (2013) se asignan como unidades de los coliformes fecales las UFC/100 ml, el subíndice de los coliformes fecales se expresa en NMP/100ml.

Para calcular el ICA se utiliza una suma lineal ponderada de los subíndices (I_i) de cada una de las variables. Estas agregaciones se expresan matemáticamente de la siguiente manera:

Donde,

ICA_{njt} Es el Índice de calidad del agua de una determinada corriente superficial en la estación de monitoreo de la calidad del agua j en el tiempo t, evaluado con base en n variables.

W_i Es el ponderador o peso relativo asignado a la variable de calidad i.

I_{ikjt} Es el valor calculado de la variable i (obtenido de aplicar la curva funcional o ecuación correspondiente), en la estación de monitoreo j, registrado durante la medición realizada en el trimestre k, del período de tiempo t.

n Es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador; n es igual a 7 a nivel regional

La solución de la anterior sumatoria es como sigue:

$$ICA_{njt} = (W_{i\ \%satOD} . I_{\%satOD}) + (W_{i\ SST} . I_{SST}) + (W_{i\ DQO} . I_{DQO}) + (W_{i\ C.E} . I_{C.E}) + (W_{i\ N/P} . I_{N/P}) + (W_{i\ pH} . I_{pH}) + (W_i\ I_{C.F} . I_{C.F})$$

De acuerdo con IDEAM (2010), el ICA define una clasificación descriptiva de la calidad del agua en cinco (5) categorías: buena, aceptable, regular, mala o muy mala (Tabla 701).

Tabla 701. Descriptores de la calidad del agua a partir del ámbito numérico del ICA. (Fuente: IDEAM, 2013)

Descriptores	Ámbito numérico	Color
Muy malo	0 – 0,25	**Rojo**
Malo	0,26 – 0,50	**Naranja**
Regular	0,51 – 0,70	**Amarillo**
Aceptable	0,71 – 0,90	**Verde**
Bueno	0,91 – 1,00	**Azul**

Fuente IDEAM (2010)

A continuación, se presenta la distribución de valores del ICA para cada subzona hidrográfica objeto de análisis

46.1.1. Índice de Calidad del Agua para la Subzona Hidrográfica del Río Patá

Para la Subzona Hidrográfica del Río Patá, la parte alta de la cuenca presenta un Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) en condición "*Aceptable*", el cual se va degradando a lo largo de la parte media de la cuenca a condición "*Regular*" principalmente por posibles aportes de carga difusa producto de actividades agrícolas y pecuarias, afectando en forma significativa la calidad del cuerpo de agua con valores bajos en el subíndice nitrógeno total/fosforo total (INP = 0.15) (***Tabla 562***). De igual manera, en la parte baja de la cuenca aguas arriba de su desembocadura al Río Magdalena la calidad se mantiene en "*Regular*", aunque se evidencia una mejora poco significativa en su calidad, el río no logra asimilar la carga contaminante a lo largo de su tramo (***Figura 643***).

Tabla 702. *Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona Hidrográfica del Río Patá*

Descripción Sitio	Latitud	Longitud	Código	IsatOD	ISST	IDQO	ICE	INP	IpH	ICF	ICA	Descriptor
R. Patá Parte Alta	3.379	-75.377	C_PAT_1	0.52	0.99	0.91	0.60	0.80	1.00	0.98	0.82	ACEPTABLE
R. Patá Parte Media	3.366	-75.253	C_PAT_2	0.61	0.98	0.51	0.35	0.15	0.85	0.98	0.63	REGULAR
R. Patá A. Arriba confluencia al R. Magdalena	3.406	-75.199	C_PAT_4	0.62	0.98	0.71	0.37	0.35	0.81	0.71	0.65	REGULAR

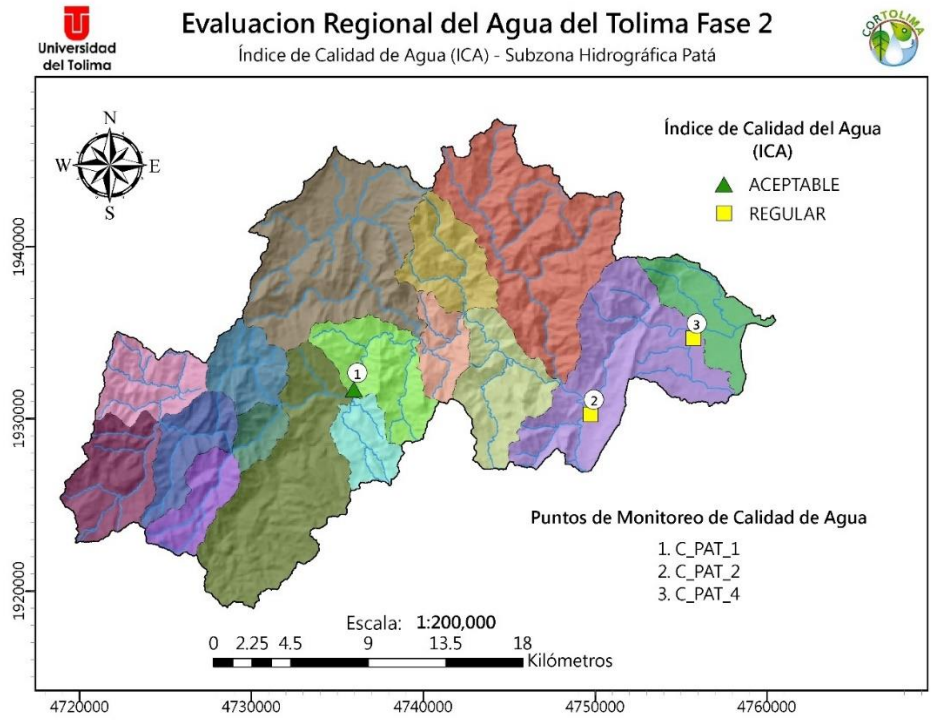


Figura 973*. Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) para la Subzona Hidrográfica del Río Patá*

46.1.2. Índice de Calidad del Agua para la Subzona Hidrográfica de los Ríos Anchique, Chenche y Directos al Magdalena

El Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) para el Río Anchique en su parte alta presenta una condición "*Aceptable*" principalmente a la altura del Acueducto Municipal del Municipio de Natagaima la cual se va degradando levemente aguas abajo en cercanías a la captación Santa Marta a una condición "*Regular*" debido a posible aporte de carga difusa producto de actividades agropecuarias con un bajo subíndice relacionado al parámetro de coliformes fecales (0.27). Sobre la Quebrada Natarroco se ubica la captación de la Asociación de Usuarios del Acueducto Resguardo Indígena Natarroco, con una condición "*Aceptable*", no presentando riesgo alguno para su consumo (***Tabla 557***).

En la parte baja sobre el Río Anchique se presenta una condición "*Regular*" en la calidad del agua llamando la atención valores bajos en el subíndice de coliformes fecales (0.10) y en la relación nitrógeno total/fosforo total (0.15) obedeciendo de nuevo a posible aporte de carga difusa de actividad ganadera y la degradación del ecosistema por actividades antrópicas sobre este tramo del río. Antes de su confluencia al Río Magdalena, el Río Anchique recibe el aporte de un afluente innominado cartográficamente el cual recibe los vertimientos del centro poblado Velú presentando una condición "*Aceptable*".

Tabla 703. *Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona Hidrográfica de los Ríos Anchique, Chenche y Directos al Magdalena*

Descripción Sitio	Lat	Lon	Código	IsatOD	ISST	IDQO	ICE	INP	IpH	ICF	ICA	Descriptor
R. Chenche A. Arriba Represa Zanja Honda (Triáng. Tolima)	3.763	-75.204	C_ANCH_1	0.79	0.98	0.91	0.80	0.15	1.00	0.10	0.68	REGULAR
Canal #1 (Principal) Triáng. Tolima	3.766	-75.177	C_ANCH_2	0.71	0.99	0.71	0.74	0.80	0.63	0.98	0.79	ACEPTABLE
Canal #2 D Triáng Tolima	3.757	-75.174	C_ANCH_3	0.51	0.99	0.71	0.72	0.80	1.00	0.98	0.81	ACEPTABLE
R. Chenche A. Abajo Represa Zanja Honda	3.762	-75.155	C_ANCH_4	0.67	0.88	0.71	0.66	0.15	1.00	0.10	0.60	REGULAR
R. Chenche A. Arriba CP Baura	3.862	-74.954	C_ANCH_9	0.66	0.75	0.51	0.51	0.15	1.00	0.38	0.57	REGULAR
Acueducto Municipal Saldaña - EMPUSALDAÑA	3.922	-75.013	C_BSAL_10	0.60	0.00	0.26	0.71	0.15	1.00	0.93	0.52	REGULAR
R. Chenche A. Abajo CP Baura (A. Arriba efluente PTAR)	3.879	-74.930	C_ANCH_11	0.68	0.74	0.51	0.49	0.15	1.00	0.28	0.55	REGULAR
Acueducto Municipal Purificación - ESP	3.850	-74.936	C_ANCH_14	0.77	0.00	0.26	0.64	0.35	1.00	0.38	0.49	MALO
R. Hilarco A. Arriba confluencia R. Magdalena	3.745	-75.018	C_ANCH_17	0.54	0.89	0.51	0.66	0.15	0.87	0.38	0.57	REGULAR
Resguardo Indígena Pijao Totarco Tamarindo	3.665	-75.188	C_ANCH_20	0.68	0.99	0.91	0.87	0.80	1.00	0.95	0.88	ACEPTABLE
Acued. Resguardo Indígena Natarroco	3.601	-75.154	C_ANCH_21	0.56	0.99	0.71	0.77	0.15	1.00	0.97	0.73	ACEPTABLE
Q. Guaguarco A. Arriba confluencia R. Magdalena	3.664	-75.089	C_ANCH_22	0.66	0.99	0.91	0.56	0.60	1.00	0.57	0.75	ACEPTABLE

Acueducto Municipal Natagaima - ESPUNAT SA	3.563	-75.142	C_ANCH_24	0.71	0.86	0.91	0.83	0.60	1.00	0.93	0.83	ACEPTABLE
R. Anchique A. Arriba captación Finca Sta Marta	3.578	-75.137	C_ANCH_25	0.58	0.97	0.51	0.74	0.80	1.00	0.27	0.69	REGULAR
R. Anchique A. Arriba confluencia Magdalena	3.571	-75.111	C_ANCH_26	0.49	0.89	0.51	0.78	0.15	1.00	0.10	0.56	REGULAR
Q. Rcep. Vert. CP Velú	3.557	-75.097	C_ANCH_27	0.62	0.99	0.71	0.00	0.80	1.00	0.90	0.72	ACEPTABLE
Asoc. Usuarios Acueducto Regional Velú	3.498	-75.184	C_ANCH_28	0.62	0.99	0.91	0.69	0.80	1.00	0.91	0.84	ACEPTABLE
Q. Yaco A. Arriba confluencia R. Magdalena	3.442	-75.141	C_ANCH_29	0.68	0.99	0.91	0.36	0.80	1.00	0.98	0.81	ACEPTABLE
Quebrada Coello A. Arriba confluencia Q. Guaguarco	3.701	-75.144	C_ANCH_30	0.59	0.95	0.91	0.51	0.80	1.00	0.69	0.77	ACEPTABLE
Acueducto Totarco Piedras	3.667	-75.166	C_ANCH_32	0.61	0.99	0.91	0.56	0.80	1.00	0.93	0.82	ACEPTABLE
Asoc. Usuarios Acueducto Vdas Niple, Floral y otros	3.653	-75.173	C_ANCH_33	0.62	0.99	0.91	0.85	0.80	1.00	0.93	0.87	ACEPTABLE

Para el Río Chenche, la condición de calidad en la parte alta inicia "*Regular*" con altos concentraciones de coliformes fecales representando un bajo valor del subíndice de para este parámetro (0.10) y por consiguiente una alta degradación del ecosistema con altos contenido de materia orgánica producto de aporte de carga difusa de origen ganadero reflejado en la baja relación de nitrógeno total/fosforo total (0.15). La calidad del agua que circula por los canales del distrito de riego del Triángulo del Tolima destinados para humectación presentan una condición "*Aceptable*", caso contrario se presenta aguas abajo del muro de contención donde la calidad sobre el Río Chenche es "*Regular*" debido a múltiples factores antrópicos (ganadería, turismo, obras de ocupación de cauce, agricultura, entre otros). En la parte baja del Río Chenche se presentan condiciones "*Regulares*" sobre el afluente debido a la alta presión por actividades agropecuarias en la zona (***Figura 638***).

Una condición de baja de calidad se presenta en la captación para el abastecimiento del casco urbano del municipio de Purificación, la cual toma sus aguas del Río Magdalena. Sobre esta captación se observa una "*Mala*" calidad del recurso debido a altas concentraciones de sólidos suspendidos totales, posible presencia de materia orgánica, y el aporte de carga difusa de origen agropecuario sobre el Río Magdalena.

Dentro de los afluentes directos al Magdalena analizados se cuentan con la Quebrada Yaco, la cual sirve de abastecimiento para consumo humano por parte de la Asociación de Usuarios del Acueducto Regional Velú en condición "*Aceptable*" persistiendo en su condición hasta su confluencia al Río Magdalena. La Quebrada Guaguarco, con captaciones en la parte alta para el abastecimiento humano por parte del Resguardo Indígena Pijao Totarco Tamarindo, Acueducto Totarco Piedras (Quebrada El Niple) y la Asociación de Usuarios del Acueducto para las Veredas Niple,

Floral y otros (Quebrada Totarco) en condición "*Aceptable*", misma condición en la Quebrada Coello y aguas arriba de su confluencia al Río Magdalena. Por último, el Río Hilarco presenta una condición "*Regular*" antes de su confluencia al Río Magdalena producto de la incidencia de actividades agropecuarias aledañas al cuerpo hídrico.

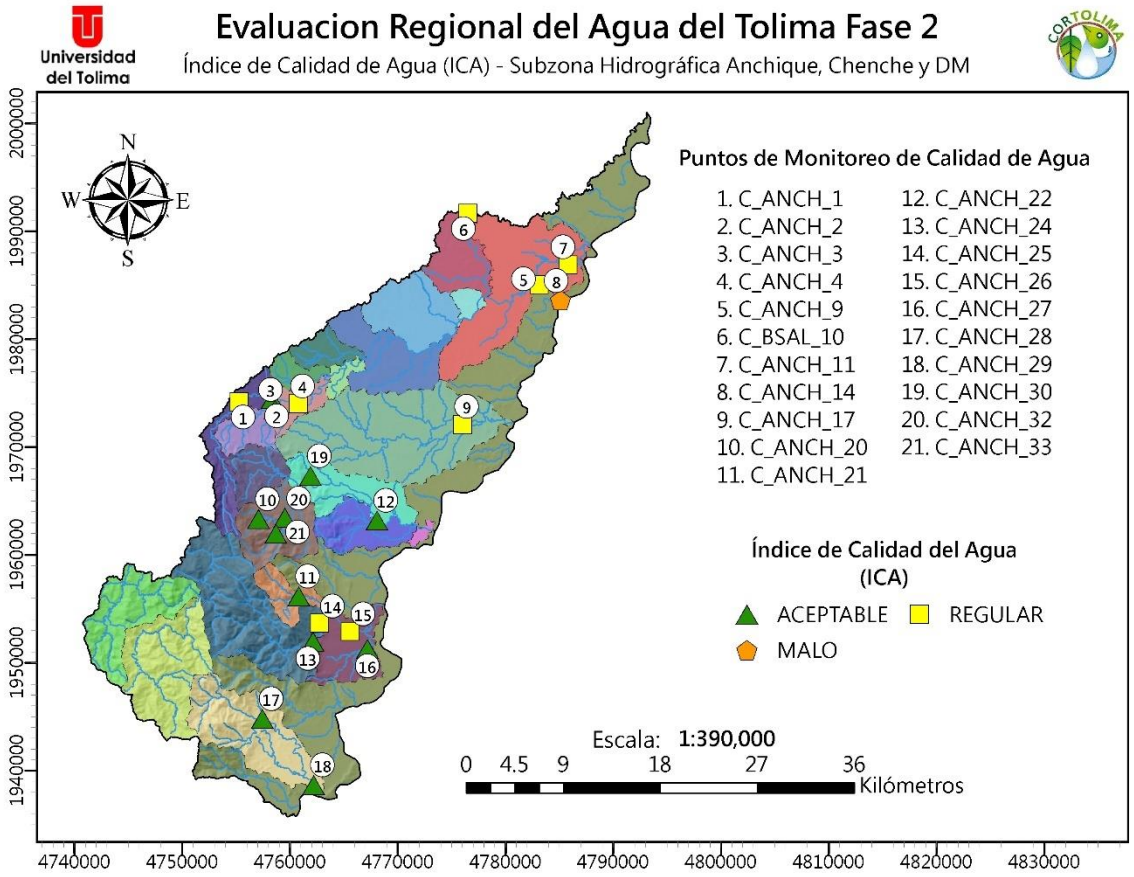


Figura 974. *Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) para la Subzona Hidrográfica de los Ríos Anchique, Chenche y Directos al Magdalena.*

46.1.3. Índice de Calidad del Agua para la Subzona Hidrográfica del Río Bajo Saldaña

En la Subzona Hidrográfica del Río Bajo Saldaña, el índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) se encuentra directamente influenciada por las cargas contaminantes aportada a la altura de la confluencia de los Ríos Amoyá y Medio Saldaña; sobre la

Quebrada Neme se presentan carga difusa de origen agropecuario categorizada como *"Malo"* basados en la alta cantidad de sólidos suspendidos totales (0.00), conductividad eléctrica (0.00) y coliformes fecales (0.10); adicionalmente sobre el Río Medio Saldaña aguas arriba de la confluencia del Río Amoyá, se clasifica como *"Regular"* la calidad del agua debido a la relación de nitrógeno total/fosforo total (0.15) siendo relacionado con las cargas contaminantes aportada por el sector agrícola de la parte media del Río Medio Saldaña.

Una condición particular presenta el acueducto municipal de Coyaima (EMPUCOY) al presentar una condición de calidad "*Regular*", algo llamativo siendo está una fuente para el abastecimiento de la población. Esta condición es caracterizada principalmente por presencia de coliformes fecales posiblemente de origen pecuario, alterando la condición natural de la Quebrada Meche. Sobre la parte media de la subzona hidrográfica del Río Bajo Saldaña se clasifican como *"Aceptable"* en el tramo comprendido desde aguas debajo de la confluecia de la Quebrada Meche hasta aguas abajo del centro poblado de Saldaña (***Tabla 559***).

Tabla 704. *Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona Hidrográfica del Río Bajo Saldaña*

Descripción Sitio	Lat	Lon	Código	IsatOD	ISST	IDQO	ICE	INP	IpH	ICF	ICA	Descriptor
Quebrada El Neme aar confl. río Amoyá	3.676	-75.360	C_AMOY_16	0.30	0.00	0.51	0.00	0.15	1.00	0.10	0.29	MALO
Río Saldaña aar confl. río Amoyá	3.650	-75.356	C_MSAL_10	0.61	0.75	0.71	0.58	0.15	1.00	0.76	0.65	REGULAR
ACUEDUCTO MPAL COYAIMA - EMPUCOY	3.707	-75.259	C_BSAL_1	0.59	0.99	0.71	0.58	0.80	0.60	0.47	0.67	REGULAR
Quebrada Meche aar confl. río Saldaña	3.740	-75.247	C_BSAL_2	0.43	0.99	0.71	0.52	0.80	0.75	0.84	0.71	ACEPTABLE
ACUED. MUNICIPAL COYAIMA EMPOCOY	3.790	-75.202	C_BSAL_4	0.72	0.76	0.71	0.60	0.80	1.00	0.98	0.79	ACEPTABLE
Río Saldaña aab CP Coyaima	3.808	-75.195	C_BSAL_6	0.65	0.77	0.51	0.58	0.80	1.00	0.88	0.74	ACEPTABLE
Canal USOSALDAÑA	3.912	-75.095	C_BSAL_7	0.46	0.63	0.91	0.53	0.80	1.00	0.98	0.75	ACEPTABLE
Río Saldaña aar CP Saldaña	3.928	-75.039	C_BSAL_9	0.44	0.79	0.91	0.53	0.80	1.00	0.98	0.77	ACEPTABLE
Río Saldaña aab CP Saldaña	3.933	-75.009	C_BSAL_13	0.43	0.80	0.71	0.55	0.80	1.00	0.98	0.75	ACEPTABLE
ACUEDUCTO MUNICIPAL EL GUAMO	4.046	-75.020	C_BSAL_16	0.71	0.00	0.26	0.63	0.60	1.01	0.10	0.48	MALO
Quebrada Lemayá aar confl. río Saldaña	3.997	-74.935	C_BSAL_18	0.39	0.98	0.51	0.00	0.15	1.00	0.10	0.45	MALO
Río Saldaña aar confl. río Magdalena	3.994	-74.891	C_BSAL_20	0.45	0.68	0.91	0.50	0.80	1.00	0.10	0.63	REGULAR
Río Tetuán aar confl. río Saldaña	3.876	-75.182	C_ORTE_1	0.76	0.84	0.91	0.34	0.15	1.00	0.59	0.66	REGULAR
Río Ortega aar confl. río Saldaña	3.919	-75.182	C_ORTE_2	0.88	0.85	0.91	0.46	0.15	1.00	0.65	0.70	REGULAR
Río Cucuana aar confl. río Saldaña	3.971	-75.096	C_ORTE_4	0.89	0.89	0.71	0.42	0.15	0.69	0.95	0.68	REGULAR
río Saldaña aar Capt. USOSALDAÑA	3.909	-75.104	C_ORTE_5	0.64	0.85	0.51	0.54	0.80	1.00	0.98	0.76	ACEPTABLE

Como afluentes importante al cauce principal de la subzona hidrográfica del Río Bajo Saldaña, se encuentra los Ríos Tetúan, Ortega y Cucuana, los cuales presentan una

condición “Regular” en su calidad debido a que éstas se caracterizan por predominar los usos de suelos de actividades agropecuarias con una relación de nitrógeno total/fosforo total (0.15), con la diferencia sobre el río Cucuana por una menor cantidad de carga contaminante asociada a los coliformes totales (0.95), es decir que el aporte de carga se asocia a áreas de producción agrícola principalmente (***Figura 640***).

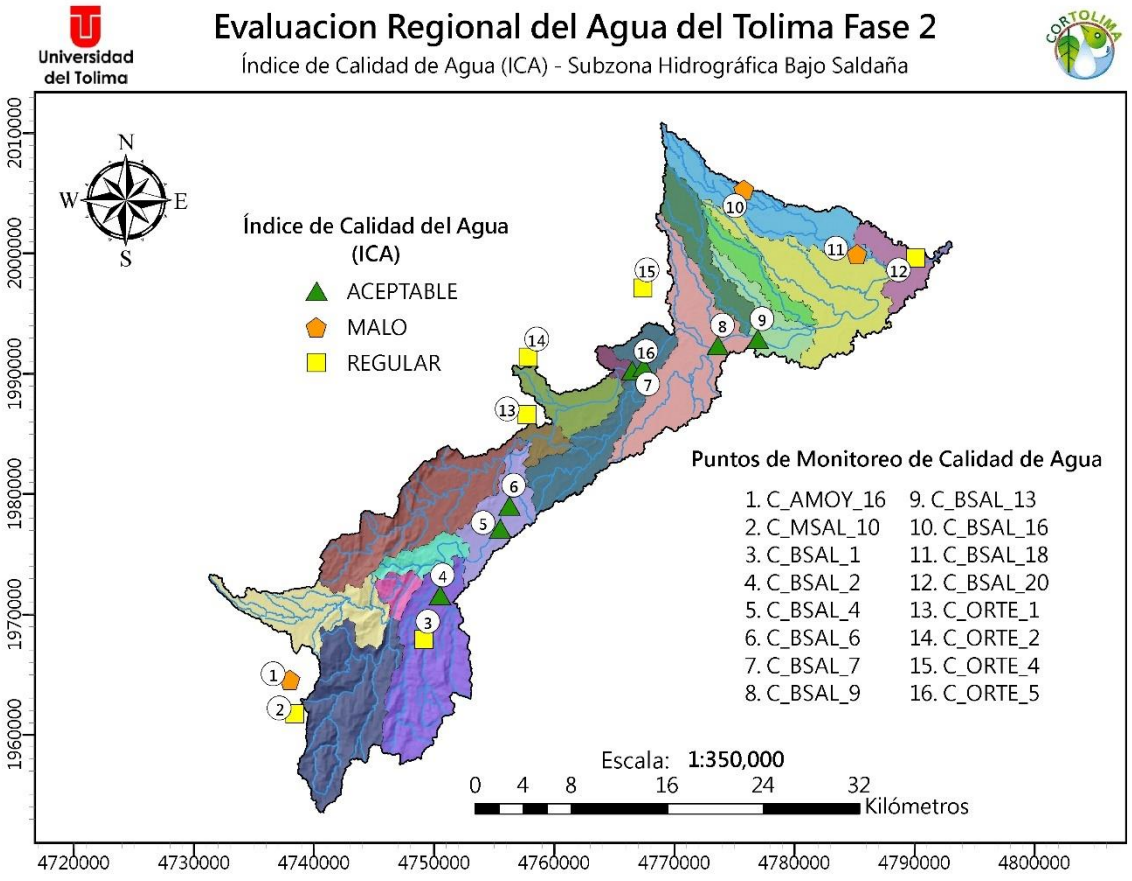


Figura 975*. Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) para la Subzona Hidrográfica del Río Bajo Saldaña.*

En cercanía de la confluencia de Río Bajo Saldaña con el Río Magdalena, ubicado en el punto de cierre de toda la cuenca hidrográfica del Río Saldaña se clasifica como calidad del agua *“Regular”*, por contener una gran cantidad de coliformes fecales (0.10) y considerable cantidad de solidos suspendidos totales (; siendo el primer indicador asociado a la acumulación de coliformes de toda la cuenca y la acumulación de sólidos de toda la subzona hidrográfica. Como dinámica importante en el análisis del ICA para la subzona del Río Bajo Saldaña, el centro poblado del Guamo, a la altura de la Quebrada Zanja Seca afluente de Lemayá como fuente abastecedora y aguas arriba de

la confluencia con el Río Bajo Saldaña como receptora de vertimientos se caracteriza la calidad del agua como *"Malo"*, basados en las coliformes fecales (0.10 y 0.10 respectivamente), conductividad eléctrica (0.63 y 0.00 respectivamente) y la relación de nitrógeno total/fosforo total (0.60 y 0.15 respectivamente), considerándose que la dinámica de las aguas arriba del centro poblado del Guamo que abastecen el acueducto municipal tienen una carga contaminante asociada a las actividades agropecuarias; y a la altura de la Quebrada Lemayá en el punto de monitoreo de la fuente receptora de vertimientos la carga contaminante es asociada a las aguas residuales domésticas (ARD) y aguas residuales no domésticas (ARnD) del Guamo. Estos aportes de carga contaminante integran la calidad del agua evaluada sobre el punto de cierre como *"regular"* y sobre la parte media y alta de la subzona del Río Bajo Saldaña predominan clasificaciones *"Aceptable"* en su calidad del agua.

46.1.4. Índice de Calidad del Agua para la Subzona Hidrográfica del Río Medio Saldaña

En la Subzona Hidrográfica del Río Medio Saldaña, el índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) se encuentra caracterizada por las cargas contaminantes aportadas por las actividades agropecuarias y del sector industrial de minería de oro y sus concentrados y materiales de arrastre, categorizados con minería de subsistencia o artesanal y minería industrial con título minero por la Agencia Nacional de Minería (ANM), concentrados geográficamente en cercanía con los centros poblados de Ataco en la parte baja y Mesa de Pole en la parte alta de la subzona hidrográfica (***Tabla 561***).

Tabla 705. *Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona Hidrográfica del Río Medio Saldaña*

Descripción Sitio	Lat	Lon	Código	IsatOD	ISST	IDQO	ICE	INP	IpH	ICF	ICA	Descriptor
R. Mendarco A. Arriba confluencia al R. Saldaña	3.468	-75.582	C_ASAL_6	0.63	0.00	0.71	0.47	0.35	0.78	0.93	0.56	REGULAR
R. Saldaña A. Arriba confluencia al R. Atá	3.453	-75.586	C_ASAL_7	0.68	0.53	0.91	0.74	0.80	0.94	0.98	0.79	ACEPTABLE
Río Atá A. Arriba confluencia al R. Saldaña	3.435	-75.596	C_ATA_16	0.56	0.00	0.91	0.71	0.80	1.00	0.93	0.70	REGULAR
Asoc. Usuarios Minidistrito Riego Mesa de Pole	3.446	-75.527	C_MSAL_1	0.40	0.93	0.91	0.33	0.60	0.84	0.69	0.67	REGULAR
Quebrada Pole A. Arriba confluencia al R. Saldaña	3.463	-75.524	C_MSAL_2	0.47	0.56	0.91	0.51	0.15	0.68	0.93	0.60	REGULAR
Acueducto Municipal Ataco	3.549	-75.354	C_MSAL_3	0.38	0.98	0.71	0.46	0.80	0.71	0.64	0.66	REGULAR
Q. La Paipa A. Arriba CP Ataco	3.583	-75.379	C_MSAL_4	0.46	0.99	0.71	0.00	0.80	0.83	0.97	0.67	REGULAR
Q. La Paipa A. Abajo CP Ataco	3.592	-75.389	C_MSAL_5	0.57	0.99	0.91	0.00	0.80	0.73	0.98	0.71	REGULAR
R. Saldaña Brazo 2, A. Arriba CP Ataco	3.594	-75.394	C_MSAL_7	0.65	0.88	0.91	0.65	0.80	0.87	0.61	0.77	ACEPTABLE
Q. Calapicá A. Abajo Relleno Sanitario	3.607	-75.370	C_MSAL_9	0.46	0.99	0.71	0.00	0.80	0.66	0.87	0.64	REGULAR
R. Saldaña A. Arriba confluencia al R. Amoyá	3.650	-75.356	C_MSAL_10	0.61	0.75	0.71	0.58	0.15	1.00	0.76	0.65	REGULAR

En general la subzona hidrográfica del Río Medio Saldaña se categoriza como *"Regular"*. Únicamente se categorizan como "Aceptable" el ICA del Río Saldaña aguas arriba de la confluencia al Río Atá por los Sólidos Suspendidos Totales (0.53) debido a

los procesos de erosión hídrica y transporte de sedimento, y sobre el Río Medio Saldaña Brazo 2 (al norte) aguas arriba del centro poblado de Ataco por los Coliformes Fecales (0.61) a causa de la contaminación difusa de abonos orgánicos con materia fecal y asociados las actividades agropecuarias (***Figura 642***).

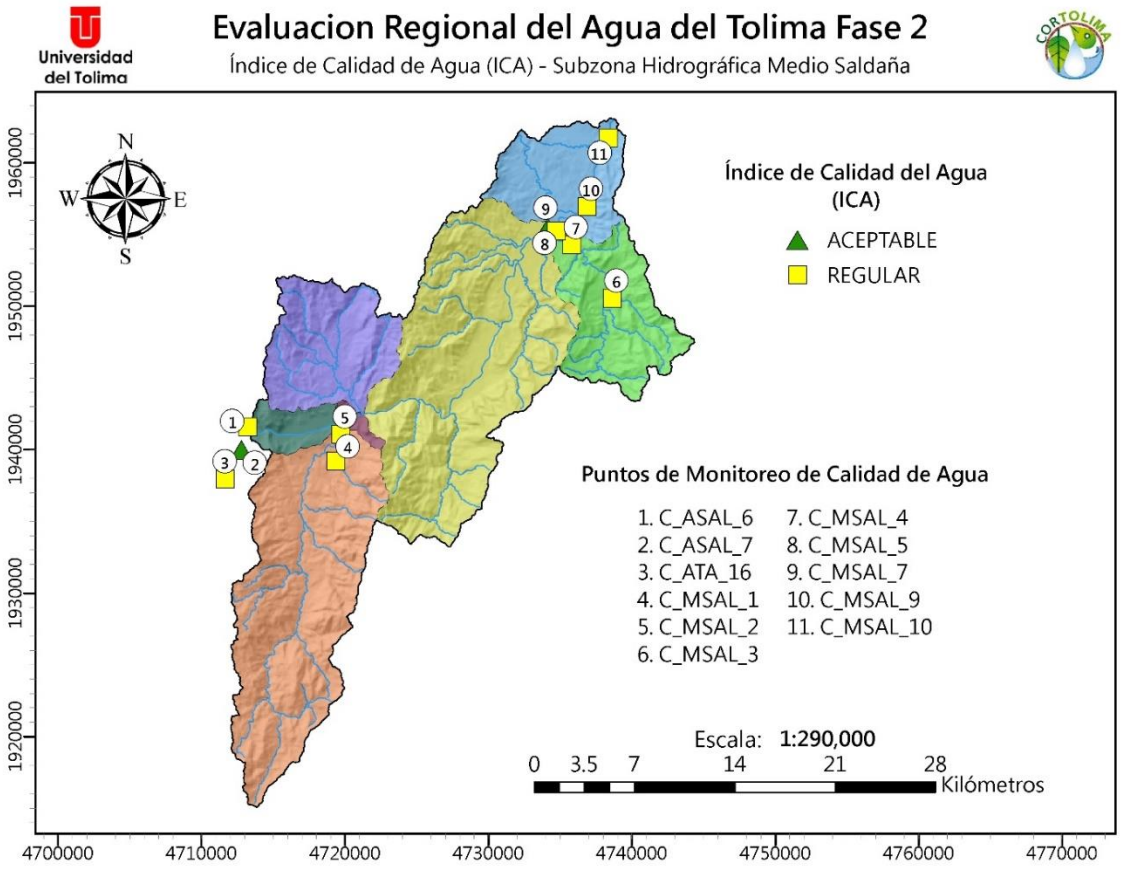


Figura 976*. Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) para la Subzona Hidrográfica del Río Medio Saldaña*

Los principales causante de la "Regular" clasificación del ICA, corresponden a los Sólidos Suspendidos Totales (valores entre los 0.00 a 0.56), la Conductividad Eléctrica (valores entre 0.00 a 0.47) evidenciando una alta presencia de transporte de sedimentos acumulados de las partes altas de las cuencas hidrográficas afluentes aguas arriba de los puntos de monitoreo, y la Relación entre Nitrogeno y Fosforo (valores entre 0.15 a 0.60) evidencian procesos de contenido de materia organica diluida en el caudal del río, probablemente aportada por los sectores agropecuarios presentes en la subzona.

46.1.5. Índice de Calidad del Agua para la Subzona Hidrográfica del Río Alto Saldaña

En la Subzona Hidrográfica del Río Alto Saldaña, el Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) muestra un estado "*Aceptable*" en la parta alta de la cuenca a la altura de la cabecera municipal de Herrera en la confluencia del Río Hereje al Río Saldaña. A su vez, las condiciones de calidad del agua para el abastecimiento de la Asociación de Usuarios del Acueducto de Bilbao ubicado sobre el municipio de Planadas, muestra una condición "*Aceptable*" no representando un riesgo para su consumo (***Tabla 554***).

En la parte media de la cuenca del Río Alto Saldaña, se presenta la confluencia del Río Siquila bajo una condición "*Regular*" de calidad provocado principalmente por valores bajos en los subíndices asociados a los parámetros de coliformes fecales (0.1), relación de nitrógeno total/fosforo total (0.15) y oxígeno disuelto (0.3). Aguas abajo a la altura de la confluencia del Río Cambrín al Río Saldaña, la condición se mantiene en "*Aceptable*" para estas dos corrientes hídricas.

Tabla 706. *Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona Hidrográfica del Río Alto Saldaña*

Descripción Sitio	Lat	Long	Código	IsatOD	ISST	IDQO	ICE	INP	IpH	ICF	ICA	Descriptor
R. Hereje A. Arriba Herrera	3.286	-75.824	C_ASAL_1	0.99	0.99	0.71	0.84	0.80	0.85	0.77	0.85	ACEPTABLE
R. Saldaña A. Arriba Herrera	3.282	-75.819	C_ASAL_2	0.82	0.99	0.71	0.84	0.80	1.00	0.91	0.87	ACEPTABLE
Asoc. de Usuarios del Acueducto Bilbao - Planadas	3.260	-75.733	C_ASAL_3	0.97	0.99	0.91	0.76	0.80	0.99	0.93	0.91	ACEPTABLE
R. Siquila A. Arriba confluencia al R. Saldaña	3.322	-75.738	C_ASAL_4	0.30	0.97	0.71	0.73	0.15	1.00	0.10	0.56	REGULAR
R. Saldaña A. Arriba confluencia del R. Cambrín	3.406	-75.702	C_ASAL_5	0.33	0.87	0.91	0.73	0.80	1.0	0.93	0.79	ACEPTABLE
R. Mendarco A. Arriba confluencia al R. Saldaña	3.468	-75.582	C_ASAL_6	0.63	0.00	0.71	0.47	0.35	0.78	0.93	0.56	REGULAR
R. Saldaña A. Arriba confluencia del R. Atá	3.453	-75.586	C_ASAL_7	0.68	0.53	0.91	0.74	0.80	0.94	0.98	0.79	ACEPTABLE
R. Blanco A. Arriba confluencia al R. Anamichú	3.47	-75.67	C_ANAM_6	0.64	0.13	0.91	0.55	0.15	0.68	0.94	0.57	REGULAR
R. Anamichú A. Arriba confluencia del R. Blanco	3.47	-75.67	C_ANAM_7	0.70	0.95	0.91	0.82	0.80	1.00	0.88	0.86	ACEPTABLE
R. Atá A. Arriba confluencia al R. Saldaña	3.43	-75.60	C_ATA_16	0.56	0.00	0.91	0.71	0.80	1.00	0.93	0.70	REGULAR
R. Cambrín A. Arriba confluencia al R. Saldaña	3.43	-75.70	C_CAMB_2	0.75	0.99	0.91	0.74	0.15	1.00	0.98	0.79	ACEPTABLE

Sobre la parte baja de la cuenca, se presenta el aporte al Río Saldaña por parte del Río Anamichú. Este presenta dos condiciones de calidad antes de su confluencia al Río Saldaña. La primera condición es "*Aceptable*" sobre el Río Anamichú aguas arriba de la confluencia del Río Blanco, y una segunda condición de "*Regular*" sobre el Río Blanco

aguas arriba de la confluencia al Río Saldaña. Otros aportes al Río Saldaña es la del Río Atá y la del Río Mendarco ambos con una condición "*Regular*" de calidad. Esta condición de calidad por parte del Río Mendarco es debido principalmente a valores bajos en los subíndices de sólidos suspendidos totales (0), relación de nitrógeno total/fosforo total (0.35) y conductividad eléctrica (0.47).

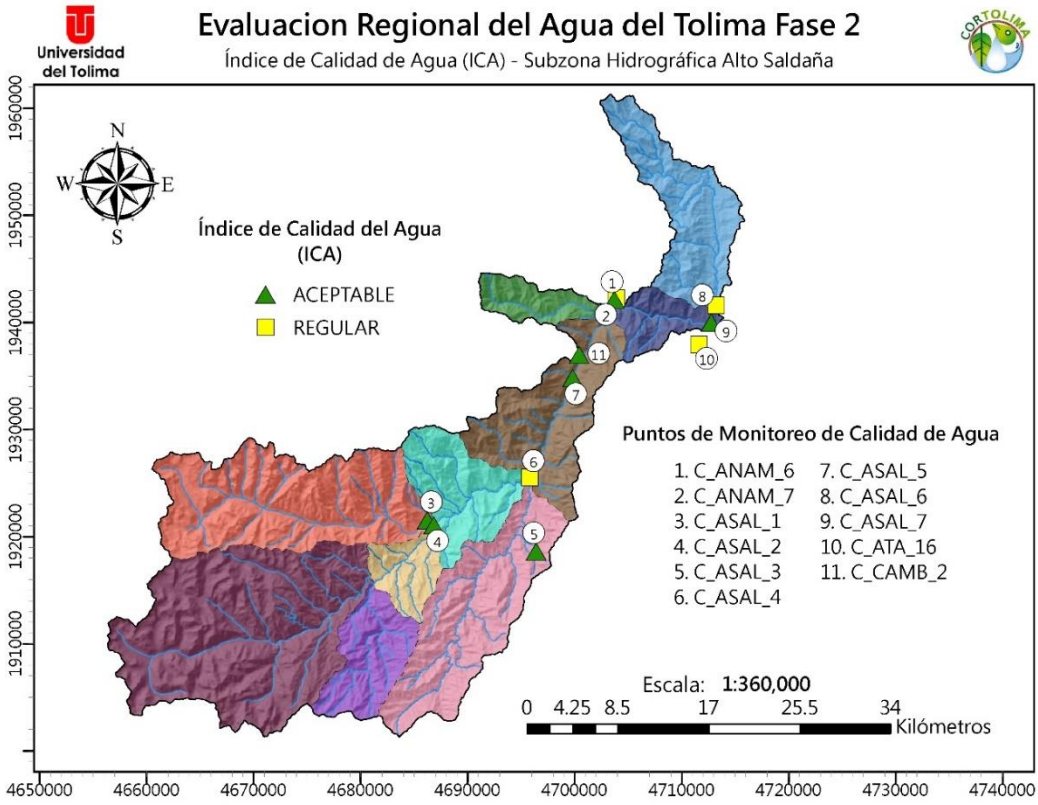


Figura 977. *Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) para la Subzona Hidrográfica del Río Alto Saldaña.*

En términos generales, la Subzona Hidrográfica del Río Alto Saldaña presenta una condición de calidad "*Aceptable*" en la parte alta de la cuenca y sobre su cauce principal, y una condición "*Regular*" por parte de afluentes tales como el Río Siquila debido a posible aporte de carga difusa de origen agropecuario y los Ríos Atá y Mendarco provocado por la alta concentración de sólidos suspendidos en estas corrientes hídricas (**Figura 50**).

46.1.6. Índice de Calidad del Agua para la Subzona Hidrográfica del Río Amoyá

El Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) para la Subzona Hidrográfica del Río Amoyá en su parte alta inicia en condición "*Aceptable*" en la confluencia del Río Amoyá

y el Río El Davis en inmediaciones de la captación por parte de la Central Hidroeléctrica (CH) ISAGEN. Aguas abajo de esta captación, la condición se degrada levemente pasando a "*Regular*" esto debido a la degradación del ecosistema por la intervención antrópica (CH ISAGEN) presentando un valor bajo en la relación del subíndice nitrógeno total/fosforo total (0.15) (***Tabla 555***).

Tabla 707. *Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona Hidrográfica del Río Amoyá*

Descripción Sitio	Lat	Lon	Código	IsatOD	ISST	IDQO	ICE	INP	IpH	ICF	ICA	Descriptor
R. Amoyá El Salado (A. Arriba CH ISAGEN)	3.851	-75.659	C_AMOY_1	0.38	0.99	0.71	0.58	0.80	0.84	0.98	0.75	ACEPTABLE
R. El Davis A. Arriba confluencia R. Amoyá	3.850	-75.657	C_AMOY_2	0.40	0.99	0.71	0.13	0.80	1.00	0.98	0.71	ACEPTABLE
R. Amoyá A. Abajo CH ISAGEN	3.848	-75.653	C_AMOY_3	0.38	0.99	0.91	0.58	0.15	1.00	0.73	0.67	REGULAR
Acueducto Mpal Chaparral - EMPOCHAPARRAL	3.821	-75.589	C_AMOY_4	0.65	0.99	0.91	0.48	0.80	1.00	0.74	0.79	ACEPTABLE
Acueducto Mpal Chaparral - EMPOCHAPARRAL	3.814	-75.584	C_AMOY_5	0.69	0.97	0.91	0.48	0.80	0.68	0.10	0.66	REGULAR
R. Amoyá Vega Chiquita	3.795	-75.569	C_AMOY_7	0.61	0.99	0.91	0.56	0.80	1.00	0.10	0.71	REGULAR
R. Ambeima A. Arriba confluencia R. Amoyá	3.737	-75.569	C_AMOY_8	0.96	0.98	0.91	0.63	0.60	0.70	0.82	0.80	ACEPTABLE
Asoc. Usuarios del Acueducto Rural El Limón/Chaparral	3.641	-75.604	C_AMOY_9	0.98	0.95	0.71	0.58	0.15	0.70	0.83	0.70	REGULAR
R. Amoyá - Captación Acueducto Chaparral	3.714	-75.524	C_AMOY_11	0.68	0.74	0.91	0.66	0.80	1.00	0.98	0.82	ACEPTABLE
Q. Tuluní A. Arriba confluencia R. Amoyá	3.652	-75.482	C_AMOY_12	0.75	0.69	0.71	0.83	0.80	1.00	0.39	0.74	ACEPTABLE
R. Amoyá A. Arriba confluencia R. Saldaña	3.663	-75.403	C_AMOY_15	0.85	0.92	0.91	0.57	0.15	0.61	0.97	0.72	ACEPTABLE
Q. El Neme A. Arriba confluencia R. Amoyá	3.676	-75.360	C_AMOY_16	0.30	0.00	0.51	0.00	0.15	1.00	0.10	0.29	MALO

Aguas debajo de la captación de la CH ISAGEN, se cuentan con dos captaciones para consumo humano, la primera, ubicada sobre el Río Amoyá la cual cuenta con una condición "*Aceptable*" no representando ningún riesgo para su consumo, en contrate con la segunda captación ubicada sobre la Quebrada San Jorge la cual cuenta con una condición "*Regular*" con valores bajos en los subíndices relacionados con los parámetros de coliformes fecales (0.10) indicando posibles problemas de contaminación debido a vertimientos domésticos o la presencia de actividades agropecuarias. Misma condición "*Regular*" se evidencia aguas abajo sobre el Río Amoyá en el sector Vega Chiquita provocado por una alta presencia de coliformes fecales (0.10) en la corriente hídrica (***Figura 636***).

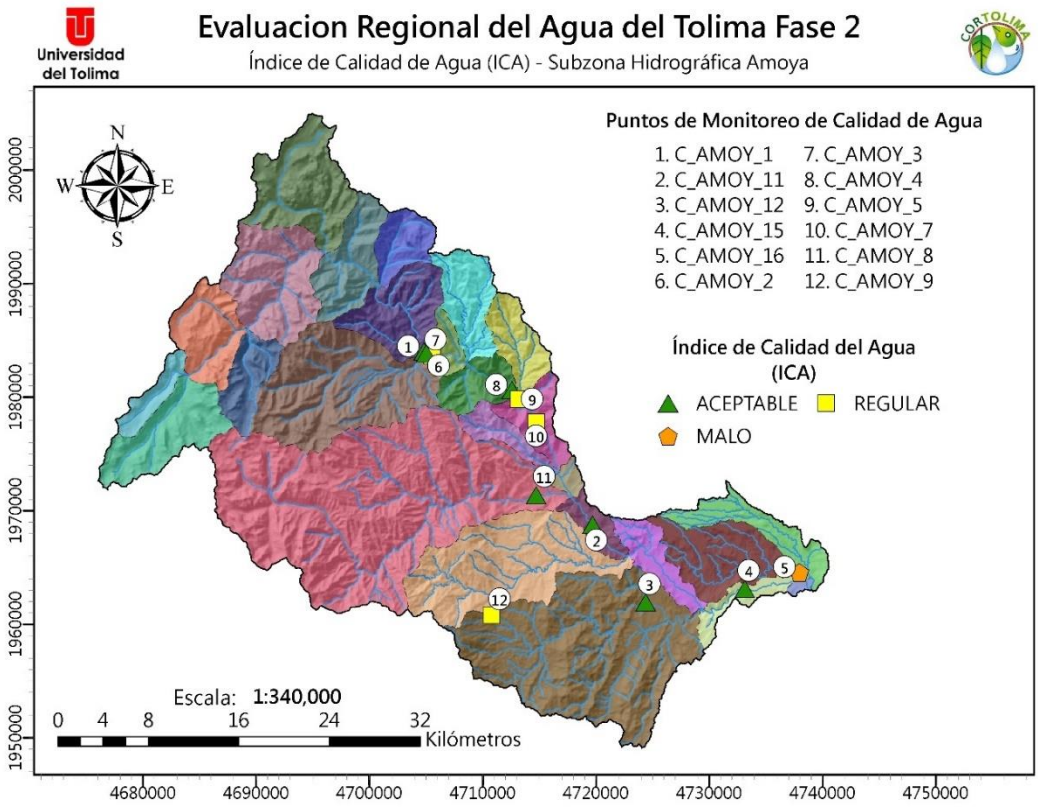


***Figura 978**. Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) para la Subzona Hidrográfica del Río Amoyá.*

En la parte media de la cuenca, se cuenta con el aporte del Río Ambeima el cual presenta una condición "*Aceptable*", situación similar ocurre sobre el Río Amoyá a la altura de la tercera captación por parte del centro poblado del municipio de Chaparral. La Quebrada Tuluní en la parte alta cuenta con una captación para consumo humano de la Asociación de Usuarios del Acueducto Rural El Limón, la cual presenta una condición de calidad "Regular", esto debido a una degradación del ecosistema provocando una baja relación de nitrógeno total/fosforo total ocasionada por la posible presencia de actividades agrícolas o ganaderas. Así mismo, se evidencia una recuperación de este cuerpo de agua antes de su confluencia al Río Amoyá presentando una calidad "*Aceptable*".

En la parte baja del Río Amoyá, se observa una disminución en la calidad del agua debido a la presencia de aporte de carga difusa de origen agropecuario y la alta concentración de sólidos suspendidos totales, lo que se traduce en una categorización como "*Malo*" para la Quebrada El Neme, alterando la condición "*Aceptable*" que el Río Amoyá presenta aguas arriba de la confluencia de este cuerpo hídrico.

46.1.7. Índice de Calidad del Agua para la Subzona Hidrográfica del Río Anamichú

La Subzona Hidrográfica del Río Anamichú en su parte baja, presenta un índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) en condición "Aceptable", específicamente aguas arriba de la confluencia del Río Blanco. Sobre este último, el centro poblado del municipio de Rioblanco cuenta con una captación para su abastecimiento sobre la Quebrada Quebradón, ubicada en la parte alta de la cuenca (Río Blanco) la cual presenta una condición "Aceptable". El Río Blanco a su paso por el centro poblado presenta una condición de calidad "*Aceptable*" la cual se degrada aguas abajo debido a alta concentración de solidos suspendidos totales en condición de turbiedad por parte de la Quebrada Chele la cual afecta su condición de calidad a "*Regular*" con un bajo valor del subíndice relacionado al parámetro de sólidos suspendidos totales (0.35), persistiendo su condición hasta su confluencia al Río Anamichú (***Tabla 556***).

En términos generales, la Subzona Hidrográfica del Río Anamichú presenta una condición de calidad "*Aceptable*" sobre su cauce principal y en la parte alta del Río Blanco, salvo el sector aguas abajo del centro poblado donde la condición de reduce a "*Regular*" (***Figura 637***).

Tabla 708. *Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona Hidrográfica del Río Anamichú*

Descripción Sitio	Lat	Lon	Código	IsatOD	ISST	IDQO	ICE	INP	IpH	ICF	ICA	Descriptor
Acueducto Municipal Rioblanco	3.563	-75.660	C_ANAM_1	0.60	0.99	0.71	0.81	0.80	1.00	0.77	0.81	ACEPTABLE
R. Blanco A. Arriba CP Rioblanco	3.534	-75.643	C_ANAM_2	0.71	0.97	0.71	0.77	0.80	0.93	0.92	0.83	ACEPTABLE
R. Blanco A. Abajo CP Rioblanco	3.516	-75.662	C_ANAM_5	0.65	0.11	0.91	0.69	0.35	1.00	0.95	0.66	REGULAR
R. Blanco A. Arriba confluencia al R. Anamichú	3.473	-75.666	C_ANAM_6	0.64	0.13	0.91	0.55	0.15	0.68	0.94	0.57	REGULAR
R. Anamichú A. Arriba confluencia del R. Blanco	3.472	-75.668	C_ANAM_7	0.70	0.95	0.91	0.82	0.80	1.00	0.88	0.86	ACEPTABLE

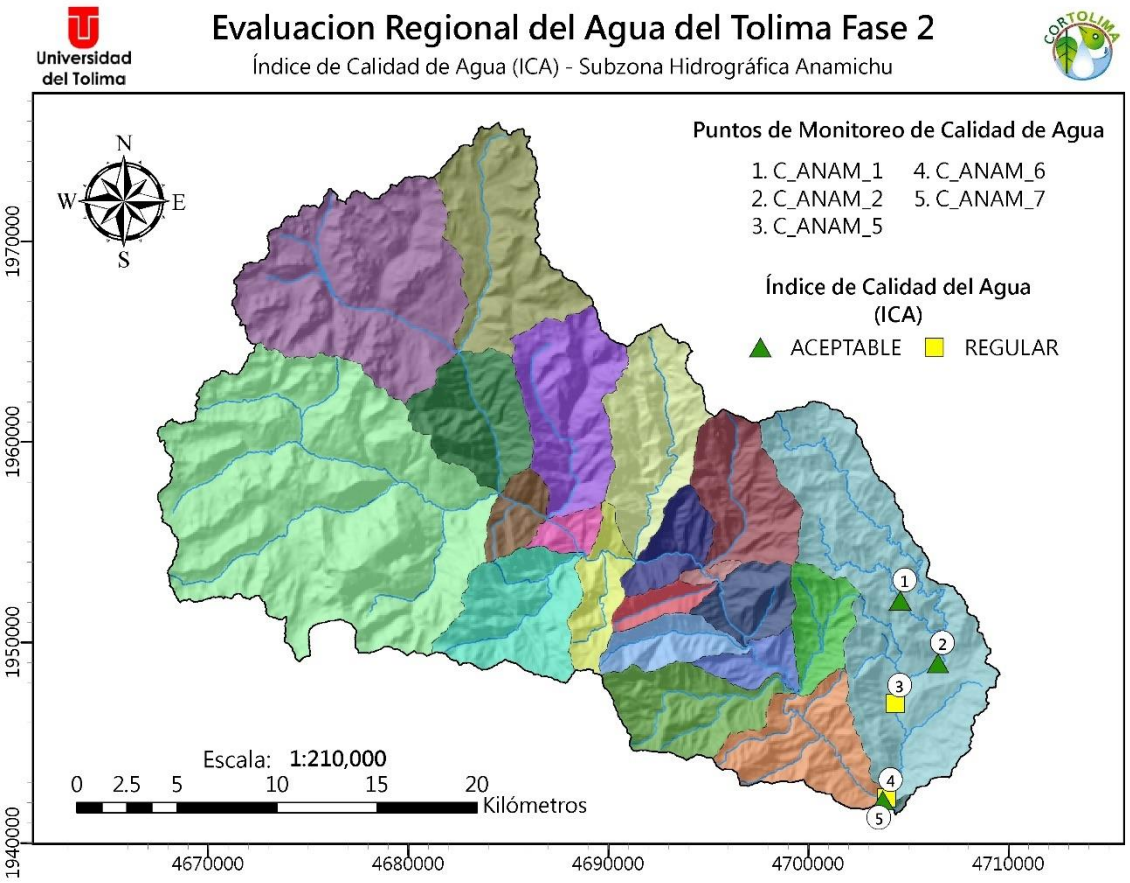


***Figura 979**. Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) para la Subzona Hidrográfica del Río Anamichú.*

46.1.8. Índice de Calidad del Agua para la Subzona Hidrográfica del Río Cambrín

En la Subzona Hidrográfica del Río Cambrín en términos generales se evidencia un Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) en condición "*Aceptable*" tanto en la parte media como en la parte baja de la cuenca hasta su desembocadura al Río Saldaña (***Figura 641***). Aun así, se observa la presencia de carga microbiológica relacionada a coliformes fecales producto de una posible carga difusa de origen pecuario (parte media de la cuenca) y carga difusa de origen agrícola (parte baja de la cuenca) con subíndices del orden ICF = 0.78 y INP = 0.15, respectivamente (***Tabla 560***).

Tabla 709. *Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona Hidrográfica del Río Cambrín*

Descripción Sitio	Lat	Lon	Código	IsatOD	ISST	IDQO	ICE	INP	IpH	ICF	ICA	Descriptor
R. Cambrín Parte Media	3.425	-75.748	C_CAMB_1	0.54	0.99	0.71	0.75	0.35	1.00	0.78	0.73	ACEPTABLE
R. Cambrín A. Arriba confluencia al R. Saldaña	3.426	-75.697	C_CAMB_2	0.75	0.99	0.91	0.74	0.15	1.00	0.98	0.79	ACEPTABLE

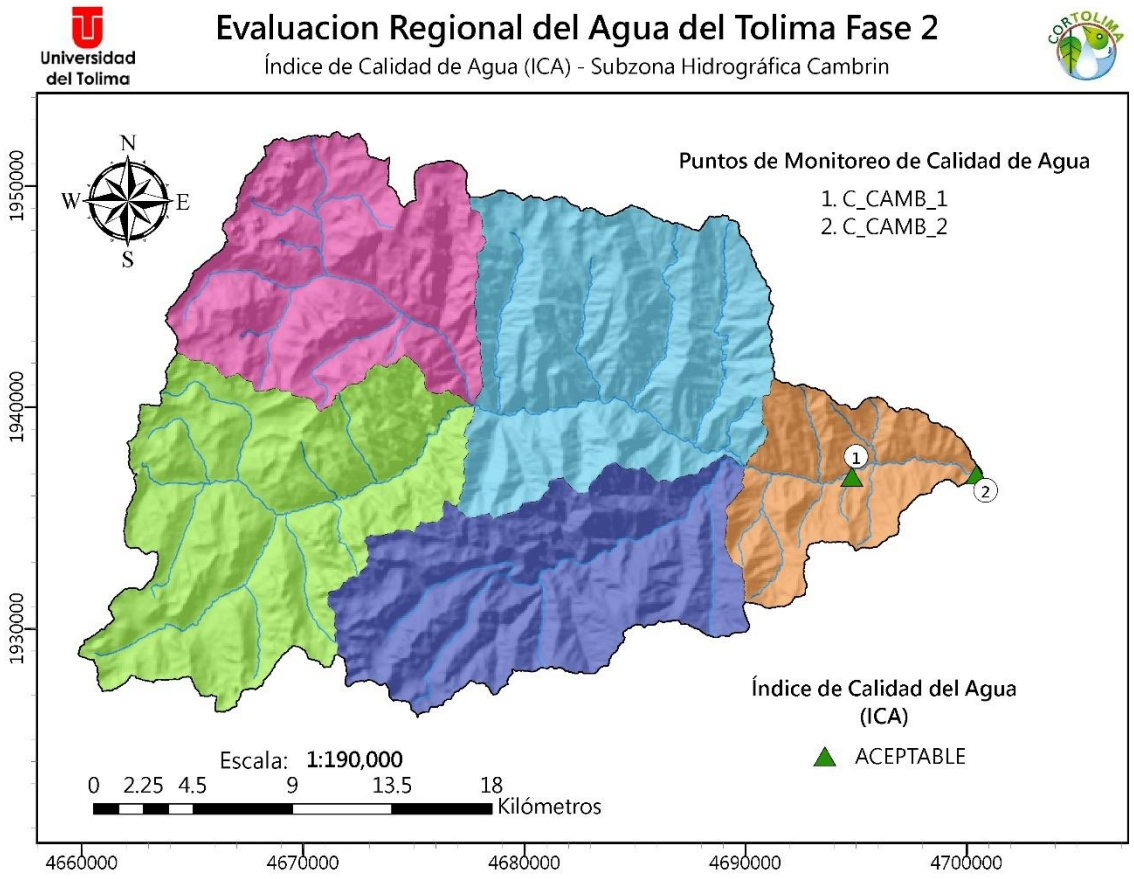


Figura 980*. Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) para la Subzona Hidrográfica del Río Cambrín*

46.1.9. Índice de Calidad del Agua para la Subzona Hidrográfica del Río Atá

La Calidad del Agua Superficial (ICA) en la Subzona Hidrográfica del Río Atá, presenta una condición "*Regular*" en la parte alta de la cuenca a la altura del centro poblado Gaitania debido a posible carga difusa de origen agrícola evidenciándose valores bajos en los subíndices relacionados a parámetros como nitrógeno total/fosforo total (INP = 0.15) y demanda química de oxígeno (IDQO = 0.26) (***Tabla 558***). Debido a su gran capacidad de depuración y oxigenación provocada por las altas

pendientes y la sedimentación de material rocoso sobre la corriente hídrica, el Río Atá sufre un mejoramiento en su calidad siendo este "*Aceptable*" aguas abajo del centro poblado Gaitania (***Figura 639***). Esta misma condición del río se mantiene aguas abajo tanto para la captación por parte de la JAC de la Vereda San Isidro como aguas arriba del centro poblado de Planadas.

El Río Atá antes de su paso por el centro poblado del municipio de Planadas presenta una calidad del agua "*Regular*" provocado por la degradación del ecosistema hídrico por consecuencia de actividades agrícolas evidenciándose bajo valor en el subíndice nitrógeno total/fosforo total (INP = 0.35). Aguas abajo del centro poblado, su degradación persiste en un estado "*Regular*" provocado por la presencia de vertimientos domésticos elevando la concentración principalmente de coliformes fecales perjudicando la calidad del río. Por otro lado, sobre la Quebrada San Pablo, se encuentra situada la captación para el Acueducto Municipal de Planadas presentando una condición "*Aceptable*". Igual condición presenta el Río Claro, siendo este un afluente directo al Río Atá.

Tabla 710. *Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo sobre la Subzona Hidrográfica del Río Atá*

Descripción Sitio	Lat	Lon	Código	IsatOD	ISST	IDQO	ICE	INP	IpH	ICF	ICA	Descriptor
R. Atá A. Arriba CP Gaitania	3.091	-75.677	C_ATA_1	0.53	0.92	0.26	0.64	0.15	1.00	0.98	0.64	REGULAR
R. Atá A. Abajo CP Gaitania	3.100	-75.670	C_ATA_2	0.56	0.90	0.51	0.64	0.80	1.00	0.88	0.75	ACEPTABLE
JAC. Vda. San Isidro/Planadas	3.137	-75.645	C_ATA_3	0.35	0.99	0.91	0.92	0.35	1.00	0.96	0.77	ACEPTABLE
R. Atá A. Arriba CP Planadas	3.173	-75.645	C_ATA_4	0.37	0.92	0.91	0.66	0.35	0.64	0.81	0.66	REGULAR
Municipio de Planadas - Acueducto Municipal	3.210	-75.654	C_ATA_7	0.34	0.98	0.91	0.70	0.80	0.70	0.75	0.73	ACEPTABLE
R. Atá A. Abajo CP Planadas	3.212	-75.634	C_ATA_8	0.71	0.76	0.71	0.65	0.80	1.00	0.10	0.68	REGULAR
Asoc. usuarios acueducto Rural El Paraíso La Cumbre	3.203	-75.724	C_ATA_9	0.85	0.99	0.91	0.88	0.80	0.74	0.98	0.88	ACEPTABLE
R. Claro A. Arriba confluencia al R. Atá	3.266	-75.609	C_ATA_10	0.39	0.97	0.91	0.75	0.80	1.00	0.24	0.72	ACEPTABLE
Q. Montalvo A. Arriba confluencia al R. Atá	3.299	-75.613	C_ATA_11	0.52	0.50	0.91	0.71	0.35	0.65	0.10	0.53	REGULAR
R. Atá A. Arriba CP Santiago Pérez	3.329	-75.613	C_ATA_12	0.55	0.94	0.51	0.39	0.80	0.83	0.27	0.61	REGULAR
Acueducto Santiago Pérez	3.391	-75.597	C_ATA_13	0.36	0.93	0.71	0.65	0.60	1.00	0.25	0.64	REGULAR
R. Atá A. Arriba confluencia al R. Saldaña	3.435	-75.596	C_ATA_16	0.56	0.00	0.91	0.71	0.80	1.00	0.93	0.70	REGULAR

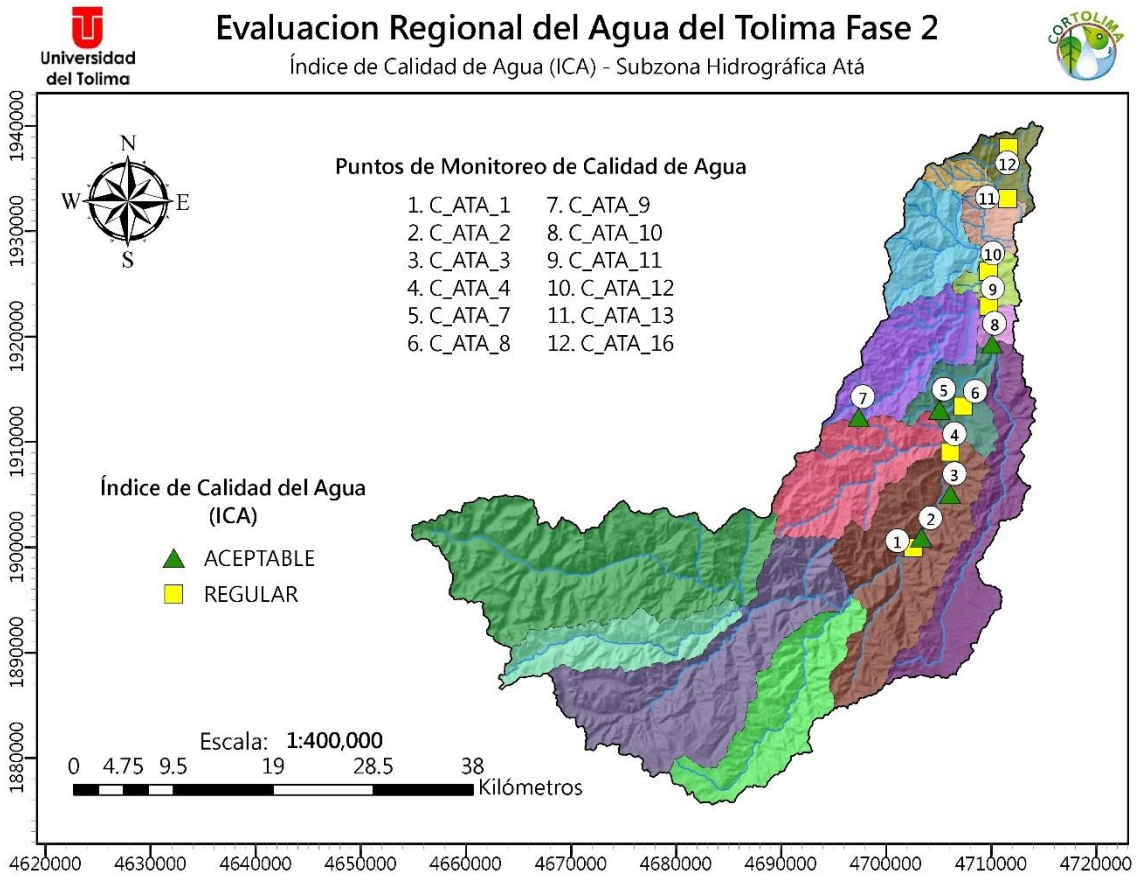


Figura 981. *Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) para la Subzona Hidrográfica del Río Atá*

Otro gran afluente del Río Atá es la Quebrada Montalvo de la cual en su parte alta se encuentra ubicada la captación de la Asociación de Usuarios del Acueducto Rural El Paraíso La Cumbre con una condición "*Aceptable*". Aguas abajo en inmediaciones de su confluencia con el Río Atá, la Quebrada Montalvo degrada su calidad a "*Regular*", esto debido a la presencia de posible carga difusa de origen agropecuario con altas concentraciones de coliformes fecales (ICF = 0.10) y un bajo valor del subíndice en cuanto a la relación nitrógeno total/fosforo total (INP = 0.35). Esta condición "*Regular*" se mantiene sobre el Río Atá a la altura del centro poblado Condor, aunque su condición relativamente mejora no es los suficiente para lograr un descriptivo de calidad mayor.

En la parte baja de la cuenca del Río Atá sobre la Quebrada El Encanto se sitúa la captación por parte el Acueducto de Santiago Pérez la cual presenta una condición de calidad "*Regular*" con presencia de altas concentraciones de coliformes fecales producto de posible carga difusa de origen pecuario. Por último, el Río Atá antes de su

confluencia al Río Saldaña presenta una calidad "*Regular*" debido a altas concentraciones de solidos suspendidos total en la corriente.

46.2. Índice de Alteración Potencial de la calidad del agua - IACAL

Las cargas de la demanda bioquímica de oxígeno – DBO_5, sólidos suspendidos totales – SST, nitrógeno total – NT y fósforo total -PT fueron calculados para diferentes tramos o unidades de análisis de la calidad del agua definidos previamente, para las corrientes principales. Estas cargas se acumulan hacia aguas abajo con el fin de realizar la determinación del Índice de Alteración Potencial de la calidad del agua-IACAL para polígonos con puntos de cierre en zonas de interés, de forma que permiten mostrar la dinámica de presión relacionada con cambios en la carga aportada hacia aguas abajo, así como el caudal disponible para realizar la dilución de dichas cargas, a partir de la Oferta Hídrica.

En el Presente estudio se utilizó para la determinación del IACAL, la Oferta Hídrica Total Superficial para año medio y para año seco, con el fin de mantener concordancia con los diferentes Estudios Nacionales del AGUA – ENA emitidos desde el año 2010 por el IDEAM, así como lo descrito en los Lineamientos Metodológicos para las Evaluaciones Regionales del Agua (IDEAM 2013) y la hoja metodológica Versión 1,1 (IDEAM, 2020). En este último documento se define la Oferta Hídrica Total Superficial - OHTS como el volumen de agua que escurre por la superficie e integra los sistemas de drenaje superficial. Es el agua que fluye por la superficial del suelo, que no se infiltra o se evapora y se concentra en los causes de los ríos/o cuerpos de agua léntico.

Se analiza un total de cuatro (4) escenarios para el análisis del IACAL por cada una de las nueve (9) subzonas hidrográficas. Para lo cual se consideran las dos (2) condiciones de la OHT (año Seco y año Medio) así como dos (2) condiciones de carga (Meta año 2020 y Seguimiento de la Meta 2020).

Tabla 711. Escenarios de Oferta y Carga para el cálculo del IACAL

Número	Nombre	Oferta Hídrica	Carga
1	E1SECO	OHT año Seco	Meta proyectada 2020
2	E2SECO		Seguimiento de Meta 2020
3	E1MEDIO	OHT año Medio	Meta proyectada 2020
4	E2MEDIO		Seguimiento de Meta 2020

La fórmula general de cálculo del indicador es la siguiente:

$$IACAL_{jt-añomed} = \frac{\sum_{i=1}^{n} catiacal_{ijt-añomed}}{n}$$

Las categorías de presión con los respectivos rangos que se asignarán a cada variable se muestran en la *Tabla 712*.

Tabla 712 Categorización IACAL. (Fuente: IDEAM, 2013)

Rangos	Categoría de clasificación	Calificación de la presión
1,0 a 1,5	1	Baja
1,6 a 2,5	2	Moderada
2,6 a 3,5	3	Media-Alta
3,6 a 4,4	4	Alta
4,5 a 5,0	5	Muy Alta

46.2.1. IACAL para la subzona hidrográfica del Río Patá

En la parte alta de la cuenca en el sector comprendido por el tramo PATA_03 se presentan aportes potenciales significativos de carga contaminante proveniente del beneficio del café, que lleva en condición de año seco a una presión MODERADA a la contaminación en los escenarios de Meta en carga (E1) y Carga aportada (E2), sin embargo, la presión se reduce en época de año medio por el efecto de dilusión que implica un mayor caudal llevando el IACAL a una clasificación BAJA en ambos escenarios (*Tabla 564*).

Conforme el flujo del cuerpo de agua principal del río Patá se desplaza hacia aguas abajo en las unidades de análisis PATA_02 y PATA_01 recibe aportes adicionales de caudal que inciden positivamente en la capacidad de autoasimilación de la carga contaminante llevando el IACAL a una categoría BAJA aún en las condiciones de mayor estiaje (escenario de año seco), por lo que se evidencia un bajo impacto de las cargas contaminantes de origen antrópico en esta subzona hidrográfica (*Figura* 644, *Figura* 645, *Figura* 646, *Figura* 647).

Tabla 713. Determinación del IACAL en la subzona hidrográfica del Rio Patá (OHT)

Tramo o Unidad de Análisis	OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO SECO (MMC/Año)	IACAL AÑO SECO		OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO MEDIO (MMC/Año)	IACAL AÑO MEDIO	
		E1SECO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2SECO - Seguimiento de Meta 2020		E1MEDIO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2MEDIO - Seguimiento de Meta 2020
PATA_01PARCIAL	283,2	BAJA	BAJA	485,3	BAJA	BAJA
PATA_02 PARCIAL	229,1	BAJA	BAJA	388,1	BAJA	BAJA
PATA_03 PARCIAL	115,4	MODERADA	MODERADA	212,6	BAJA	BAJA

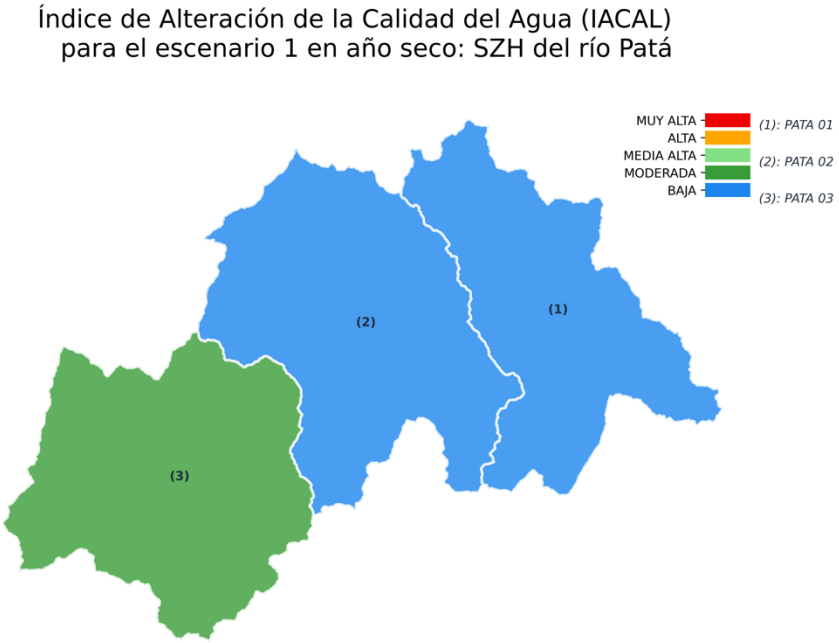


Figura 982. *IACAL OHT Año Seco y meta en carga (E1SECO) para subzona hidrográfica del Rio Patá*

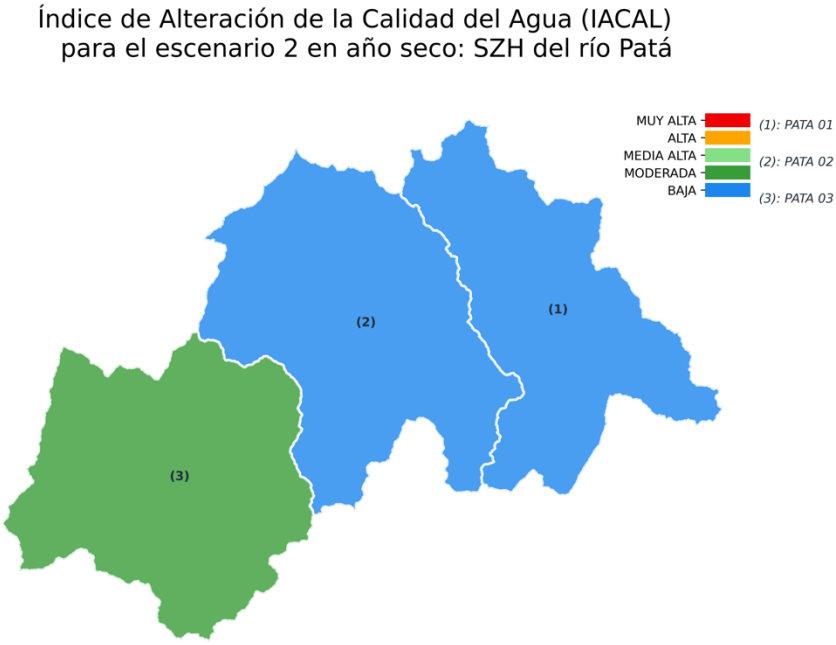


Figura 983. *IACAL OHT Año Seco y carga aportada (E2SECO) para subzona hidrográfica del Rio Patá*

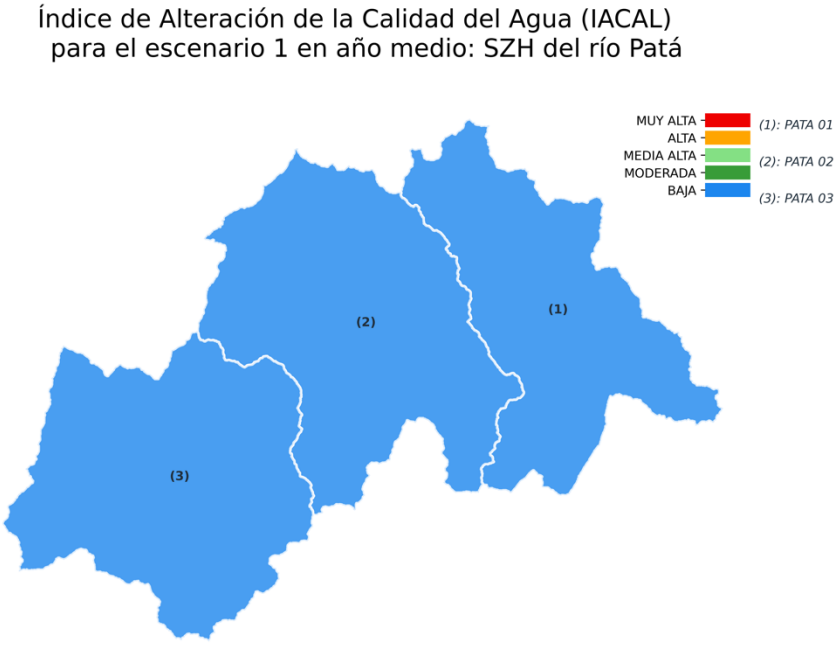


Figura 984. *IACAL OHT Año Medio y meta en carga (E1MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Patá*

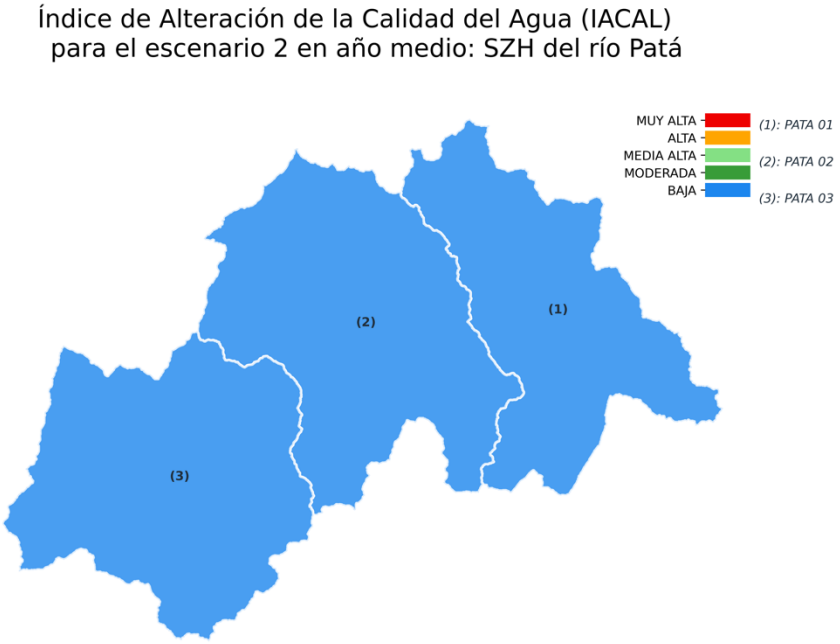


Figura 985. *IACAL OHT Año Medio y carga aportada (E2MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Patá*

46.2.2. IACAL para la SZH del río Chenche, Anchique y drenajes Directos al Magdalena

En la unidad hidrográfica del río Anchique se identifica desde su divisoria de aguas en la parte alta hasta su confluencia al río Magdalena que no se presentan vertimientos de origen antrópico que generen cargas contaminantes puntuales, es por ello que sus unidades de análisis DIRMAG_ANCHIQUE_01, DIRMAG_ANCHIQUE_02 y DIRMAG_ANCHIQUE_03 presentan un IACAL de categoría BAJA para año seco y año medio en los dos escenarios de carga (*Tabla 565*).

En la quebrada Guaguarco (unidad DIRMAG_GUAGUARCO), se presentan aportes de carga por el sector de Minería, los cuales logran ser diluidos por el caudal del afluente al llevar el IACAL a una categoría BAJA en ambas condiciones hidrológicas en los dos escenarios evaluados en Meta de carga y Carga vertida, implicando un bajo impacto de esta actividad productiva en cuanto a presión por contaminación en el cuerpo de agua.

En la unidad de análisis DIRMAG_HILARCO se presenta un IACAL BAJO en las condiciones hidrológicas de año seco y medio debido a que no se identificaron cargas puntuales sobre el cuerpo de agua principal del río Hilarco.

La quebrada Yaco (DIRMAG_YACO) presenta un aporte de carga por el sector minería de oro que implica una presión MODERADA a la contaminación del agua tanto en año seco como en año medio, para los dos escenarios de carga evaluados (Meta de Carga y Carga Vertida). En cuanto a la quebrada Naturco, se observa una presión MUY ALTA a la contaminación de origen doméstico asociado al vertimiento de aguas residuales del centro urbano de Natagaima, condición que se mantiene en ambos escenarios de carga para año seco. El impacto potencial de esta carga no logra reducirse en año hidrológico medio para el escenario de Meta de carga, mientras que para el escenario de carga vertida solamente se reduce hasta una presión ALTA por contaminación (*Figura* 650 y *Figura* 651).

En la parte alta del río Chenche no se evidencian vertimientos que generen cargas contaminantes que impliquen presión por contaminación en las unidades de análisis DIRMAG_CHENCHE_02, DIRMAG_CHENCHE_03 y DIRMAG_CHENCHE_04, por lo que los valores de IACAL alcanzan una categoría BAJA en ambos escenarios para las dos condiciones hidrológicas (año medio y año seco). En contraste, la unidad DIRMAG_CHENCHE_01 ubicada en la parte baja de la subzona hidrográfica se evidencian aportes de carga contaminante de origen doméstico principalmente, que para el escenario de Meta de carga no logra generar una presión por contaminación en el cauce principal del río Chenche en año seco ni en año medio alcanzando un IACAL BAJO, sin embargo, para el escenario Carga vertida se observa presión MEDIA ALTA

por la contaminación en el río en ambas condiciones hidrológicas (*Tabla 565*, *Figura* 649 y *Figura* 651).

Tabla 714. Determinación del IACAL en la SZH del río Chenche, Anchique y drenajes directos al Magdalena (OHT)

Tramo o Unidad de Análisis	OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO SECO (MMC/Año)	IACAL AÑO SECO		OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO MEDIO (MMC/Año)	IACAL AÑO MEDIO	
		E1SECO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2SECO - Seguimiento de Meta 2020		E1MEDIO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2MEDIO - Seguimiento de Meta 2020
DIRMAG_ANCHIQUE_01 PARCIAL	79,52	BAJA	BAJA	154,8	BAJA	BAJA
DIRMAG_ANCHIQUE_02 PARCIAL	58,47	BAJA	BAJA	115,4	BAJA	BAJA
DIRMAG_ANCHIQUE_03 PARCIAL	38,02	BAJA	BAJA	71,9	BAJA	BAJA
DIRMAG_GUAGUARCO_TOTAL	19,8	BAJA	BAJA	49,3	BAJA	BAJA
DIRMAG_HILARCO_TOTAL	12,4	BAJA	BAJA	31,1	BAJA	BAJA
DIRMAG_YACO_TOTAL	13,02	MODERADA	MODERADA	29,22	MODERADA	MODERADA
DIRMAG_NATURCO_TOTAL	4,11	MUY ALTA	MUY ALTA	8,49	MUY ALTA	ALTA
DIRMAG_CHENCHE_01 PARCIAL	54,22043656	BAJA	MEDIA ALTA	85,1	BAJA	MEDIA ALTA
DIRMAG_CHENCHE_02 PARCIAL	36,558907	BAJA	BAJA	64,0	BAJA	BAJA
DIRMAG_CHENCHE_03 PARCIAL	10,18709494	BAJA	BAJA	23,6	BAJA	BAJA
DIRMAG_CHENCHE_04 PARCIAL	0	BAJA	BAJA		BAJA	BAJA

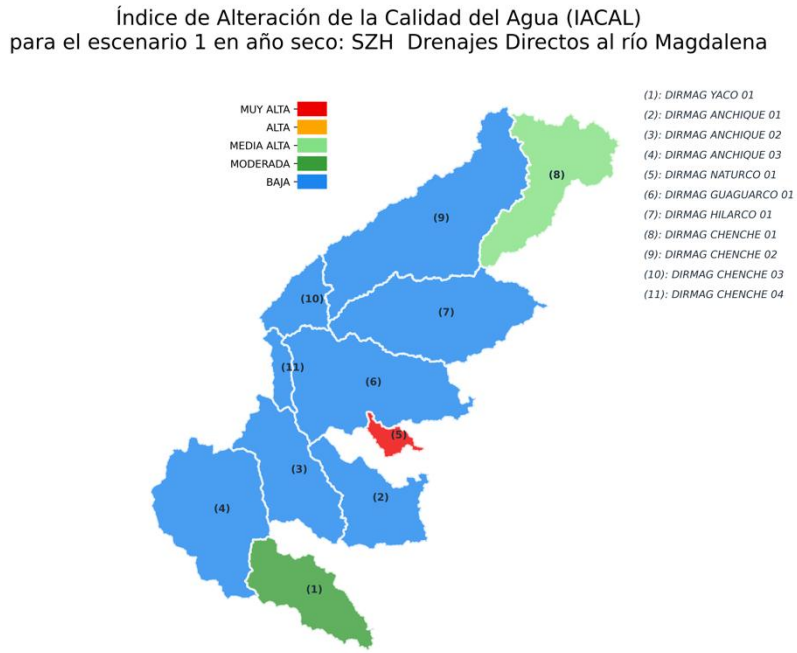


Figura 986. *IACAL OHT Año Seco y meta en carga (E1SECO) en* la SZH del río Chenche, Anchique y *drenajes directos al Magdalena*

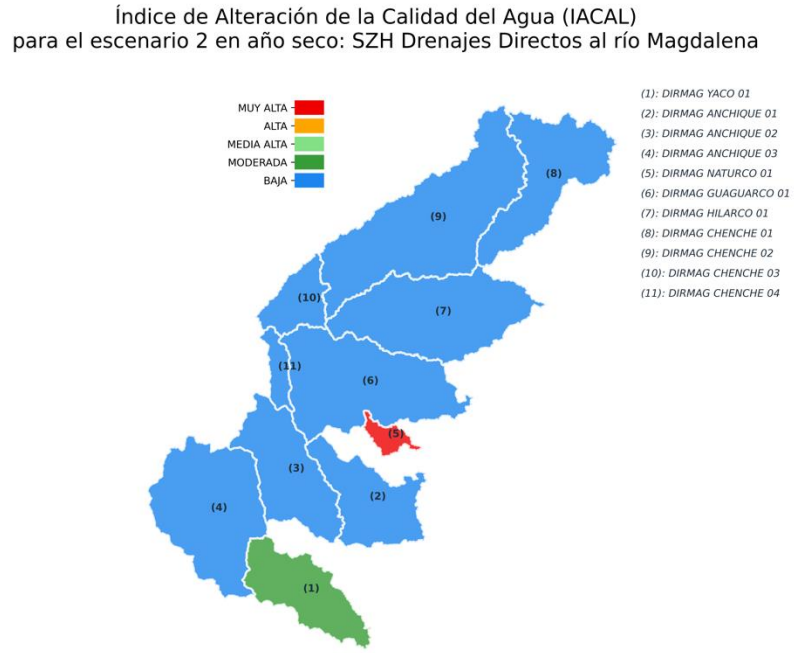


Figura 987. *IACAL OHT Año Seco y carga aportada (E2SECO) en* la SZH del río Chenche, Anchique y *drenajes directos al Magdalena*

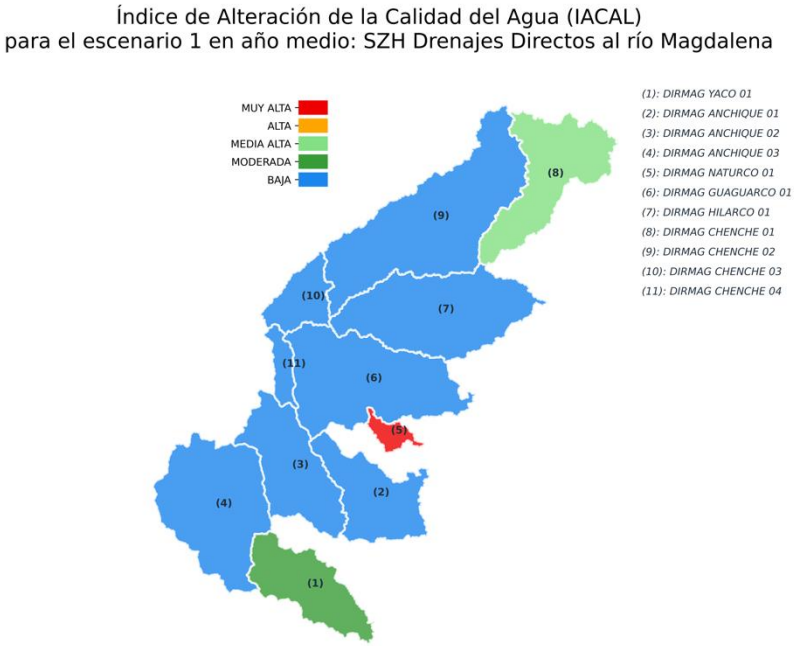


Figura 988. *IACAL OHT Año Medio y meta en carga (E1MEDIO) en* la SZH del río Chenche, Anchique y *drenajes directos al Magdalena*

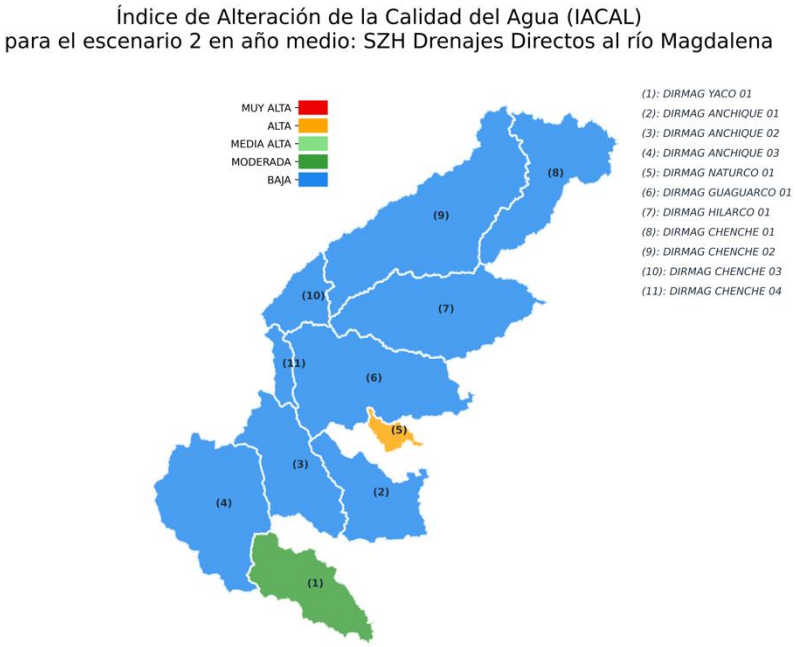


Figura 989. *IACAL OHT Año Medio y carga aportada (E2MEDIO) en* la SZH del río Chenche, Anchique y *drenajes directos al Magdalena*

46.2.3. IACAL para la subzona hidrográfica Bajo Saldaña

En la subzona Bajo Saldaña se identifican cargas potenciales aportantes provenientes de los sectores usuarios doméstico y minería de oro, de las cuales las únicas unidades de análisis que no presentan cargas potenciales son BAJO_SALD_01, BAJO_SALD_05, BAJO_SALD_07 yBAJO_SALD_09, por lo que presentan una presión BAJA a la contaminación evaluada mediante el IACAL (*Tabla 566*). Las unidades BAJO_SALD_02, BAJO_SALD_04, y BAJO_SALD_06 corresponden al cauce principal del río Saldaña, presentan cargas domésticas provenientes de los sectores urbanos Guaipa, Coyaima, y Saldaña, debido al alto caudal transportado por el cuerpo de agua en este sector, las cargas son autoasimiladas generando una presión por contaminación BAJA según el IACAL. En relación con la unidad BAJO_SALD_09 se evidencian cargas potenciales de origen minero, cuyo IACAL representa BAJA presión por contaminación debido al efecto de dilución en la corriente principal del río Saldaña. La unidad BAJO_SALD_03 corresponde a la quebrada Lemayá, que es fuente receptora de vertimientos domésticos del municipio del Guamo a través de la PTAR Lemayá, que genera una carga potencial que representa una presión ALTA a la contaminación en el escenario Meta de carga, y MEDIA ALTA en el escenario de Carga vertida en ambas condiciones hidrológicas de año medio y año seco (*Figura* 652, *Figura* 653, *Figura* 654 y *Figura* 655).

Tabla 715. Determinación del IACAL en la subzona hidrográfica del Rio Bajo Saldaña (OHT)

Tramo o Unidad de Análisis	OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO SECO (MMC/Año)	IACAL AÑO SECO		OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO MEDIO (MMC/Año)	IACAL AÑO MEDIO	
		E1SECO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2SECO - Seguimiento de Meta 2020		E1MEDIO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2MEDIO - Seguimiento de Meta 2020
BAJO SALD_01 PARCIAL	5436,6	BAJA	BAJA	8783,6	BAJA	BAJA
BAJO SALD_02 PARCIAL	5436,4	BAJA	BAJA	8785,9	BAJA	BAJA
BAJO SALD_03 PARCIAL	18,0	MEDIA ALTA	ALTA	17,1	MEDIA ALTA	ALTA
BAJO SALD_04 PARCIAL	5409,2	BAJA	BAJA	8759,4	BAJA	BAJA
BAJO SALD_05 PARCIAL	5384,3	BAJA	BAJA	8383,6	BAJA	BAJA
BAJO SALD_06 PARCIAL	4838,8	BAJA	BAJA	7546,3	BAJA	BAJA
BAJO SALD_07 PARCIAL	24,8	BAJA	BAJA	49,1	BAJA	BAJA
BAJO SALD_08 PARCIAL	4807,3	BAJA	BAJA	7487,0	BAJA	BAJA
BAJO SALD_09 PARCIAL	4781,7	BAJA	BAJA	7433,4	BAJA	BAJA

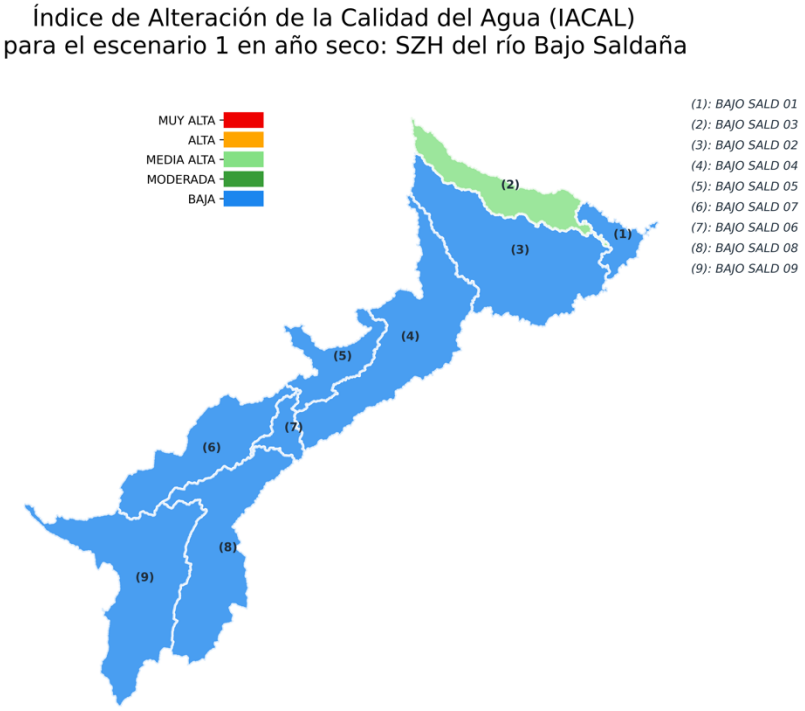


Figura 990. *IACAL OHT Año Seco y meta en carga (E1SECO) para subzona hidrográfica del Rio Bajo Saldaña*

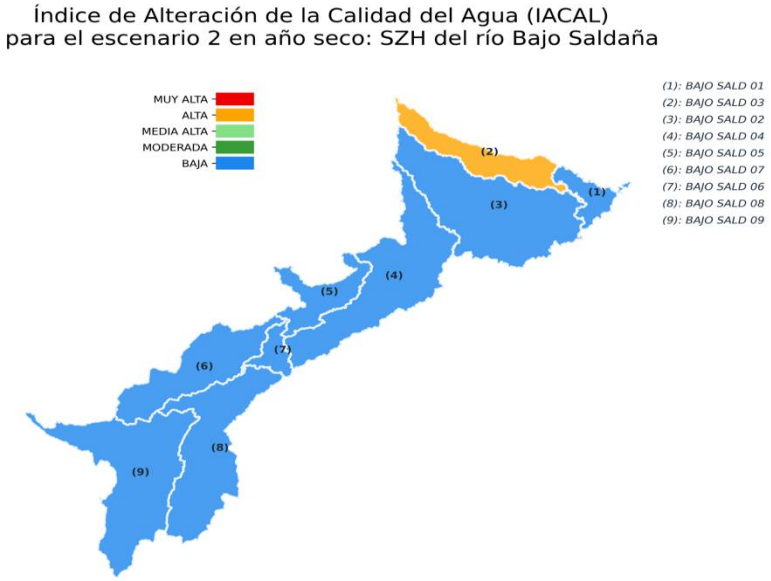


Figura 991. *IACAL OHT Año Seco y carga aportada (E2SECO) para subzona hidrográfica del Rio Bajo Saldaña*

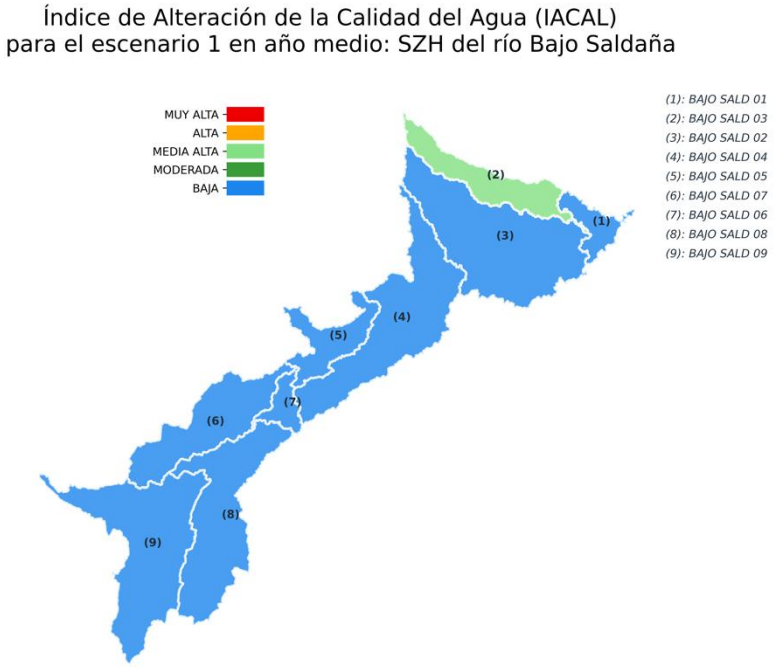


Figura 992. *IACAL OHT Año Medio y meta en carga (E1MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Bajo Saldaña*

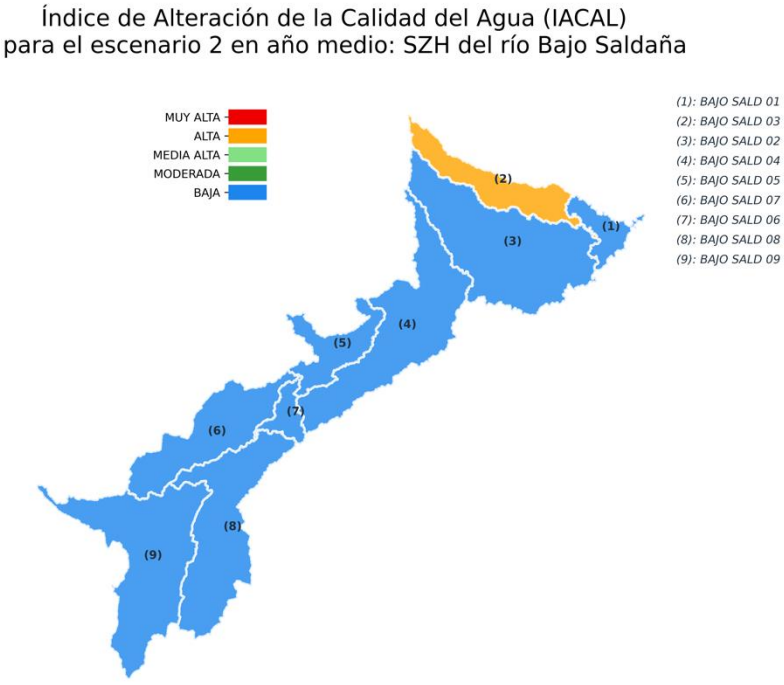


Figura 993. *IACAL OHT Año Medio y carga aportada (E2MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Bajo Saldaña*

46.2.4. IACAL para la subzona hidrográfica del Río Medio Saldaña

La unidad MEDIOSALD_06 presenta cargas contaminantes potenciales por el beneficio del café que conlleva a la ocurrencia de una presión ALTA por contaminación según el IACAL, condición que se mantiene en las dos épocas hidrológicas (año medio y año seco) para ambos escenarios de carga evaluados (*Tabla 567*). Las unidades MEDIOSALD_05, MEDIOSALD_04, MEDIOSALD_02, y MEDIOSALD_01 en los escenarios de Metas de carga y Carga vertida presentan aportes de carga contaminante proveniente de los sectores minería, beneficio del café, y doméstico proveniente del centro urbano de Ataco (vertimiento Batallón CP Ataco), sin embargo, corresponden a tramos del cauce principal del río Saldaña cuya magnitud de flujo en ambas condiciones hidrológicas permite una alta asimilación de la carga generando una BAJA presión por contaminación según el IACAL (*Figura* 656, *Figura* 657, *Figura* 658 y *Figura* 659).

La unidad de análisis DEDIOSALD_03 corresponde a la unidad hidrográfica quebrada Paipa, que presenta en ambos escenarios de carga aportante del sector minería en una baja proporción en contraste con el caudal de dilución generando una presión BAJA en ambas condiciones hidrológicas según el IACAL.

Tabla 716. Determinación del IACAL en la subzona hidrográfica del Rio Medio Saldaña (OHT)

Tramo o Unidad de Análisis	OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO SECO (MMC/Año)	IACAL AÑO SECO		OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO MEDIO (MMC/Año)	IACAL AÑO MEDIO	
		E1SECO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2SECO - Seguimiento de Meta 2020		E1MEDIO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2MEDIO - Seguimiento de Meta 2020
MEDIOSALD_01 PARCIAL	**3318,904625**	BAJA	BAJA	5451,62969	BAJA	BAJA
MDIO SALD_02 PARCIAL	3239,595688	BAJA	BAJA	5343,364693	BAJA	BAJA
MDIO SALD_03 PARCIAL	43,75262028	BAJA	BAJA	58,72705603	BAJA	BAJA
MDIO SALD_04 PARCIAL	3130,753852	BAJA	BAJA	5190,990236	BAJA	BAJA
MDIO SALD_05 PARCIAL	2937,177503	BAJA	BAJA	4899,649171	BAJA	BAJA
MEDIO SALD_06 PARCIAL	111,7629955	ALTA	ALTA	166,9381537	ALTA	ALTA



Figura 994. *IACAL OHT Año Seco y meta en carga (E1SECO) para subzona hidrográfica del Rio Medio Saldaña*

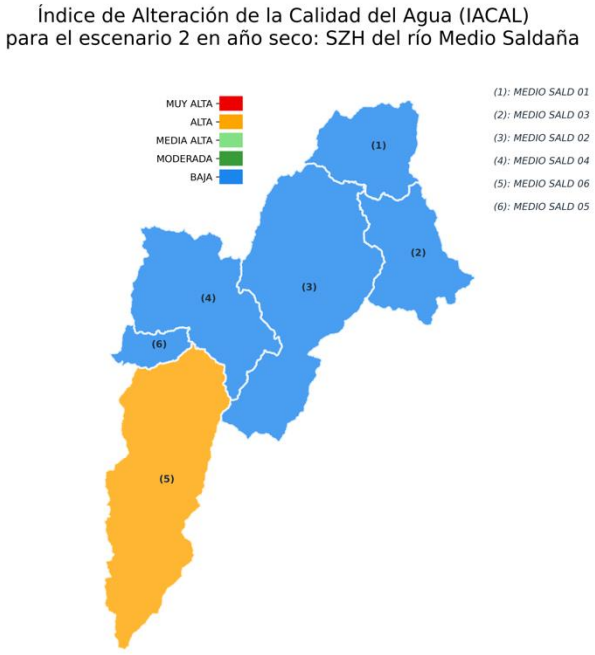


Figura 995. *IACAL OHT Año Seco y carga aportada (E2SECO) para subzona hidrográfica del Rio Medio Saldaña*

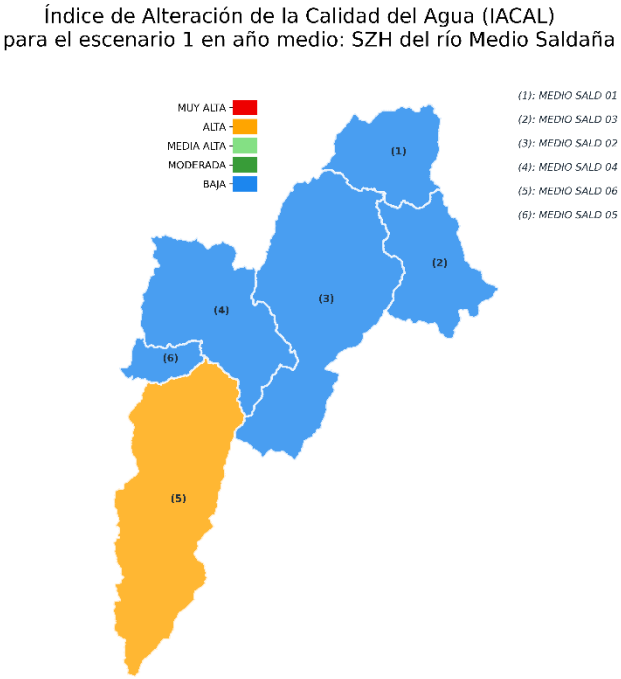


Figura 996. *IACAL OHT Año Medio y meta en carga (E1MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Medio Saldaña*

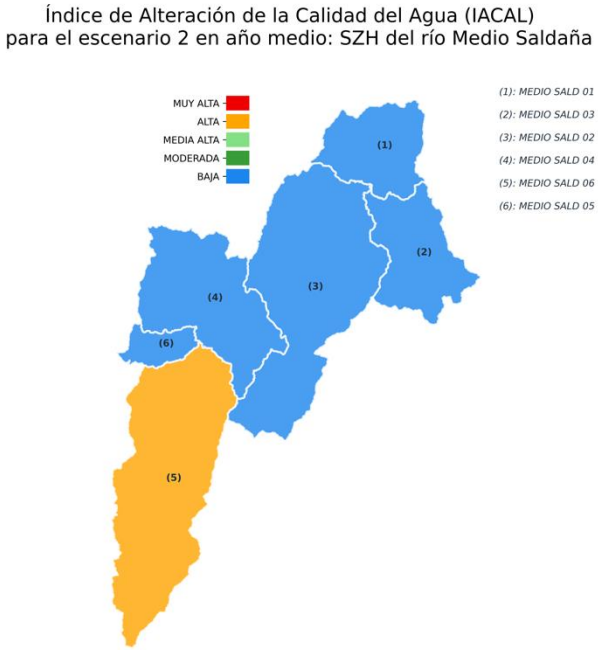


Figura 997. *IACAL OHT Año Medio y carga aportada (E2MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Medio Saldaña*

46.2.5. IACAL para la subzona hidrográfica del Río Alto Saldaña

Las 10 unidades de análisis del IACAL presentan aportes de carga contaminante proveniente del beneficio de café en los dos escenarios evaluados, sin embargo, las unidades ALTOSALD_01¸ ALTOSALD_02, ALTOSALD_03, ALTOSALD_05, ALTOSALD_06, ALTOSALD_09, y ALTOSALD_010 evidencian una presión BAJA a la contaminación según el IACAL en las condiciones de año seco y año medio para los dos escenarios de carga evaluados, lo cual se debe a que los afluentes asociados aportan caudales suficientes para autoasimilar la carga (*Tabla 568*). En la unidad ALTOSALD_07 se identifican cargas provenientes del beneficio del café y de origen doméstico desde el corregimiento de Herrera, por lo que su presión por contaminación en la unidad es MODERADA en ambos escenarios para año hidrológico medio, que se hace más crítico en el año hidrológico seco al pasar a una presión MEDIA ALTA por contaminación en los dos escenarios (*Figura* 660 y *Figura* 661).

Las unidades ALTOSALD_04 Y ALTOSALD_08 tienen una presión MEDIA ALTA a la contaminación en año hidrológico medio para los dos escenarios de carga aportados por beneficio de café y doméstico. En la condición de año seco, se incrementa la presión a una clasificación ALTA debido a la reducción del caudal perdiendo capacidad de autoasimilación de la carga contaminante en ambos escenarios.

Tabla 717. Determinación del IACAL en la subzona hidrográfica del Rio Alto Saldaña (OHT)

Tramo o Unidad de Análisis	OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO SECO (MMC/Año)	IACAL AÑO SECO		OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO MEDIO (MMC/Año)	IACAL AÑO MEDIO	
		E1SECO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2SECO -Seguimiento de Meta 2020		E1MEDIO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2MEDIO - Seguimiento de Meta 2020
ALTOSALD_01 PARCIAL	1694,02	BAJA	BAJA	3002,00	BAJA	BAJA
ALTOSALD_02 PARCIAL	88,80	BAJA	BAJA	144,80	BAJA	BAJA
ALTOSALD_03 PARCIAL	1120,78	BAJA	BAJA	1822,43	BAJA	BAJA
ALTOSALD_04 PARCIAL	20,05	ALTA	ALTA	40,26	MEDIA ALTA	MEDIA ALTA
ALTOSALD_05 PARCIAL	1093,64	BAJA	BAJA	1771,87	BAJA	BAJA
ALTOSALD_06 PARCIAL	626,12	BAJA	BAJA	960,01	BAJA	BAJA
ALTOSALD_07 PARCIAL	469,61	MEDIA ALTA	MEDIA ALTA	718,46	MODERADA	MODERADA
ALTOSALD_08 PARCIAL	83,73	ALTA	ALTA	139,52	MEDIA ALTA	MEDIA ALTA
ALTOSALD_09 PARCIAL	299,77	BAJA	BAJA	450,06	BAJA	BAJA
ALTOSALD_10 PARCIAL	136,66	BAJA	BAJA	210,75	BAJA	BAJA

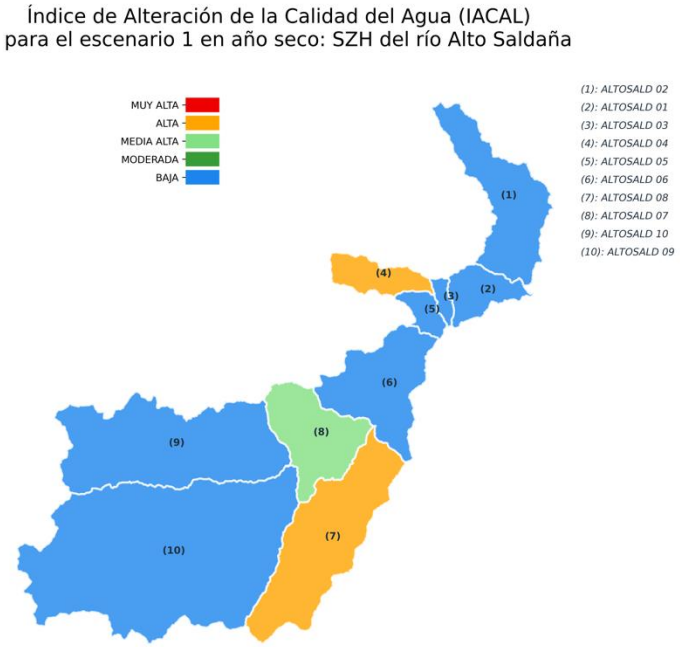


Figura 998. *IACAL OHT Año Seco y meta en carga (E1SECO) para subzona hidrográfica del Rio Alto Saldaña*

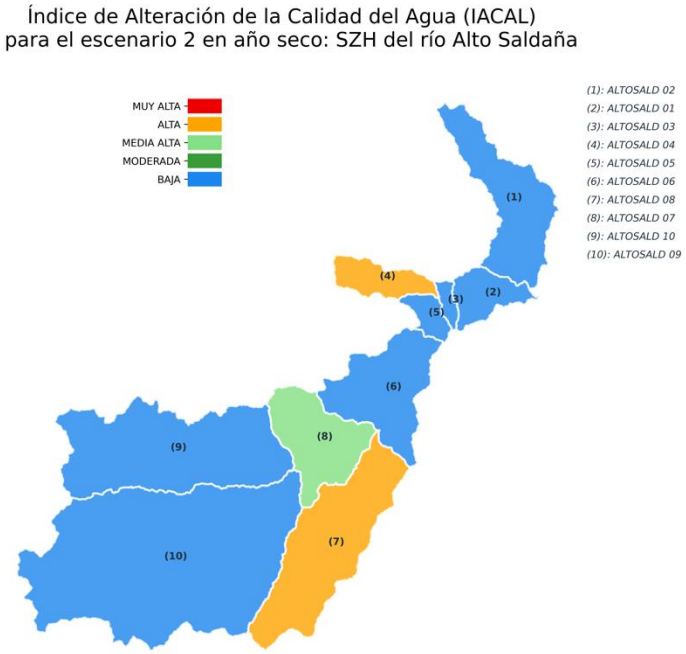


Figura 999. *IACAL OHT Año Seco y carga aportada (E2SECO) para subzona hidrográfica del Rio Alto Saldaña*

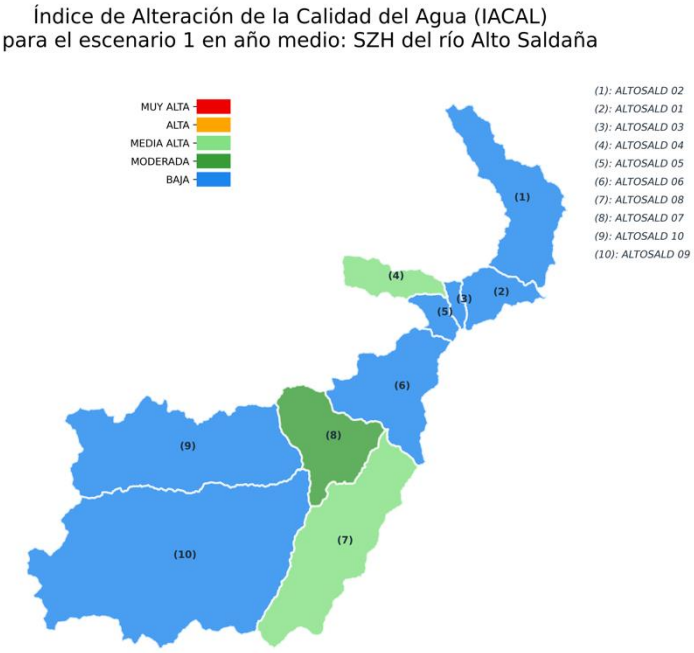


Figura 1000. *IACAL OHT Año Medio y meta en carga (E1MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Alto Saldaña*

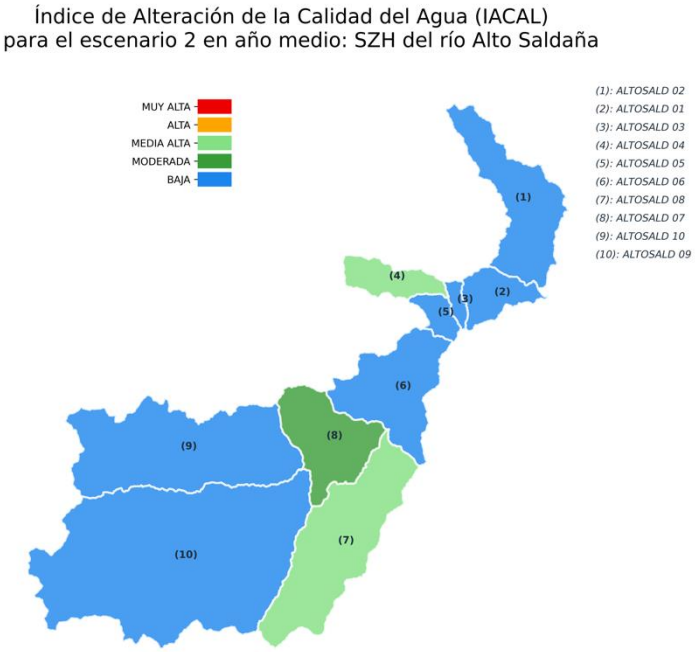


Figura 1001. *IACAL OHT Año Medio y carga aportada (E2MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Alto Saldaña*

46.2.6. IACAL para la subzona hidrográfica del Río Amoyá

En esta subzona hidrográfica se observa una presión BAJA por contaminación potencial según el IACAL en 10 de las 12 unidades de análisis (AMOYA_01, AMOYA_02, AMOYA_03, AMOYA_05, AMOYA_07, AMOYA_08, AMOYA_09, AMOYA_10, AMOYA_11, AMOYA_12), las cuales tienen capacidad de dilución de las cargas por beneficio de café y doméstica establecidas en los dos escenarios (*Tabla 569*), mostrando una capacidad para asimilar las cargas por vertimientos de centros urbanos El Limón y Chaparral.

En la unidad de análisis AMOYA_04 se presenta una presión MODERADA a la contaminación en año medio y en año seco, debido al aporte de carga contaminante originada por el beneficio de café en ambos escenarios de análisis. Para el caso de la unidad AMOYA_06, la presión por contaminación llega a ser MODERADA en año hidrológico medio y MEDIA ALTA en año hidrológico seco para los dos escenarios de carga originados por el beneficio de café (*Figura 664*, *Figura* 665, *Figura* 666 y *Figura* 667).

Tabla 718. Determinación del IACAL en la subzona hidrográfica del Rio Amoyá (OHT)

Tramo o Unidad de Análisis	OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO SECO (MMC/Año)	IACAL AÑO SECO		OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO MEDIO (MMC/Año)	IACAL AÑO MEDIO	
		E1SECO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2SECO - Seguimiento de Meta 2020		E1MEDIO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2MEDIO - Seguimiento de Meta 2020
AMOYA_01 PARCIAL	1354,1	BAJA	BAJA	1834,1	BAJA	BAJA
AMOYA_02 PARCIAL	27,1	BAJA	BAJA	28,3	BAJA	BAJA
AMOYA_03 PARCIAL	1055,4	BAJA	BAJA	1465,6	BAJA	BAJA
AMOYA_04 PARCIAL	242,0	MODERADA	MODERADA	304,0	MODERADA	MODERADA
AMOYA_05 PARCIAL	912,3	BAJA	BAJA	1276,0	BAJA	BAJA
AMOYA_06 PARCIAL	111,7	MEDIA ALTA	MEDIA ALTA	155,1	MODERADA	MODERADA
AMOYA_07 PARCIAL	547,6	BAJA	BAJA	758,6	BAJA	BAJA
AMOYA_08 PARCIAL	350,5	BAJA	BAJA	497,7	BAJA	BAJA
AMOYA_09 PARCIAL	254,1	BAJA	BAJA	317,6	BAJA	BAJA
AMOYA_10 PARCIAL	248,5	BAJA	BAJA	309,4	BAJA	BAJA
AMOYA_11 PARCIAL	347,5	BAJA	BAJA	470,1	BAJA	BAJA
AMOYA_12 PARCIAL	96,5	BAJA	BAJA	139,1	BAJA	BAJA

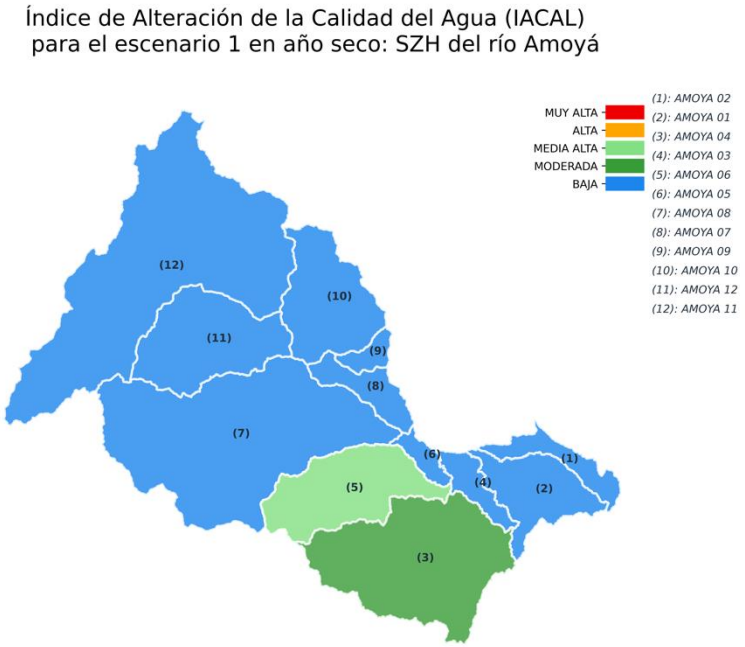


Figura 1002. IACAL OHT Año Seco y meta en carga (E1SECO) para subzona hidrográfica del Rio Amoyá

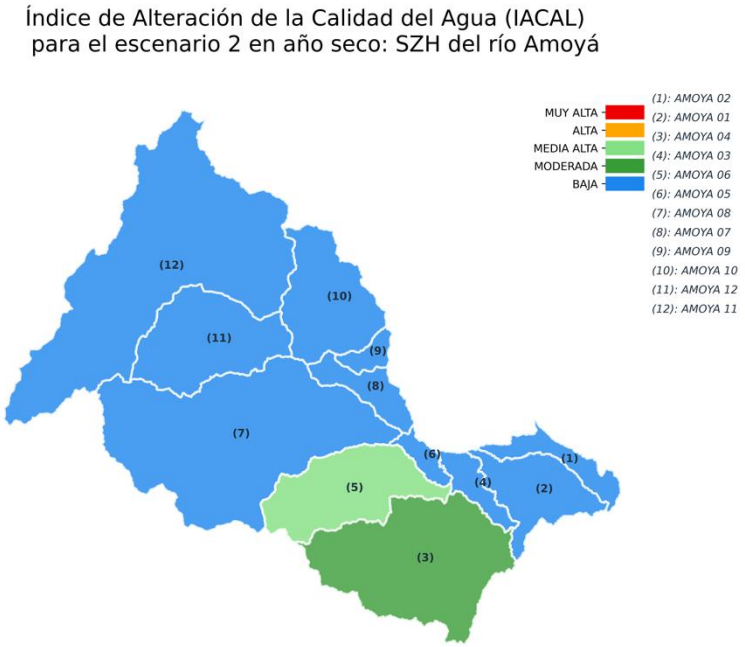


Figura 1003*. IACAL OHT Año Seco y carga aportada (E2SECO) para subzona hidrográfica del Rio Amoyá*

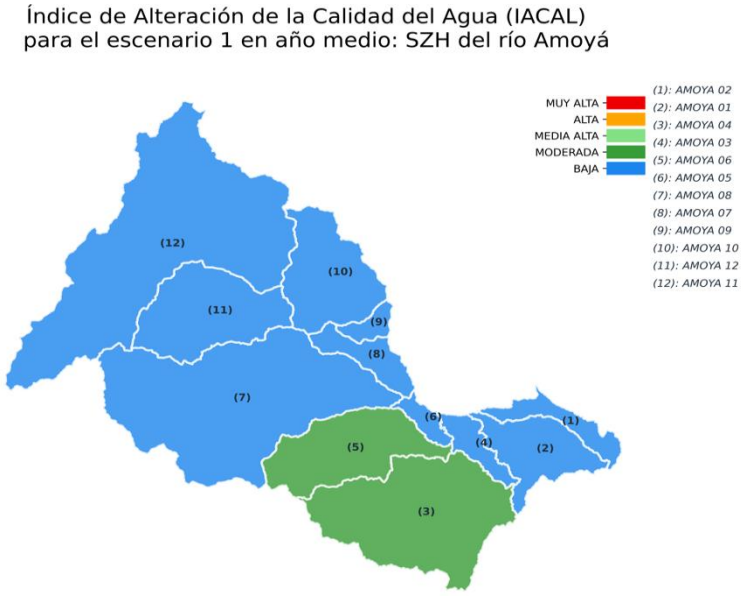


Figura 1004. *IACAL OHT Año Medio y meta en carga (E1MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Amoyá*

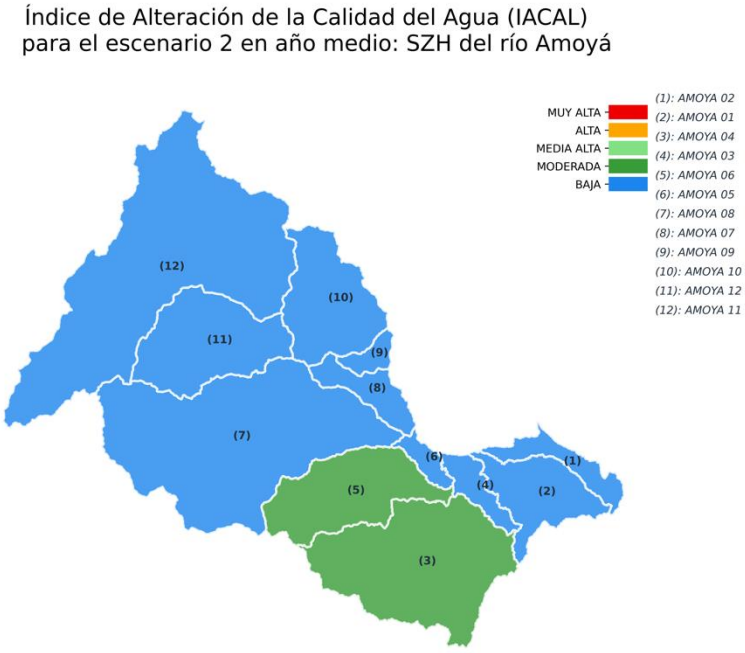


Figura 1005. *IACAL OHT Año Medio y carga aportada (E2MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Amoyá*

46.2.7. IACAL para la subzona hidrográfica del Río Anamichú

La parte alta de la subzona hidrográfica representada por la unidad ANAMICHU_04 presenta una presión BAJA a la contaminación en ambas condiciones hidrológicas para los dos escenarios de carga (*Tabla 570*), representada por la actividad del beneficio de café. La parte media de la cuenca del río Anamichú (unidad ANAMICHU_03) evidencia una presión MODERADA a la contaminación en los dos escenarios de carga para año hidrológico seco, debido a la reducción en aproximadamente de un 50% del caudal líquido, que no logra asimilar la carga originada por el beneficio de café.

La parte alta del río Blanco está representada por la unidad ANAMICHU_07, la cual presenta cargas potenciales originadas por el beneficio del café, que implican una presión MEDIA ALTA por contaminación en año hidrológico medio, la cual se intensifica a ALTA en año hidrológico seco. Conforme el río Blanco fluye luego de su tránsito por el centro urbano de Rioblanco recibe sus aportes de carga doméstica que hacen mantener una presión MEDIA ALTA en condición de año seco en la unidad de análisis ANAMICHU_06, luego, al recibir las confluencias de caudal líquido provenientes de quebrada Chele (ANAMICHU_06 con presión MEDIA ALTA) y quebrada La Machala mantiene la presión a la contaminación en categoría MEDIA ALTA en año medio, la cual se intensifica a ALTA en año seco, previo a su afluencia al río Anamichú en la unidad ANAMICHU_01, la cual por efecto de dilución de cargas mantiene una presión BAJA a la contaminación en su tramo final en ambos escenarios para las dos condiciones hidrológicas (*Figura* 668, *Figura* 669, *Figura* 670 y *Figura* 671).

Tabla 719. Determinación del IACAL en la subzona hidrográfica del Rio Anamichú (OHT)

Tramo o Unidad de Análisis	OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO SECO (MMC/Año)	IACAL AÑO SECO		OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO MEDIO (MMC/Año)	IACAL AÑO MEDIO	
		E1SECO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2SECO - Seguimiento de Meta 2020		E1MEDIO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2MEDIO - Seguimiento de Meta 2020
ANAMICHU_01 PARCIAL	541,7	BAJA	BAJA	1134,7	BAJA	BAJA
ANAMICHU_02 PARCIAL	65,4	ALTA	ALTA	132,8	MEDIA ALTA	MEDIA ALTA
ANAMICHU_03 PARCIAL	476,2	MODERADA	MODERADA	1001,6	BAJA	BAJA
ANAMICHU_04 PARCIAL	307,5	BAJA	BAJA	565,8	BAJA	BAJA
ANAMICHU_05 PARCIAL	5,0	ALTA	MEDIA ALTA	12,2	MEDIA ALTA	MEDIA ALTA
ANAMICHU_06 PARCIAL	39,0	BAJA	MEDIA ALTA	86,2	BAJA	MODERADA
ANAMICHU_07PARCIAL	32,3	ALTA	ALTA	74,9	MEDIA ALTA	MEDIA ALTA

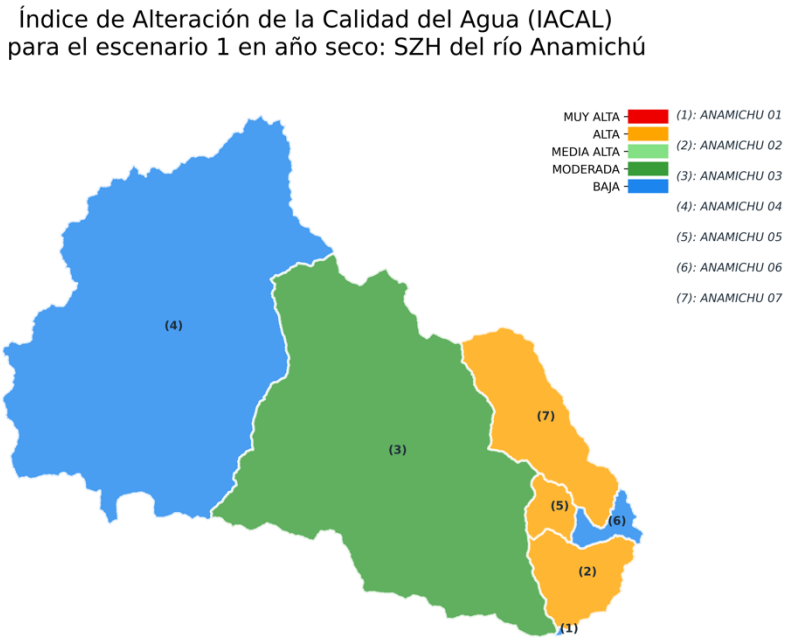


Figura 1006. *IACAL OHT Año Seco y meta en carga (E1SECO) para subzona hidrográfica del Rio Anamichú*

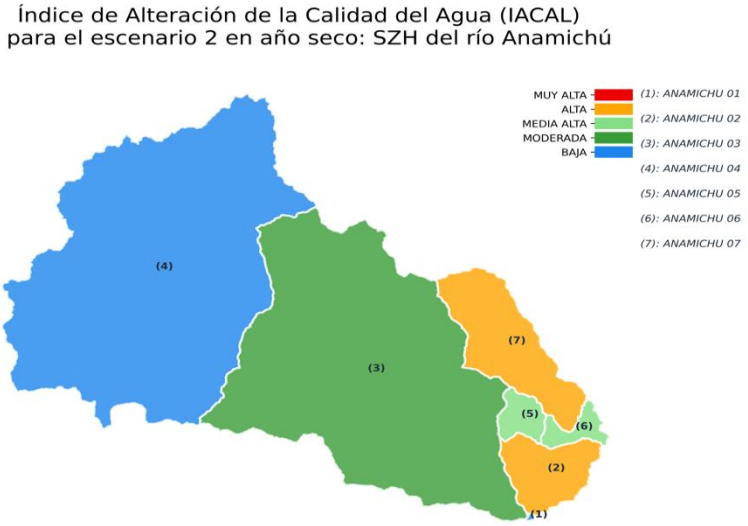


Figura 1007. *IACAL OHT Año Seco y carga aportada (E2SECO) para subzona hidrográfica del Rio Anamichú*

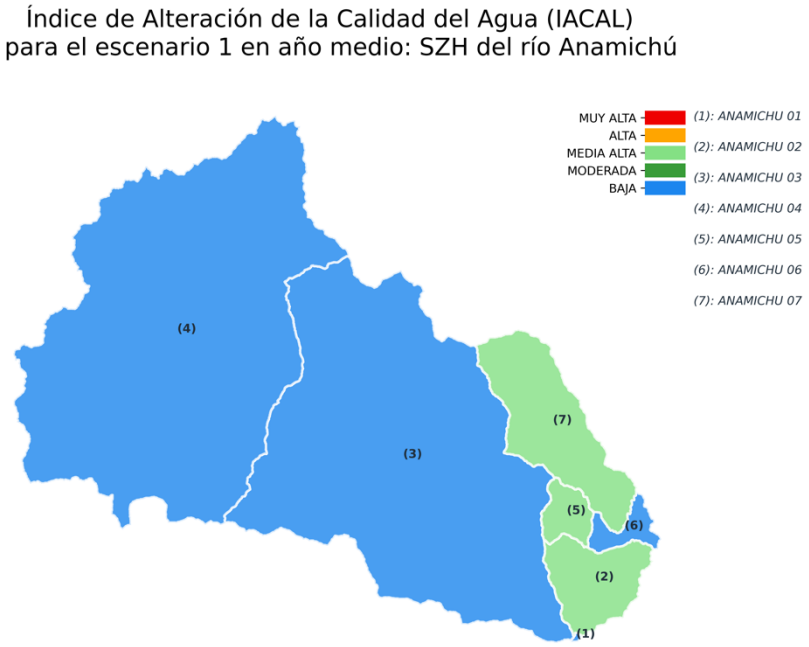


Figura 1008. *IACAL OHT Año Medio y meta en carga (E1MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Anamichú*

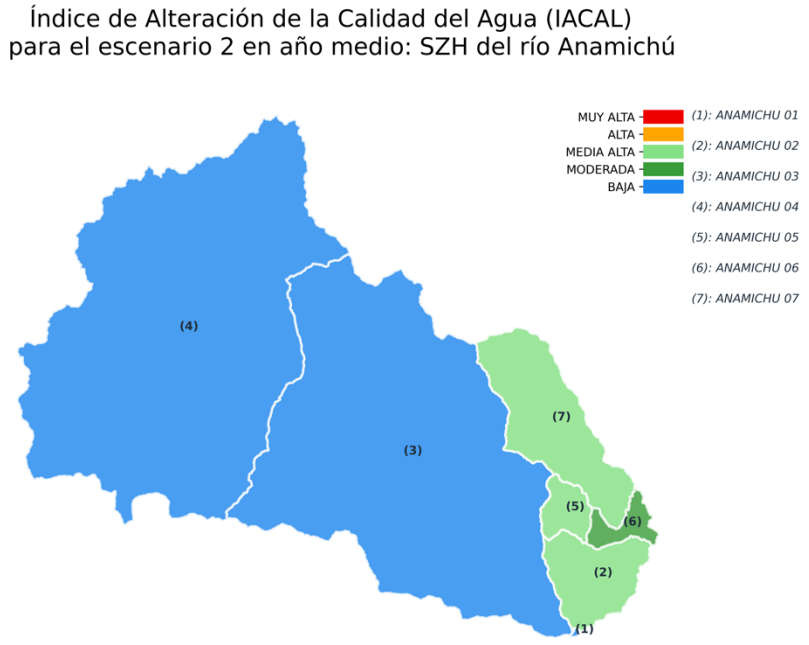


Figura 1009. *IACAL OHT Año Medio y carga aportada (E2MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Anamichú*

46.2.8. IACAL para la subzona hidrográfica del Río Cambrín

Para las unidades CAMBRIN_1, CAMBRIN_2, CAMBRIN_3, CAMBRIN_4 Y CAMBRIN_5 no se reportan ni evidencian vertimientos con base en la información consultada (PSMV, POMCAS, TR) y los recorridos de campo. Se identifican cargas potenciales por el beneficio de café en las unidades CAMBRIN_1, CAMBRIN_2 y CAMBRIN_3. Sin embargo, no generan un efecto significativo ya que la presión a la contaminación evidenciada según el IACAL en los dos escenarios de carga para año hidrológico medio y año seco se mantiene en una clasificación BAJA para todas las unidades de análisis (*Tabla 571*, *Figura* 672, *Figura* 673, *Figura* 674 y *Figura* 675).

Tabla 720. Determinación del IACAL en la subzona hidrográfica del Rio Cambrín (OHT)

Tramo o Unidad de Análisis	OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO SECO (MMC/Año)	IACAL AÑO SECO		OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO MEDIO (MMC/Año)	IACAL AÑO MEDIO	
		E1SECO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2SECO - Seguimiento de Meta 2020		E1MEDIO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2MEDIO - Seguimiento de Meta 2020
CAMBRIN_01 PARCIAL	453,2	BAJA	BAJA	791,1	BAJA	BAJA
CAMBRIN_02 PARCIAL	333,0	BAJA	BAJA	589,1	BAJA	BAJA
CAMBRIN_03 PARCIAL	81,1	BAJA	BAJA	135,0	BAJA	BAJA
CAMBRIN_04 PARCIAL	137,5	BAJA	BAJA	215,9	BAJA	BAJA
CAMBRIN_05 PARCIAL	101,5	BAJA	BAJA	176,6	BAJA	BAJA

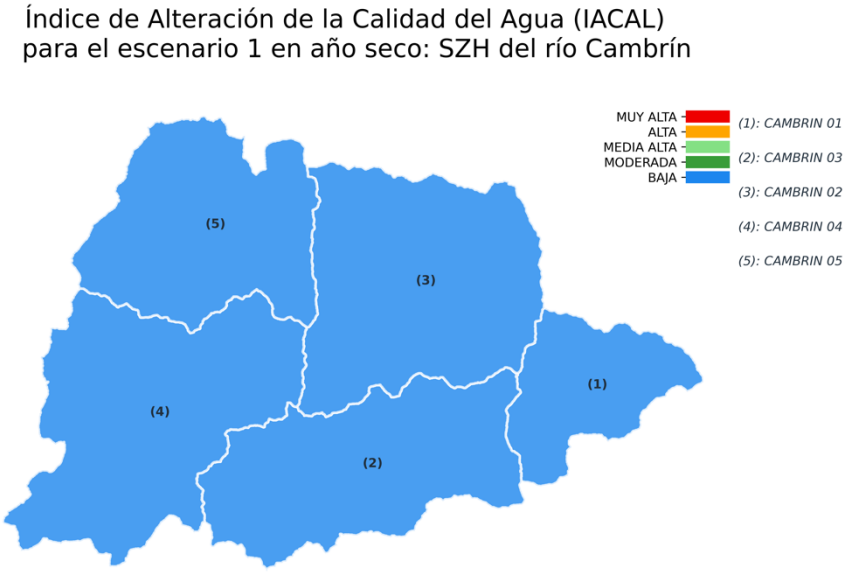


Figura 1010. *IACAL OHT Año Seco y meta en carga (E1SECO) para subzona hidrográfica del Rio Cambrín*

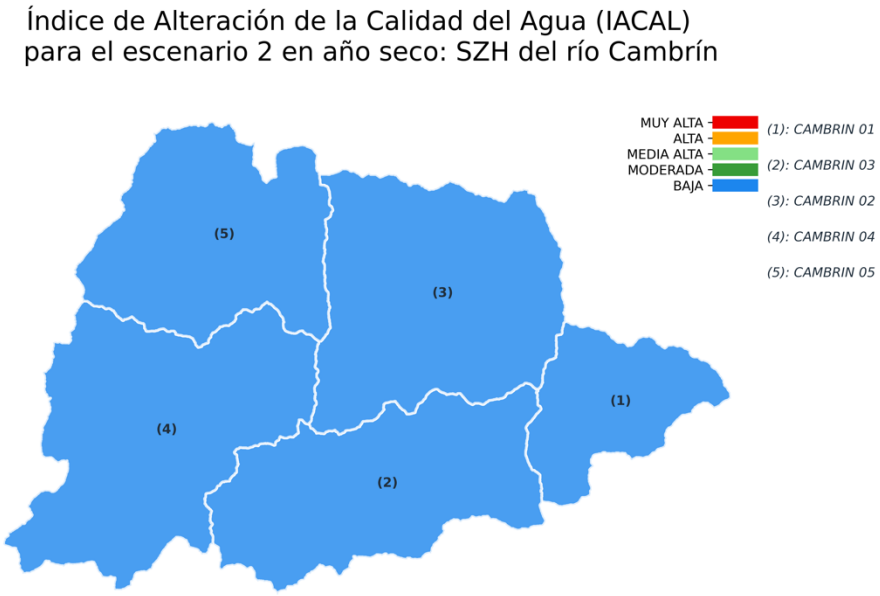


Figura 1011. *IACAL OHT Año Seco y carga aportada (E2SECO) para subzona hidrográfica del Rio Cambrín*

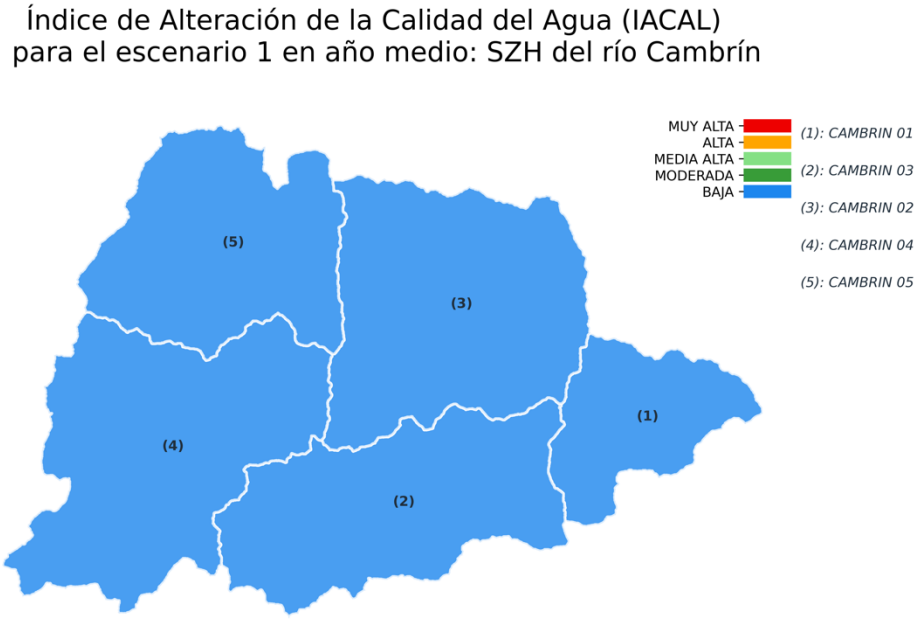


Figura 1012. *IACAL OHT Año Medio y meta en carga (E1MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Cambrín*

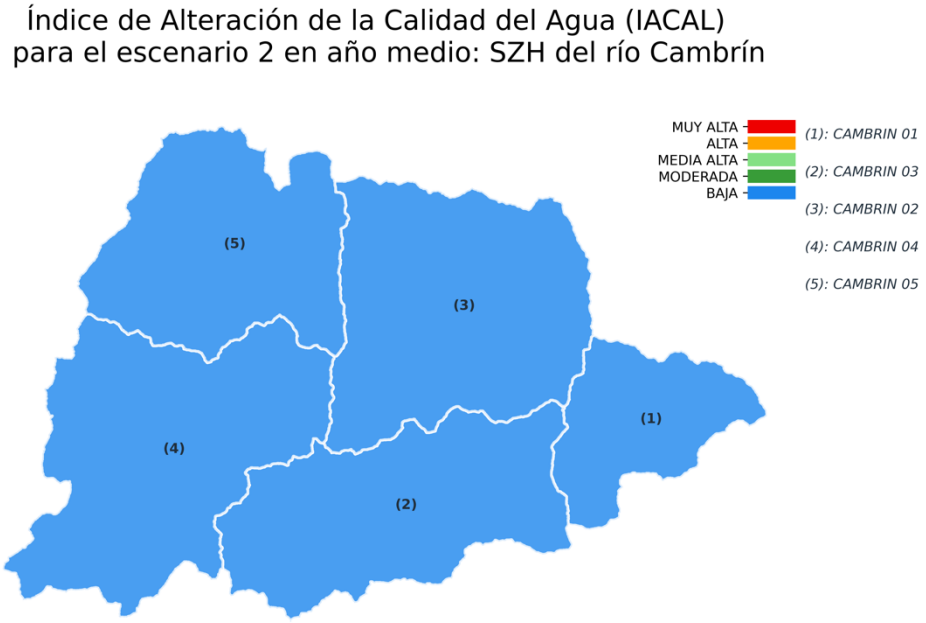


Figura 1013. *IACAL OHT Año Medio y carga aportada (E2MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Cambrín*

46.2.9. IACAL para la subzona hidrográfica del Río Atá

La unidad ATA_10 se encuentra localizada en la parte alta del río Atá, desde su nacimiento hasta aguas abajo de la confluencia con el río Tamara, sector que presenta una presión BAJA por contaminación en ambos escenarios de carga para las dos condiciones hidrológicas (*Tabla 572*). Aguas abajo e incluyendo la confluencia del río San Miguel se localiza la unidad ATA_9 que presenta aportes potenciales significativos de carga proveniente del beneficio del café que genera una presión MODERADA por contaminación en ambos escenarios de carga. A su paso por el centro poblado de Gaitania (unidad de análisis ATA_7), el río Atá mantiene una presión MODERADA por contaminación en los dos escenarios para año medio y año seco, debido a los aportes potenciales de carga por el beneficio de café y vertimientos domésticos del casco urbano de Gaitania. En el margen izquierdo hacia aguas abajo confluye a este tramo la quebrada el Quebradón (unidad de análisis ATA_8), la cual presenta una presión BAJA por contaminación dado su bajo aporte de carga en ambos escenarios.

A su paso por el centro urbano de Planadas (unidad ATA_5), la presión por contaminación en el río ATA se mantiene MODERADA en el escenario de Carga vertida para año seco y año medio, la cual aumenta a MEDIA ALTA para el escenario de Meta de carga en año seco (*Figura* 676). Las unidades ATA_6 y ATA_4 evidencian una presión ALTA por contaminación en la quebrada Montalvo y el río Claro respectivamente,

debido a su reducido caudal y un aporte significativo de carga contaminante por beneficio de café en ambos escenarios. Aguas abajo, estas fuentes confluyen al río Atá en la unidad ATA_3, que dado el mayor flujo del río logra asimilar estas cargas llevando la presión por contaminación a una categoría BAJA en los dos escenarios evaluados para año medio y año seco.

Finalmente, en las unidades ATA_2 y ATA_1 se mantiene una presión BAJA por contaminación para el escenario de carga vertida en año medio y año seco a pesar del aporte de los vertimientos domésticos originados en el centro urbano Santiago Pérez, los cuales llevan la presión a MODERADA y MEDIA ALTA para año medio y seco respectivamente en el escenario de Meta de carga.

Tabla 721. Determinación del IACAL en la subzona hidrográfica del Rio Atá (OHT)

Tramo o Unidad de Análisis	Descripción (Zona inicial-final)	OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO SECO (MMC/Año)	IACAL AÑO SECO		OFERTA HIDRICA TOTAL AÑO MEDIO (MMC/Año)	IACAL AÑO MEDIO	
			E1SECO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2SECO - Seguimiento de Meta 2020		E1MEDIO - Meta en Carga proyectada para el 2020	E2MEDIO - Seguimiento de Meta 2020
ATA_1 PARCIAL		1145,3	MEDIA ALTA	BAJA	1739,4	MODERADA	BAJA
ATA_2 PARCIAL		1098,0	MODERADA	BAJA	1680,6	MODERADA	BAJA
ATA_3 PARCIAL		893,0	BAJA	BAJA	1420,4	BAJA	BAJA
ATA_4 PARCIAL		80,6	ALTA	ALTA	106,4	ALTA	ALTA
ATA_5 PARCIAL		813,3	MEDIA ALTA	MODERADA	1279,9	MODERADA	MODERADA
ATA_6 PARCIAL		71,1	ALTA	ALTA	126,4	ALTA	ALTA
ATA_7 PARCIAL		711,4	MODERADA	MODERADA	1124,5	MODERADA	MODERADA
ATA_8 PARCIAL		67,3	BAJA	BAJA	115,7	BAJA	BAJA
ATA_9 PARCIAL		672,0	MODERADA	MODERADA	1062,7	MODERADA	MODERADA
ATA_10 PARCIAL		334,5	BAJA	BAJA	510,8	BAJA	BAJA

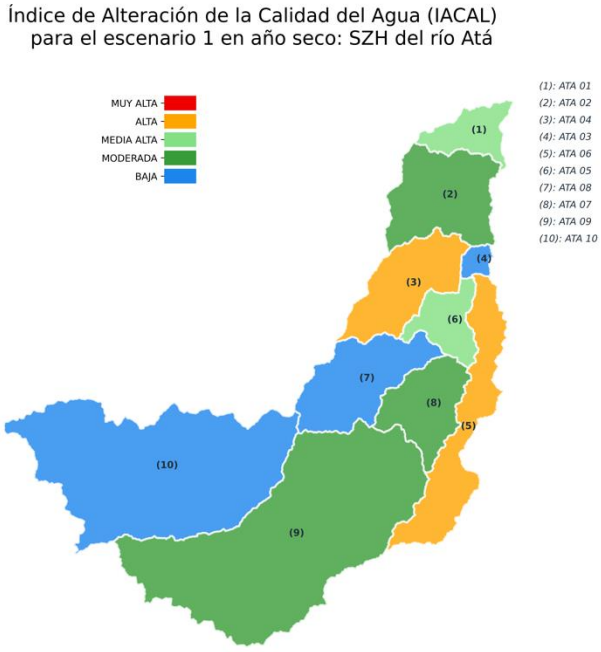


Figura 1014. *IACAL OHT Año Seco y meta en carga (E1SECO) para subzona hidrográfica del Rio Atá*

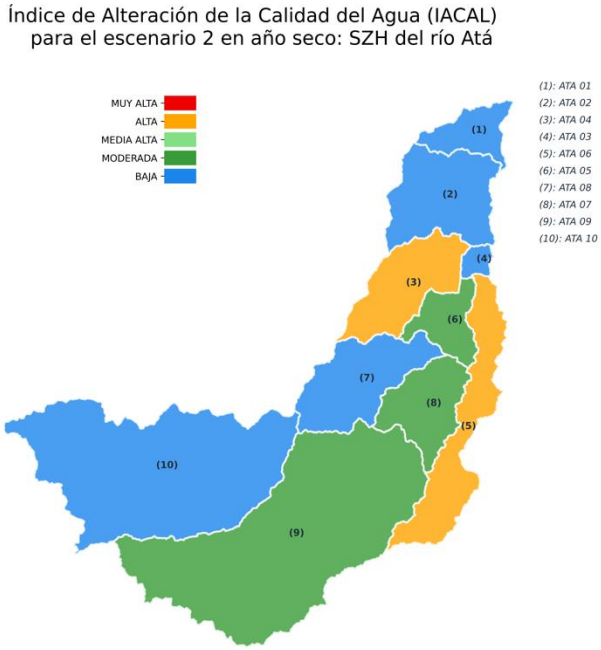


Figura 1015. *IACAL OHT Año Seco y carga aportada (E2SECO) para subzona hidrográfica del Rio Atá*

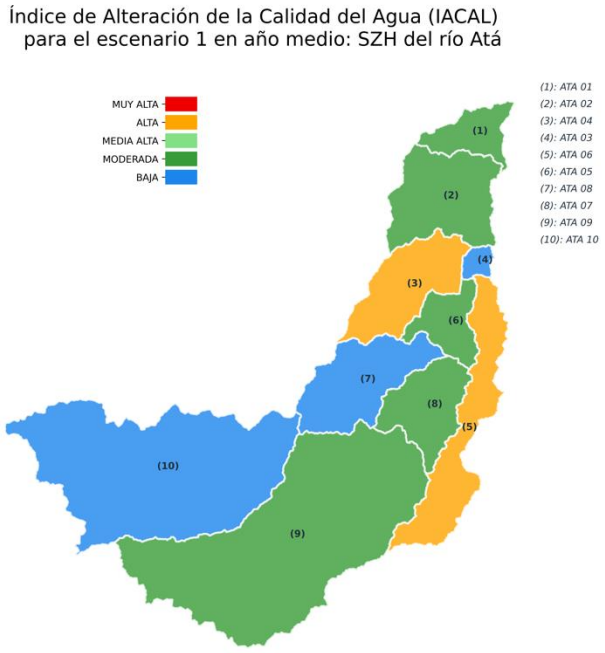


Figura 1016. *IACAL OHT Año Medio y meta en carga (E1MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Atá*

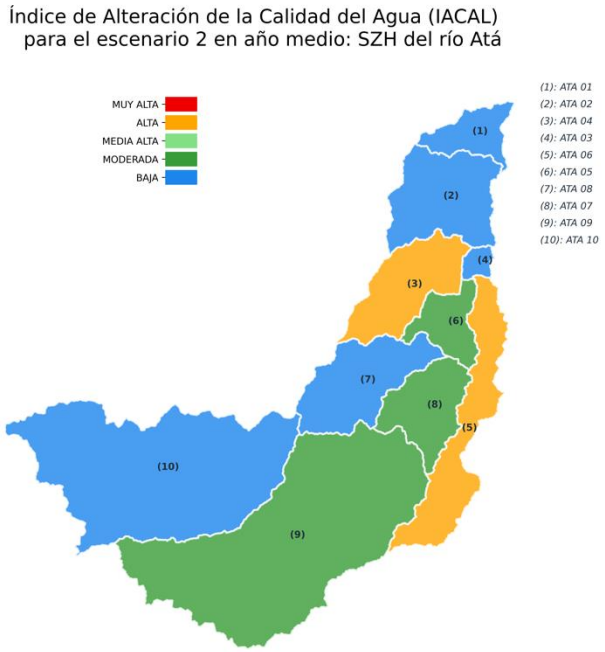


Figura 1017. *IACAL OHT Año Medio y carga aportada (E2MEDIO) para subzona hidrográfica del Rio Atá*

46.3. Índice de macroinvertebrados acuáticos (IMA-BMWP-Col)

Con el fin de determinar la calidad del agua de los ecosistemas evaluados se aplicó el índice de bioindicación BMWP/Col (Roldan & Ramírez, 2008), cuyas categorías de clasificación se presentan en la *Tabla 722*.

*Tabla 722. Interpretación del BMWP/Col. (*Fuente: IDEAM, 2013)

Clase	Calidad	BMWP/Col	Significado	Color
I	Buena	>100	Aguas muy limpias	
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	
IV	Critica	16-35	Aguas muy contaminadas	
V	Muy Critica	<16	Aguas fuertemente contaminadas	

Según IDEAM (2013), El cálculo del BMWP-Col solo requiere la identificación taxonómica de los organismos hasta nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia/ausencia). El puntaje oscila entre 1 y 10, de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación, donde 10 representa familias sensibles que no toleran la contaminación, y 1 representa familias que viven en aguas muy contaminadas. La suma de los puntajes de todas las familias presentes en el sitio de determinación del indicador proporciona el puntaje total BMWP/Col. Por lo anterior, cuanto más alto sea la puntuación final, menor es el grado de contaminación ambiental del sitio de observación.

A continuación, se presentan los valores obtenidos para el indicador por subzona hidrográfica para los diferentes sitios de monitoreo del muestreo realizado en dos épocas en el marco de la evaluación regional del agua:

46.3.1. IMA en la subzona hidrográfica del río Patá

Se determinó la calidad de agua basado en la cantidad de familias y el puntaje BMWP/Col, las estaciones de la subzona hidrográfica del Patá exhibe un comportamiento homogéneo en cuanto al estado ecológico de sus aguas en los dos periodos de muestreo, apuntando hacia calidades de agua buena y altamente conservadas.

La calidad de agua registrada para las estaciones de esta subzona es buena y aceptable en los dos muestreos, una posible respuesta a esto radica en la variabilidad de sustratos que permiten el desarrollo de los organismos, esto sumado al bajo impacto de actividades humanas deriva en una alta calidad ecológica del agua por la alta proporción de macroinvertebrados acuáticos hallados en las estaciones del rio.

Tabla 723. Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica del río Patá.

Cuerpo de agua	BMWP/Col	Calidad	Clase	BMWP/Col	Clase	Calidad
Río Patá	141	Buena	I	141	Buena	I
Río Patá	93	Aceptable	II	*	*	*
Río Patá	155	Buena	I	113	Buena	I

Fuente: Autores (2022).

46.3.2. IMA en la subzona hidrográfica de los ríos Anchique, Chenche y Directos al Magdalena

Se determinó la calidad de agua basado en la cantidad de familias y el puntaje BMWP/Col, las estaciones de la subzona hidrográfica del rio Anchique, exhiben un carácter homogeneo en cuanto al estado ecológico de sus aguas.

En el muestreo 1 se denota que la calidad buena es la que predomina, esto, indica que el estado ecológico de la subzona durante este periodo es óptimo, en contraste la calidad de agua en el muestreo 2 varia significativamente y denota que la mitad de las estaciones cuenta con calidad de agua dudosa.

Los datos obtenidos según el índice de bioindicación muestran que la calidad de agua está relacionada con el pulso de inundación, que genera cambios en la presencia de taxones. Aun cuando las presiones antrópicas son evidentes, en particular el embalse en el río Chenche, se establece que la calidad de agua en estos ríos que componen la subzona son aceptables, lo que se traduce en que mantienen una salud apropiada para el mantenimiento de esta biota acuática, además se constata la

presencia de las familias Perlidae, Lymnessiidae, Psephenidae, Blephariceridae, Oligoneuriidae, Gomphidae, Lampyridae y Ptilodactylidae que son sensibles, de alta especificidad y bioindicadores de buena calidad de agua.

Tabla 724. Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica del río Anchique y otros directos al Magdalena

Cuerpo de agua	BMWP/Col	Calidad	Clase	BMWP/Col	Clase	Calidad
Río Chenche	120	Buena	I	146	Buena	I
Río Chenche	25	Critica	IV	25	Critica	IV
Río Chenche	37	Critica	IV	16	Critica	IV
Río Hilarco	154	Buena	I	128	Buena	I
Río Hilarco	94	Aceptable	II	144	Buena	I
Q. Guaguarco	113	Buena	I	126	Buena	I
Río Anchique	108	Buena	I	87	Aceptable	II
Río Anchique	116	Buena	I	39	Dudosa	III
Río Anchique	108	Buena	I	125	Buena	I
Q. Yaco	107	Buena	I	94	Aceptable	II

Fuente: Autores (2022).

46.3.3. IMA en la subzona hidrográfica Bajo Saldaña

Se determinó la calidad de agua basado en la cantidad de familias y el puntaje BMWP/Col, las estaciones de la subzona hidrográfica del Bajo Saldaña exhiben un comportamiento heterogeneo en cuanto al estado ecológico de sus aguas en los dos periodos de muestreo, apuntando hacia calidades de agua dudosas y poco conservadas.

Tabla 725. Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica del rio Bajo Saldaña.

Cuerpo de agua	BMWP/Col	Calidad	Clase	BMWP/Col	Clase	Calidad
Río Saldaña	39	Dudosa	III	29	Critica	IV
Q. Jabonera	93	Aceptable	II	120	Buena	I
Q. Meche	89	Aceptable	II	55	Dudosa	III
Río Saldaña	10	Muy Critica	V	49	Dudosa	III
Río Saldaña	57	Dudosa	III	8	Muy Critica	V
Q. Lemaya	27	Critica	IV	31	Critica	IV
Río Saldaña	8	Muy Critica	V	8	Muy Critica	V

Fuente: Autores (2022).

La calidad de agua registrada para las estaciones de esta subzona vario en los dos muestreos, esto puede darse en función de las características morfológicas, físicas y químicas de los ríos, de este modo al ser ríos de gran porte es difícil colectar los organismos, ya que los ambientes propicios para su desarrollo son limitados. La calidad de agua se reduce considerablemente para el segundo muestreo, en el cual se presentaron lluvias que reconfiguran las densidades poblaciones por efecto de la deriva en el pulso de inundación.

46.3.4. IMA en la subzona hidrográfica Medio Saldaña

Se determinó la calidad de agua basada en la cantidad de familias y el puntaje BMWP/Col, las estaciones de la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña exhiben un comportamiento relativamente homogéneo en cuanto al estado ecológico de sus aguas en los dos periodos de muestreo.

En ambos muestreos se observa una calidad de agua en su mayoría buena y aceptable, esto se puede relacionar a las condiciones estructurales de los ambientes de las quebradas tributarias. En el primer muestreo la mayoría de las estaciones tienen una calidad de agua optima, con leves trazas de contaminación, aun cuando está afectada por el poblado de Ataco.

Tabla 726. Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica del río Medio Saldaña.

Cuerpo de agua	BMWP/Col	Calidad	Clase	BMWP/Col	Clase	Calidad
Río Saldaña	34	Dudosa	III	15	Muy Critica	V
Q. Pole	93	Aceptable	II	61	Aceptable	II
Río Saldaña	80	Aceptable	II	88	Aceptable	II
Q. San Pedro	90	Aceptable	II	108	Buena	I
Q. Paipa	106	Buena	I	143	Buena	I
Río Saldaña	46	Dudosa	III	79	Aceptable	II

Fuente: Autores (2022).

46.3.5. IMA en la subzona hidrográfica Alto Saldaña

Se determinó la calidad de agua basado en la cantidad de familias y el puntaje BMWP/Col, las estaciones de la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña, exhiben un carácter heterogéneo en cuanto al estado ecológico de sus aguas. En el muestreo 1 y 2 se observa que la mayoría de las estaciones evaluadas se encuentran con calidad desde Buena hasta crítica.

En general los datos obtenidos según el índice de bioindicación muestra datos desfavorables en muchas de las estaciones de la subzona Alto Saldaña, esto es consecuente con los tipos de alteraciones que se observaron durante las campañas de monitoreo, los factores que más afectan la comunidad son el pulso de inundación y las presiones de origen antrópico como extracción de arena y minería e ingreso de aguas servidas (domesticas e industriales), esto supone fuertes presiones para los organismos a nivel fisiológico y comportamental, ante estos sucesos solo la fauna más tolerante persiste en el espacio- tiempo y es lo que se evidencia en los resultados obtenidos.

Tabla 727. Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica del río Alto Saldaña.

Cuerpo de agua	BMWP/Col	Calidad	Muestreo 1	BMWP/Col	Muestreo 2	Clase
Río Saldaña	45	Dudosa	III	66	II	Aceptable
Río Hereje	102	Buena	I	70	II	Aceptable
Río Siquila	64	Aceptable	II	53	III	Dudosa
Río Saldaña	31	Critica	IV	83	II	Aceptable
Río Mendarco	37	Aceptable	III	16	IV	Critica
Río Saldaña	*	*	*	*	*	*
Río Mendarco	55	Dudosa	III	54	III	Dudosa

Fuente: Autores (2022).

46.3.6. IMA en la subzona hidrográfica del río Amoyá

Se determinó la calidad de agua basado en la cantidad de familias y el puntaje BMWP/Col, las estaciones de la subzona hidrográfica del río Amoyá, exhiben un comportamiento heterogéneo en cuanto al estado ecológico de sus aguas.

En ambos muestreos se observa una calidad de agua muy variable en su mayoría es dudosa y aceptable, esto puede atribuirse a tres factores fundamentales, el primero y que presenta mayor efecto, es la fuerza del caudal, ya que este río al ser de un gran porte, la velocidad de corriente es fuerte y arrasa con los organismos en la mayoría de las zonas, por otro lado existen centros poblados aledaños que vierten sus aguas al cauce principal y tercer la presencia de la hidroeléctrica tiene repercusiones en el flujo de nutrientes y en el volumen de agua, además que limita la deriva de organismos en la zona alta (Roldan y Ramirez, 2008). Los datos obtenidos según el índice de bioindicación muestra que la calidad de agua está relacionada con las presiones naturales y antrópicas que son bastante disimiles en cada una de las estaciones, se establece que la calidad de agua en los ecosistemas que componen la subzona es poco aceptables, que no permiten el desarrollo de organismos bioindicadores.

Tabla 728. Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica del rio Amoyá.

Cuerpo de agua	BMWP/Col	Calidad	Clase	BMWP/Col	Clase	Calidad
Río Amoyá	68	Aceptable	II	111	Buena	I
Río Davis	57	Dudosa	III	85	Aceptable	II
Río Amoyá	47	Dudosa	III	80	Aceptable	II
Río Ambeima	41	Dudosa	III	51	Dudosa	III
Río Amoyá	21	Critica	IV	21	Critica	IV
Q. Tuluni	100	Buena	I	102	Buena	I
Río Amoyá	17	Critica	IV	28	Critica	IV
Q. Neme	68	Aceptable	II	61	Aceptable	II

Fuente: Autores (2022).

46.3.7. IMA en la subzona hidrográfica del río Anamichú

Se determinó la calidad de agua basado en la cantidad de familias y el puntaje BMWP/Col, las estaciones de la subzona hidrográfica del rio Anamichú, exhiben un comportamiento homogéneo en cuanto al estado ecológico de sus aguas.

En ambos muestreos se observa una calidad de agua aceptable en la mayoría de las estaciones, se observa una calidad de agua dudosa y critica en el primer muestreo que puede estar relacionado con el periodo de lluvia que se presentó en la colecta, durante el cual el pulso de inundación juega un papel crucial sobre la distribución de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos.

Las estaciones del río Blanco se ubican cerca del casco urbano de Rioblanco donde se evidencia el aporte de aguas con grandes cantidades de contaminantes, adicional a ello, aguas abajo se observa el aporte de gran cantidad de material sedimentario por parte de una quebrada al cauce del rio, el cual modifica completamente la coloración del rio y por ende algunas de la características físicas y químicas del cuerpo de agua esto conlleva a la homogenización y uniformidad de la comunidad de macroinvertebrados en estos puntos de monitoreo.

Los datos obtenidos según el índice de bioindicación muestra que la calidad de agua está relacionada con las presiones naturales y antrópicas que son evidentes, se establece que la calidad de agua en los ecosistemas que componen la subzona es aceptable, que permiten el desarrollo de organismos bioindicadores como Perlidae.

Tabla 729. Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica del rio Anamichú.

Cuerpo de agua	BMWP/Col	Calidad	Clase	BMWP/Col	Clase	Calidad
Río Anamichú	58	Dudosa	III	64	Aceptable	II
Río Blanco	92	Aceptable	II	82	Aceptable	II
Río Anamichú	71	Aceptable	II	65	Aceptable	II
Río Blanco	33	Critica	IV	43	Dudosa	III

Fuente: Autores (2022).

46.3.8. IMA en la subzona hidrográfica del río Cambrín

Se determinó la calidad de agua basado en la cantidad de familias y el puntaje BMWP/Col, las estaciones de la subzona hidrográfica del río Cambrín, exhiben un carácter heterogéneo en cuanto al estado ecológico de sus aguas.

En el muestreo 1 se denota que la calidad del agua en las estaciones del cauce principal del río es crítica, esto se debe principalmente a que en el momento de la colecta el caudal era significativamente alto, lo cual limita considerablemente la detección de los organismos, por el contrario durante la segunda época de muestreo el caudal estaba relativamente más bajo lo cual aumenta la cantidad y calidad de micro hábitats, lo cual se refleja en la calidad del agua que en su mayoría fueron aceptable y buena.

Aun cuando las presiones antrópicas son evidentes, se establece que la calidad de agua en estos ríos que componen la subzona en promedio es aceptable, lo que se traduce en que mantienen una salud apropiada para el mantenimiento de esta biota acuática, además se constata la presencia de sensibles y raras, de alta especificidad y bioindicadores de buena calidad de agua.

Tabla 730. Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica del río Cambrín.

Cuerpo de agua	BMWP/Col	Calidad	Clase	BMWP/Col	Clase	Calidad
Río Cambrín	19	Critica	IV	94	Aceptable	II
Q. Soledad	133	Buena	I	128	Buena	I
Río Cambrín	30	Critica	IV	111	Buena	I

Fuente: Autores (2022).

46.3.9. IMA en la subzona hidrográfica del río Atá

Se determinó la calidad de agua basada en la cantidad de familias y el puntaje BMWP/Col, las estaciones de la subzona hidrográfica del Atá exhiben un comportamiento homogéneo en cuanto al estado ecológico de sus aguas en los dos periodos de muestreo.

En ambos muestreos se observa una calidad de agua en su mayoría aceptable, esto se puede relacionar a las condiciones geográficas que permiten cierta independencia de los asentamientos humanos. Las estaciones que presenta una calidad dudosa en sus aguas son la quebrada El Cóndor (H_Ata_05) y el rio Atá (H_Ata_06) los cuales están cercanos al centro poblado El Cóndor y reciben toda la carga contaminante de la población aledaña lo que limita fuertemente la colonización de cualquier forma de vida animal.

Tabla 731. Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) de las estaciones de la subzona hidrográfica del rio Atá.

Cuerpo de agua	BMWP/Col	Calidad	Clase	BMWP/Col	Clase	Calidad
Río Atá	76	Aceptable	II	52	Dudosa	III
El Quebradon	66	Aceptable	II	94	Aceptable	II
Río Claro	93	Aceptable	II	123	Buena	I
Q. Montalvo	70	Aceptable	II	85	Aceptable	II
Q. El Cóndor	31	Dudosa	III	47	Dudosa	III
Río Atá	32	Dudosa	III	54	Dudosa	III
Río Atá	126	Buena	I	46	Dudosa	III

Fuente: Autores (2022).

46.4. Índice Ecológico de Calidad del Agua (IDG)

Con el objetivo de utilizar el perifiton como bioindicador de la calidad del agua, se utilizó el IDG (*Tabla 732*) Este índice propuesto por Rumeau & Coste (1988) y modificado por Benkhedda et al. (2017), permite utilizar las diatomeas como una herramienta para determinar la calidad de los cuerpos de agua. El IDG tiene en cuenta la sensibilidad de cada taxón a la contaminación (S), la amplitud ecológica del género (V) y la densidad de estos (A). Para calcular el índice se utilizó la siguiente formula:

$$IDG = \frac{\sum_{j=1}^{n} A_j S_j V_j}{\sum_{j=1}^{n} A_j V_j}$$

Dónde: Aj: Densidad relativa del taxón

Sj: Valor de sensibilidad global del genero

Vj: Valor de amplitud ecológica del genero

Tabla 732. Categorías e interpretación del índice Diatómico Genérico. (Fuente: Rumeau & Coste, 1988)

Rango	Nivel	Significado	Color
IDG > 4.5	Cero	Calidad biológica óptima	
4 < IDG < 4.5	Baja	Calidad normal, contaminación débil	
3.5 < IDG < 4	Moderada	Contaminación moderada, eutrofización	
3 < IDG < 3.5	Intermedia	Contaminación media, eutrofización acentuada	
2 < IDG < 3	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
1 < IDG < 2	Muy alta	Contaminación muy fuerte	
IDG = 0	Total	La población es considerada como inexistente, Contaminación toxica	

46.4.1. IDG en la subzona hidrográfica del río Patá

Según los resultados del índice Diatómico Genérico (IDG) a nivel general, las estaciones evaluadas presentaron un nivel de contaminación muy alto a intermedio. Durante el muestreo M1 las estaciones H_Pata_03 y H_Pata_02 registraron niveles de contaminación muy altos, la estación H_Pata_01, valores de contaminación intermedia. Para la segunda época de muestreo, se registraron cambios en las estaciones H_Pata_03 y H_Pata_01, en la primera los niveles de contaminación se incrementaron a altos en la segunda disminuyeron de muy altos a altos. Esto se debe principalmente a que cada tributario y zona del cauce principal presenta condiciones y afectaciones particulares que pueden afectar la distribución de los organismos. En el presente estudio estos cambios se deben en mayor medida a las lluvias y al incremento de los caudales.

Tabla 733. Índice diatómico genérico de las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Patá.

Cuerpo de agua	IDGM1	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica	IDGM2	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica
H_Pata_01	3.4	Intermedio	Contaminación media		2.6	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Pata_02	1.9	Muy alta	Contaminación muy fuerte		1.9	Muy alta	Contaminación muy fuerte	
H_Pata_03	1.6	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.6	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	

46.4.2. IDG en la subzona hidrográfica del río Chenche, Anchique y Directos al Magdalena

Las estaciones evaluadas presentaron un nivel de contaminación muy alto a intermedio. Durante el muestreo M1, las estaciones H_Anch_02 y H_Anch_04, registraron valores de contaminación intermedio, H_Anch_01, H_Anch_03, H_Anch_05 y H_Anch_06 valores de contaminación alta, con desaparición de especies sensibles y contaminación fuerte, las estaciones restantes registraron valores de contaminación muy alta. Para el segundo muestreo M2, los valores de contaminación variaron entre alto y muy alto. Estaciones como H_Anch_02 y H_Anch_04 incrementaron el nivel de contaminación, mientras que H_Anch_07, H_Anch_08 y H_Anch_10, disminuyeron de muy alta a alta, en las estaciones restantes los valores se mantuvieron estables en las dos épocas

Tabla 734. Índice diatómico genérico de las estaciones de la subzona del Río Anchique y otros directos al Magdalena

Cuerpo de agua	IDGM 1	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica	IDGM 2	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica
H_Anch_01	2.5	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte		2.9	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Anch_02	3.3	Intermedio	Contaminación media		3.0	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Anch_03	2.9	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte		3.1	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Anch_04	3.5	Intermedio	Contaminación media		2.0	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Anch_05	2.3	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte		2.1	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Anch_06	2.3	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte		2.5	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Anch_07	1.8	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.1	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Anch_08	1.6	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.4	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Anch_09	1.9	Muy alta	Contaminación muy fuerte		1.9	Muy alta	Contaminación muy fuerte	
H_Anch_10	1.4	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.5	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	

46.4.3. IDG en la subzona hidrográfica Bajo Saldaña

Según los resultados del índice Diatómico Genérico (IDG), las estaciones evaluadas presentaron un nivel de contaminación muy alto y alto. La estación H_Bsal_04 registro contaminación por materia orgánica alta. Para la segunda época de muestreo (M2), los niveles de contaminación disminuyeron en la mayoría de las estaciones pasando de contaminación muy alta a intermedia. Esto posiblemente se relaciona con las lluvias que generan un efecto de dilución en los cuerpos de agua mejorando temporalmente las condiciones de estos.

Tabla 735. Índice diatómico genérico de las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Bajo Saldaña.

Cuerpo de agua	IDGM1	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica	IDGM2	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica
H_Bsal_01	1.7	Muy alta	Contaminación muy fuerte		3.1	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Bsal_02	1.6	Muy alta	Contaminación muy fuerte		3.0	Intermedia	Contaminación media, eutrofización acentuada	
H_Bsal_03	1.3	Muy alta	Contaminación muy fuerte		3.0	Intermedia	Contaminación media, eutrofización acentuada	
H_Bsal_04	2.8	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte		3.4	Intermedia	Contaminación media, eutrofización acentuada	
H_Bsal_05	1.2	Muy alta	Contaminación muy fuerte		3.3	Intermedia	Contaminación media, eutrofización acentuada	
H_Bsal_06	1.5	Muy alta	Contaminación muy fuerte		3.1	Intermedia	Contaminación media, eutrofización acentuada	
H_Bsal_07	1.0	Muy alta	Contaminación muy fuerte		3.4	Intermedia	Contaminación media, eutrofización acentuada	

46.4.4. IDG en la subzona hidrográfica Medio Saldaña

Según los resultados del índice Diatómico Genérico (IDG) a nivel general, las estaciones evaluadas presentaron un nivel de contaminación de intermedio a muy alto. Siendo las estaciones del muestreo M1 las estaciones que registraron niveles de contaminación más elevada (Muy alta y alta). Para el muestreo dos, se registraron

cambios leves en el nivel de contaminación en las estaciones, presentándose contaminación intermedia a alta.

Tabla 736. Índice diatómico genérico de las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Medio Saldaña.

Cuerpo de agua	IDG M1	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica	IDG M2	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica
H_Msal_01	2.9	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte		3.4	Intermedia	Contaminacion media, eutrofizacion acentuada	
H_Msal_02	2.9	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte		2.9	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Msal_03	2.5	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte		3.4	Intermedia	Contaminacion media, eutrofizacion acentuada	
H_Msal_04	2.3	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte		2.7	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Msal_05	2.4	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte		2.8	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Msal_06	1.3	Muy alta	Contaminación muy fuerte		3.3	Intermedia	Contaminacion media, eutrofizacion acentuada	

46.4.5. IDG en la subzona hidrográfica Alto Saldaña

Según los resultados del índice Diatómico Genérico (IDG) a nivel general, las estaciones evaluadas presentaron un nivel de contaminación muy alto a moderado. Durante el muestreo M1, la estación H_Asal_03 registro los valores de contaminación altos. Las estaciones restantes registraron nivel de contaminación muy alto por materia orgánica, debido a la desaparición de especies sensibles en la comunidad perifítica. Para la segunda época de muestreo (M2), los niveles de contaminación disminuyeron, algunas estaciones como H_Asal_04 y H_Asal_07, pasaron de contaminación muy alta a moderada. Esto posiblemente se relaciona con las lluvias que generan un efecto de dilución en los cuerpos de agua mejorando temporalmente las condiciones de estos.

Tabla 737. Índice diatómico genérico de las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Alto Saldaña.

Cuerpo de agua	IDGM1	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica	IDGM2	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica
H_Asal_01	1.75	Muy alta	Contaminación muy fuerte		3.33	Intermedia	Contaminación media, eutrofización acentuada	
H_Asal_02					3.36	Intermedia	Contaminación media, eutrofización acentuada	
H_Asal_03	2.14	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte		2.97	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Asal_04	1.08	Muy alta	Contaminación muy fuerte		3.63	Moderada	Contaminación moderada	
H_Asal_05	1.66	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.66	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Asal_07	1.13	Muy alta	Contaminación muy fuerte		3.62	Moderada	Contaminación moderada	

46.4.6. IDG en la subzona hidrográfica del río Amoyá

Según los resultados del índice Diatómico Genérico (IDG) a nivel general, las estaciones evaluadas presentaron un nivel de contaminación muy alto a alto Durante el muestreo M1 todas las estaciones presentaron un nivel de contaminación muy alto, el cual disminuyo a alto durante el segundo muestreo de lluvias altas. Esto posiblemente se relaciona con las lluvias que generan un efecto de dilución en los cuerpos de agua mejorando temporalmente las condiciones de estos.

Tabla 738. Índice diatómico genérico de las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Amoyá.

Cuerpo de agua	IDGM1	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica	IDGM2	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica
H_Amoy_01	1.70	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.29	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Amoy_02	1.19	Muy alta	Contaminación		2.88	Alta	Desaparición	

			muy fuerte				de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Amoy_03	1.26	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.67	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Amoy_04	1.02	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.68	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Amoy_05	1.23	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.92	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Amoy_06	1.26	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.87	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Amoy_07	1.73	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.81	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Amoy_08	1.05	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.84	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	

46.4.7. IDG en la subzona hidrográfica del río Anamichú

Según los resultados del índice Diatómico Genérico (IDG), a nivel general, las estaciones evaluadas presentaron un nivel de contaminación muy alto a intermedio. Esto, debido a la desaparición de especies sensibles, posiblemente asociado a contaminación en el cuerpo de agua. Durante el muestreo M1 todas las estaciones registraron niveles de contaminación muy altos, los cuales disminuyeron a intermedio en H_Anam_01 y a alto en las estaciones restantes durante la época de altas precipitaciones M2. Esto posiblemente se relaciona con las lluvias que generan un efecto de dilución en los cuerpos de agua mejorando temporalmente las condiciones de estos.

Tabla 739. Índice diatómico genérico de las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Anamichú.

Cuerpo de agua	IDGM 1	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica	IDGM 2	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica
H_Anam_01	1.1	Muy alta	Contaminación muy fuerte		3.20	Intermedia	Contaminación media, eutrofización acentuada	
H_Anam_02	1.7	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.51	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Anam_03	1.8	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.81	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Anam_04	1.8	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.32	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	

46.4.8. IDG en la subzona hidrográfica del río Cambrín

Según los resultados del índice Diatómico Genérico (IDG) a nivel general, las estaciones evaluadas presentaron un nivel de contaminación muy alto a intermedio. Durante el muestreo M1 las estaciones todas las estaciones registraron niveles de contaminación muy altos. Para el muestreo dos, se registraron cambios leves en el nivel de contaminación en las estaciones, presentándose contaminación alta en las estaciones H_Cam_01 y H_Cam_03 y en la estación H_Cam_02 un nivel de contaminación intermedio. Esto se debe principalmente a que cada tributario y zona del cauce principal presenta condiciones y afectaciones particulares que pueden afectar la distribución de los organismos. Los cambios que se presentan en este estudio se relaciones con el régimen hidrológico y el efecto que este tiene en las cuencas hidrográficas.

Tabla 740. Índice diatómico genérico de las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Cambrin.

Cuerpo de agua	IDGM 1	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica	IDGM 2	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica
H_Cam_01	1.5	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.4	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Cam_02	1.3	Muy alta	Contaminación muy fuerte		3.0	Intermedia	Contaminación media, eutrofizacion acentuada	
H_Cam_03	2.0	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.8	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	

46.4.9. IDG en la subzona hidrográfica del río Atá

Según los resultados del índice Diatómico Genérico (IDG), en general las estaciones evaluadas presentaron un nivel de contaminación muy intermedio a alto. Durante el muestreo uno las estaciones H_Ata_02 y H_Ata_05, registraron contaminación alta, por desaparición de especies sensibles y contaminación fuerte. Las estaciones restantes registraron contaminación muy fuerte. Durante el muestreo M2 se registraron niveles de contaminación inferiores siendo H_Ata_03 y H_Ata_05, las estaciones con contaminación alta, las demás se clasificaron en contaminación intermedia. Esto posiblemente se relaciona con las lluvias que generan un efecto de dilución en los cuerpos de agua mejorando temporalmente las condiciones de estos.

Tabla 741. Índice diatómico genérico de las estaciones de la subzona hidrográfica del Río Ata.

Cuerpo de agua	IDGM 1	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica	IDGM 2	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica
H_Ata_01	1.8	Muy alta	Contaminación muy fuerte		3.0	Intermedia	Contaminación media, eutrofización acentuada	
H_Ata_02	2.1	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte		3.1	Intermedia	Contaminación media, eutrofización	

Cuerpo de agua	IDGM 1	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica	IDGM 2	Nivel de contaminación orgánica	Significado	Catalogación colorimétrica
							acentuada	
H_Ata_03	1.7	Muy alta	Contaminación muy fuerte		2.7	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Ata_04	1.5	Muy alta	Contaminación muy fuerte		3.3	Intermedia	Contaminación media, eutrofización acentuada	
H_Ata_05	2.2	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte		2.8	Alta	Desaparición de especies sensibles, contaminación fuerte	
H_Ata_06	1.4	Muy alta	Contaminación muy fuerte		3.3	Intermedia	Contaminación media, eutrofización acentuada	
H_Ata_07	1.1	Muy alta	Contaminación muy fuerte		3.4	Intermedia	Contaminación media, eutrofización acentuada	

47. Indicadores de Riesgo en la Evaluación Regional del Agua

47.1. Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico (IVH)

Determina la susceptibilidad del sistema hídrico en mantener una oferta para el abastecimiento de agua. Se calcula a través de una matriz de relación (Tabla 742) entre el índice de retención y regulación hídrica (IRH) y el índice de uso de agua (IUA).

Tabla 742. Matriz de clasificación del índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico. Fuente: (IDEAM, 2020c)

Categoría del IUA	Categoría de regulación	Categoría IVH
Muy bajo	Alta	Muy Baja
Muy bajo	Moderada	Baja
Muy bajo	Baja	Media
Muy bajo	Muy Baja	Media
Bajo	Alta	Baja
Bajo	Moderada	Baja
Bajo	Baja	Media
Bajo	Muy Baja	Media
Moderado	Alta	Media
Moderado	Moderada	Media
Moderado	Baja	Alta
Moderado	Muy Baja	Alta
Alto	Alta	Media
Alto	Moderada	Alta
Alto	Baja	Alta
Alto	Muy Baja	Muy Alta
Muy Alto	Alta	Media
Muy Alto	Moderada	Alta
Muy Alto	Baja	Alta
Muy Alto	Muy Baja	Muy Alta

En la subzona hidrográfica del río Pată se observa una vulnerabilidad Baja al desabastecimiento hídrico en ambas condiciones hidrológicas para las unidades río Pată 8, quebrada Canoas, río Pată 7, quebrada Salitre, río Pată 6, río Pată 5, quebrada Tambilla, río Pată 4, quebrada Chilirco, quebrada Buenos Aires y drenajes directos al Magdalena, esto se debe a que presentan índices de uso del agua clasificados como Muy Bajo y Bajo. En las unidades restantes la vulnerabilidad es Muy Baja dada su Alta capacidad de regulación hídrica aunada a un índice de uso Muy Bajo (*Tabla 743*, *Tabla 744*, *Figura 1018* y *Figura 1019*).

En la subzona hidrográfica del río Chenche, Anchique y drenajes directos al Magdalena se presenta en las unidades de análisis quebrada Carmen y quebrada Yaco una Alta vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico debido a que en ambos casos confluye una Baja y Moderada capacidad de regulación hídrica con un Alto y Muy Alto índice de uso del agua (*Figura 1020*, *Figura 1021*, *Tabla 745* y *Tabla 746*) para las dos

condiciones hidrológicas, a excepción de quebrada Carmen que presenta Muy Alta vulnerabilidad hídrica en año seco.. En el caso de quebrada Baloca Grande, quebrada Totarco, río Anchique 3 y drenajes directos al Magdalena se presenta una vulnerabilidad Media, ya que presentan índices de uso desde Alto a Moderado, y cuentan con una Alta a Moderada capacidad de regulación hídrica. En el resto de las unidades de análisis persiste una vulnerabilidad Baja y Muy Baja en ambas condiciones hidrológicas, a excepción de río Hilarco, río Chenche 1 y río Chenche 2 los cuales registran un aumento en la vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico a la categoría Media en año seco debido al aumento en su índice de uso del agua.

Para la subzona hidrográfica Bajo Saldaña se observa Muy Alta vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico en las unidades de análisis quebrada Lemayá y quebrada Chicora en año medio y año seco (*Tabla 747* y *Tabla 748*), ello debido a que confluyen una Muy Baja capacidad de retención y regulación hídrica con un índice de uso del agua Muy Alto. Una vulnerabilidad Media al desabastecimiento hídrico se presenta en las unidades de análisis quebrada Pedregosa, río Saldaña 17, quebrada Aico, y río Saldaña 12, debido a que a pesar de tener un índice de uso del agua Alto, tienen una Muy Baja capacidad de regulación hídrica. Las siete unidades restantes presentan Baja y Muy Baja vulnerabilidad dada la baja presión por el uso del agua.

Las unidades de análisis quebrada Paipa y quebrada Guanábano tienen una vulnerabilidad Baja al desabastecimiento hídrico en año medio por tener Muy Alta y Alta capacidad de regulación hídrica y una Baja presión por el uso del agua (*Tabla 749*, *Tabla 750*, *Figura 1024* y *Figura 1025*), en el resto de las unidades de análisis de la subzona hidrográfica Medio Saldaña se identifica una vulnerabilidad al desabastecimiento Muy Baja ya que su índice de uso se clasifica como Muy Bajo con una capacidad de regulación hídrica Alta. Para la condición hidrológica de año seco la vulnerabilidad se incrementa a Media en las unidades de análisis quebrada Paipa, y quebrada Guanábano porque se incrementa el índice de uso del agua a Moderado y Alto.

La totalidad de unidades de análisis en la subzona hidrográfica Alto Saldaña coinciden en mantener una vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico Baja y Muy Baja en las condiciones hidrológicas de año medio y año seco, debido a que presentan una Alta y Muy Alta capacidad de regulación hídrica aunada a presiones Baja y Muy Baja por el uso del agua (*Figura 1026*, *Figura 1027*, *Tabla 751* y *Tabla 752*).

En la subzona hidrográfica del río Amoyá se presenta una vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico Muy Alta en las unidades de análisis río Amoyá 7 y río Amoyá 6 en año medio, resultados asociados a un índice de uso del agua Crítico. La vulnerabilidad es Media en las unidades de análisis quebrada Guaní y quebrada San

Jorge asociadas a un índice de uso Alto y Muy Alto respectivamente en año medio. Para el resto de las unidades de análisis se identifica Baja y Muy Baja vulnerabilidad debido al Bajo y Muy Bajo valor del índice de uso del agua en presencia de una Alta y Muy Alta capacidad de regulación hídrica. Esta categorización de la vulnerabilidad se mantiene en la condición de año seco, a excepción de las unidades de análisis quebrada Guaní, quebrada San Jorge y quebrada Neme, en las cuales su índice de uso del agua aumenta a Crítico y Moderado conllevando a un aumento en la vulnerabilidad al desabastecimiento (*Tabla 753*, *Tabla 754*, *Figura 1028* y *Figura 1029*).

Para la subzona hidrográfica del río Anamichú se observa una Baja y Muy Baja vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico ya que se presenta una Alta capacidad de regulación hídrica en 20 de sus 22 unidades hidrológicas de análisis, y una Baja a Muy Baja presión por el uso del agua en toda la subzona tanto en condición hidrológica de año medio como de año seco (*Figura 1030*, *Figura 1031*, *Tabla 755* y *Tabla 756*).

Las cinco unidades de análisis en la subzona hidrográfica del río Cambrín tienen una vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico Muy Baja en ambas condiciones hidrológicas (año medio y año seco) ya que mantienen una Alta capacidad de regulación y retención hídrica asociada a un índice de uso del agua Muy Bajo (*Tabla 757*, *Tabla 758*, *Figura 1032* y *Figura 1033*).

En la subzona hidrográfica del río Atá se observa que la unidad de análisis río Claro tiene una vulnerabilidad Media al desabastecimiento hídrico debido a su Baja capacidad de regulación y retención hídrica. En el resto de las unidades de análisis se tiene una vulnerabilidad Baja a Muy Baja dada la Alta y Muy Alta capacidad de retención hídrica e índices de uso del agua con clasificación como Bajo y Muy Bajo (*Figura 1034* y *Tabla 759*), lo cual se mantiene en la condición hidrológica de año seco (*Figura 1035* y *Tabla 760*).

47.1.1. IVH en la subzona hidrográfica del río Patá

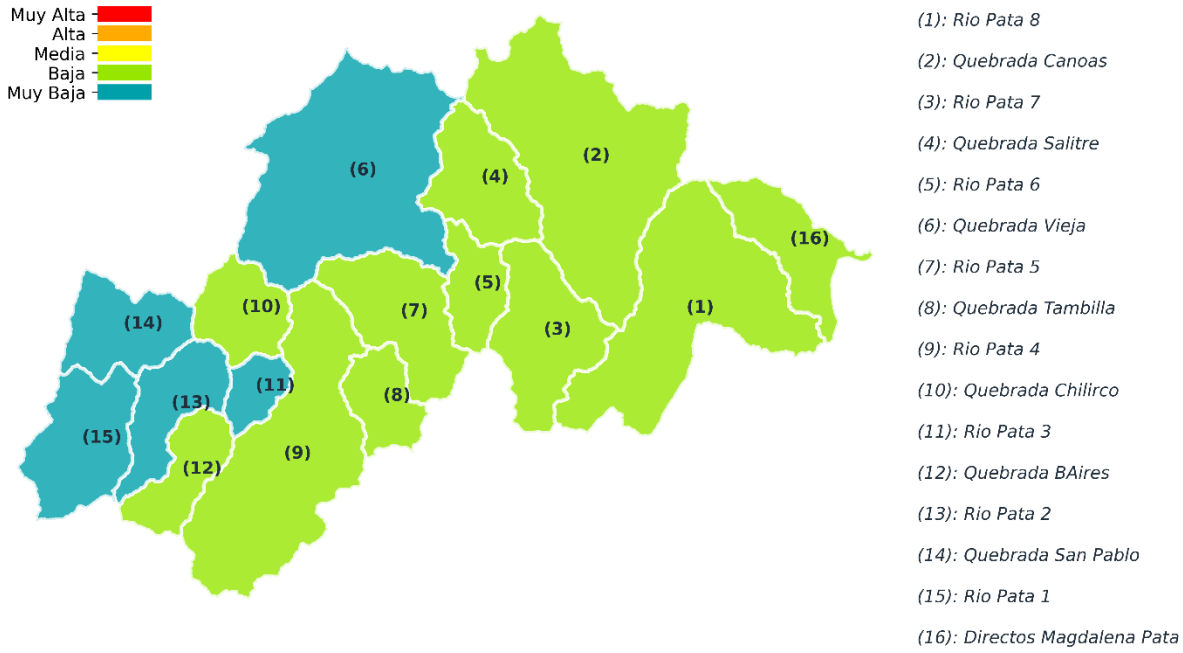


Figura 1018. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Patá

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año medio)	IVH (año medio)
Rio Pata 8	Alta	Bajo	Baja
Quebrada Canoas	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Pata 7	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Salitre	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Pata 6	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Vieja	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Pata 5	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Tambilla	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Pata 4	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Chilirco	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Pata 3	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada BAires	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Pata 2	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada San Pablo	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Pata 1	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Directos Magdalena Pata	Alta	Bajo	Baja

Tabla 743. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Patá

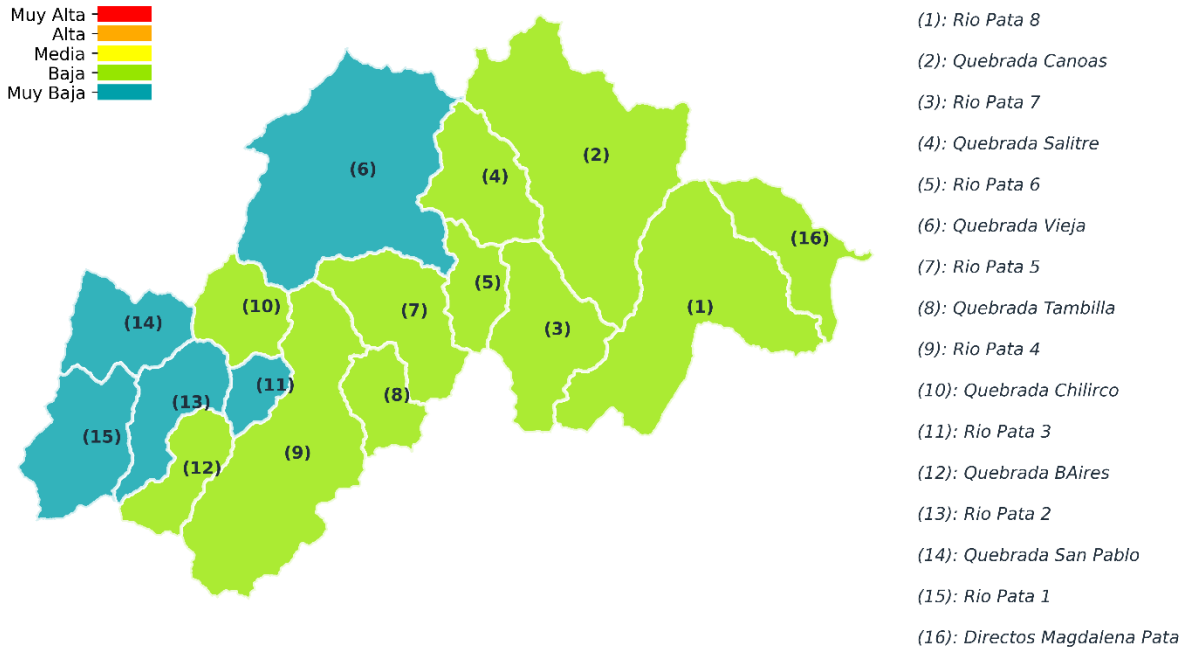


Figura 1019. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Patá

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año seco)	IVH (año seco)
Rio Pata 8	Alta	Bajo	Baja
Quebrada Canoas	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Pata 7	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Salitre	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Pata 6	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Vieja	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Pata 5	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Tambilla	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Pata 4	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Chilirco	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Pata 3	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada BAires	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Pata 2	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada San Pablo	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Pata 1	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Directos Magdalena Pata	Alta	Bajo	Baja

Tabla 744. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Patá

47.1.2. IVH en la subzona hidrográfica del río Chenche, Anchique y drenajes directos al Magdalena

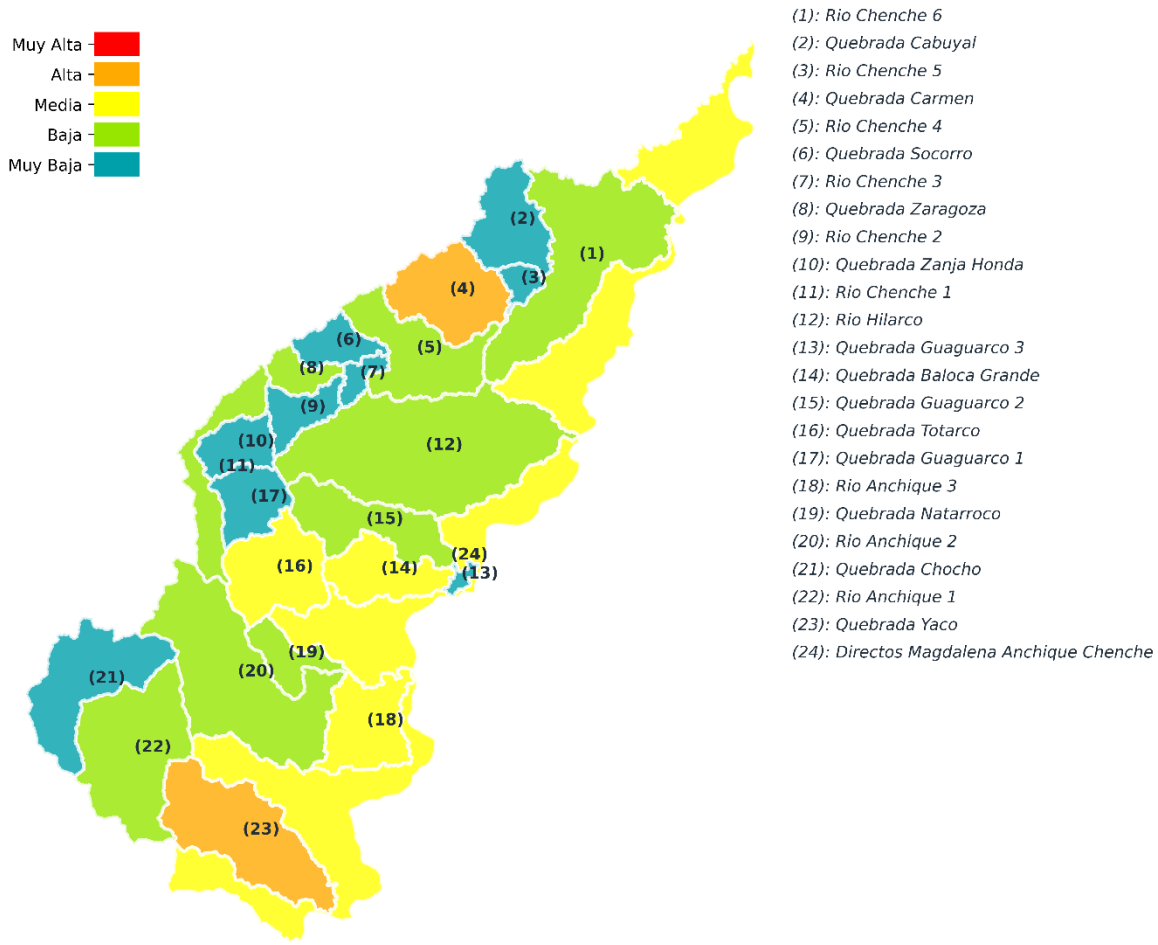


Figura 1020. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Chenche, Anchique y drenajes directos al Magdalena

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año medio)	IVH (año medio)
Rio Chenche 6	Alta	Bajo	Baja
Quebrada Cabuyal	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Chenche 5	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Carmen	Baja	Muy Alto	Alta
Rio Chenche 4	Alta	Bajo	Baja
Quebrada Socorro	Muy Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Chenche 3	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Zaragoza	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Chenche 2	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Zanja Honda	Muy Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Chenche 1	Alta	Bajo	Baja
Rio Hilarco	Alta	Bajo	Baja
Quebrada Guaguarco 3	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Baloca Grande	Alta	Alto	Media

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año medio)	IVH (año medio)
Quebrada Guaguarco 2	Alta	Bajo	Baja
Quebrada Totarco	Moderada	Moderado	Media
Quebrada Guaguarco 1	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Anchique 3	Alta	Moderado	Media
Quebrada Natarroco	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Anchique 2	Alta	Bajo	Baja
Quebrada Chocho	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Anchique 1	Alta	Bajo	Baja
Quebrada Yaco	Moderada	Alto	Alta
Directos Magdalena Anchique Chenche	Alta	Alto	Media

Tabla 745. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Chenche, Anchique y drenajes directos al Magdalena

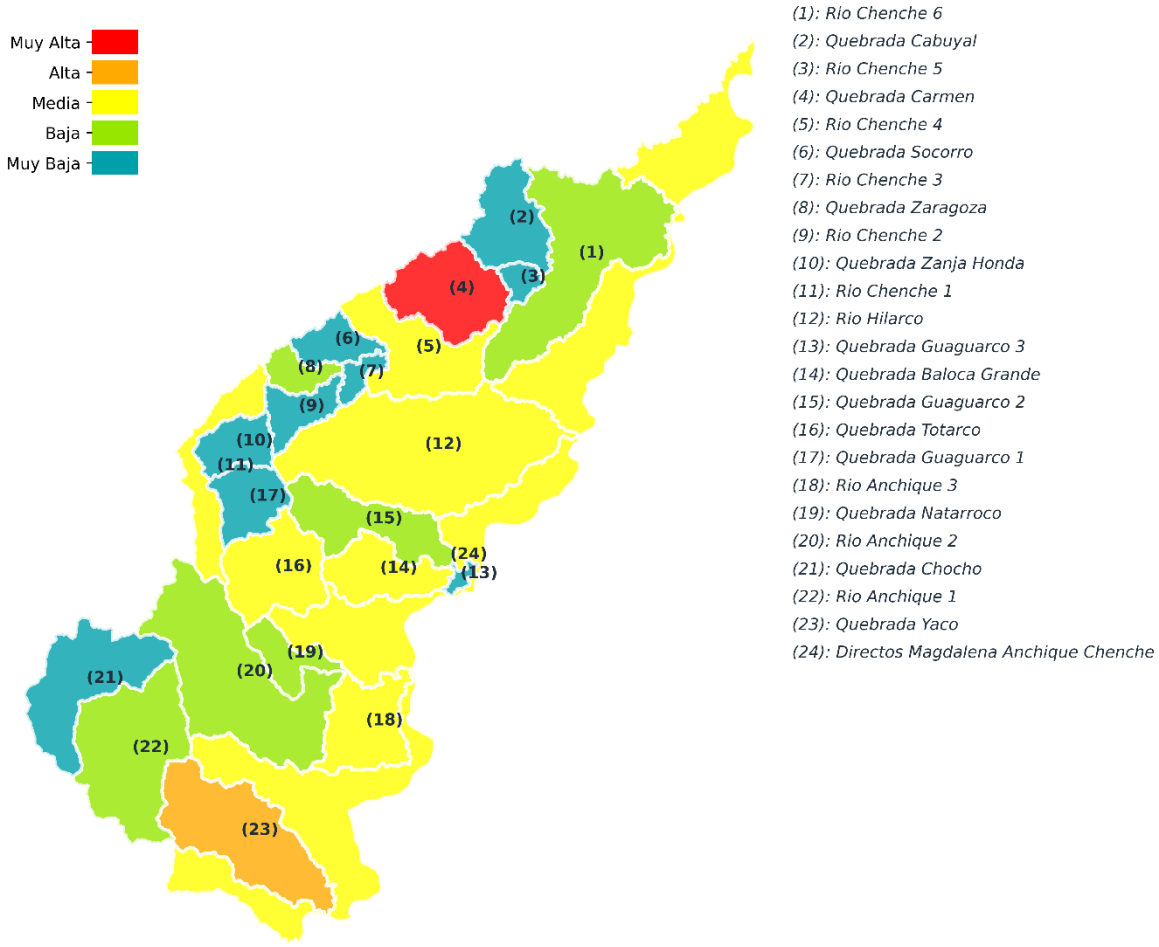


Figura 1021. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Chenche, Anchique y drenajes directos al Magdalena

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año seco)	IVH (año seco)
Rio Chenche 6	Alta	Bajo	Baja
Quebrada Cabuyal	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Chenche 5	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Carmen	Baja	Crítico	Muy Alta
Rio Chenche 4	Alta	Moderado	Media
Quebrada Socorro	Muy Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Chenche 3	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Zaragoza	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Chenche 2	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Zanja Honda	Muy Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Chenche 1	Alta	Moderado	Media
Rio Hilarco	Alta	Moderado	Media
Quebrada Guaguarco 3	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Baloca Grande	Alta	Alto	Media
Quebrada Guaguarco 2	Alta	Bajo	Baja
Quebrada Totarco	Moderada	Moderado	Media
Quebrada Guaguarco 1	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Anchique 3	Alta	Moderado	Media
Quebrada Natarroco	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Anchique 2	Alta	Bajo	Baja
Quebrada Chocho	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Anchique 1	Alta	Bajo	Baja
Quebrada Yaco	Moderada	Muy Alto	Alta
Directos Magdalena Anchique Chenche	Alta	Muy Alto	Media

Tabla 746. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Chenche, Anchique y drenajes directos al Magdalena

47.1.3. IVH en la subzona hidrográfica Bajo Saldaña

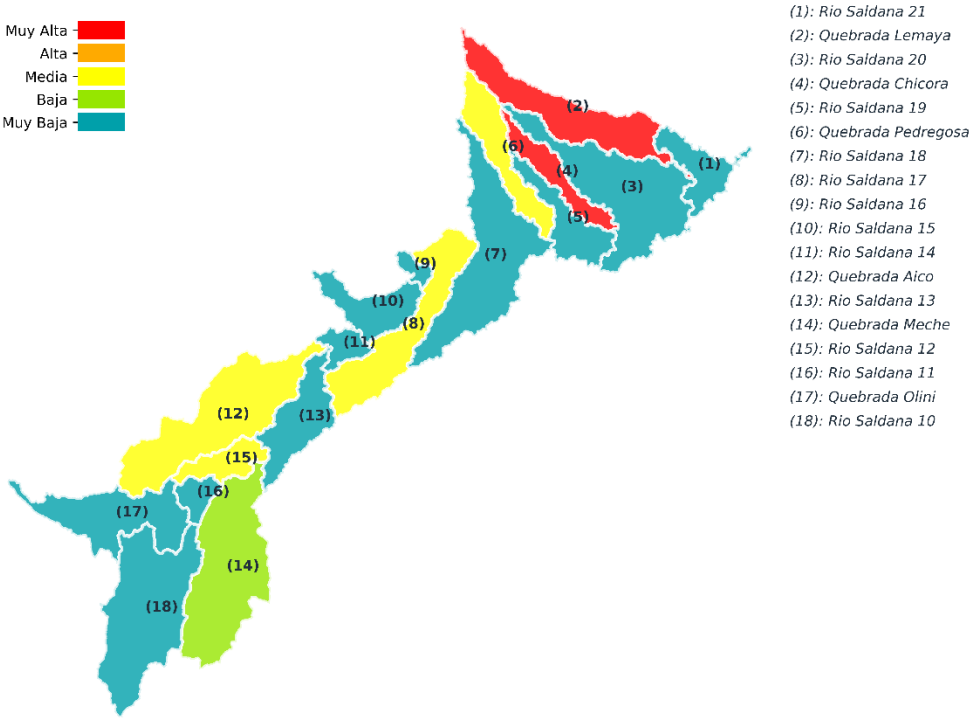


Figura 1022. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH Bajo Saldaña

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año medio)	IVH (año medio)
Rio Saldana 21	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Lemaya	Muy Baja	Crítico	Muy Alta
Rio Saldana 20	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Chicora	Muy Baja	Muy Alto	Muy Alta
Rio Saldana 19	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Pedregosa	Muy Baja	Bajo	Media
Rio Saldana 18	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Saldana 17	Muy Alta	Alto	Media
Rio Saldana 16	Muy Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Saldana 15	Muy Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Saldana 14	Muy Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Aico	Baja	Muy Bajo	Media
Rio Saldana 13	Muy Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Meche	Moderada	Bajo	Baja
Rio Saldana 12	Muy Alta	Alto	Media
Rio Saldana 11	Muy Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Olini	Muy Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Saldana 10	Muy Alta	Muy Bajo	Muy Baja

Tabla 747. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH Bajo Saldaña

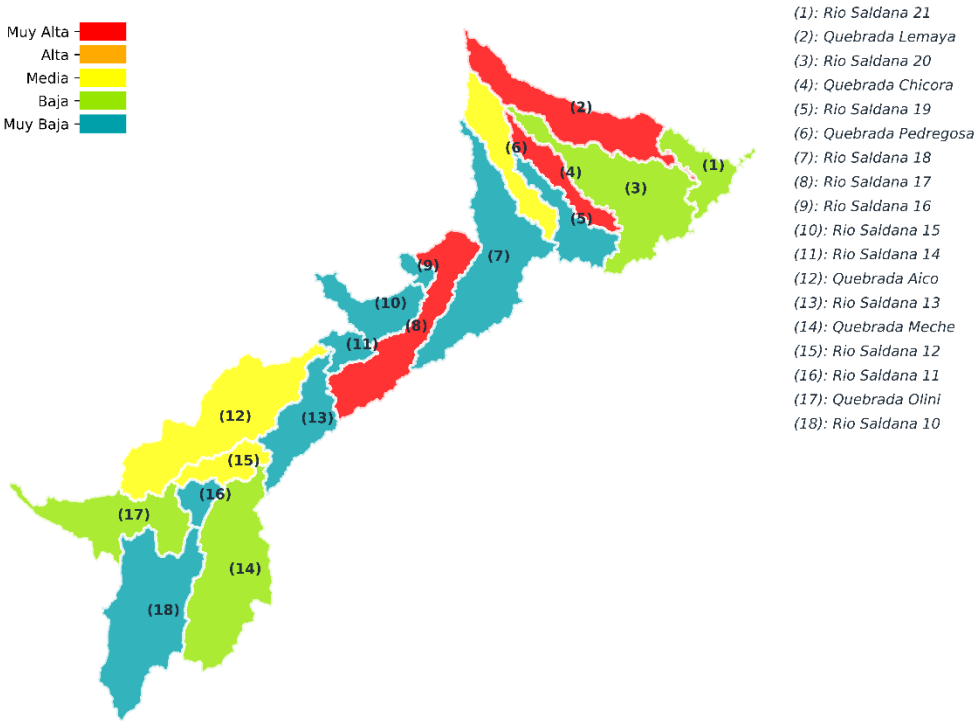


Figura 1023. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH Bajo Saldaña

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año seco)	IVH (año seco)
Rio Saldana 21	Alta	Bajo	Baja
Quebrada Lemaya	Muy Baja	Crítico	Muy Alta
Rio Saldana 20	Alta	Bajo	Baja
Quebrada Chicora	Muy Baja	Muy Alto	Muy Alta
Rio Saldana 19	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Pedregosa	Muy Baja	Bajo	Media
Rio Saldana 18	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Saldana 17	Muy Alta	Crítico	Muy Alta
Rio Saldana 16	Muy Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Saldana 15	Muy Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Saldana 14	Muy Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Aico	Baja	Muy Bajo	Media
Rio Saldana 13	Muy Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Meche	Moderada	Bajo	Baja
Rio Saldana 12	Muy Alta	Muy Alto	Media
Rio Saldana 11	Muy Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Olini	Muy Alta	Bajo	Baja
Rio Saldana 10	Muy Alta	Muy Bajo	Muy Baja

Tabla 748. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH Bajo Saldaña

47.1.4. IVH en la subzona hidrográfica Medio Saldaña

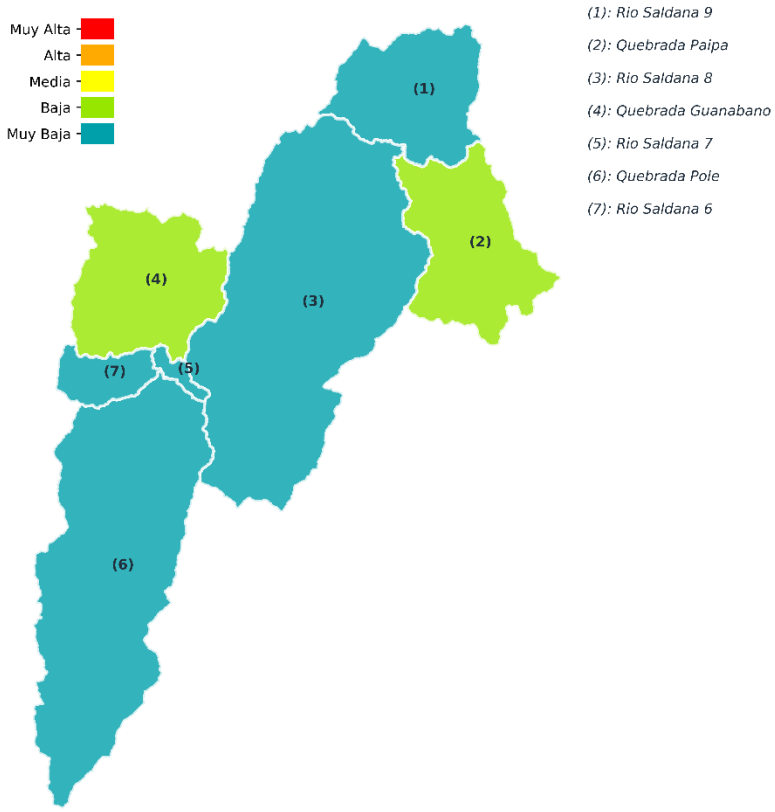


Figura 1024. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH Medio Saldaña

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año medio)	IVH (año medio)
Rio Saldana 9	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Paipa	Muy Alta	Bajo	Baja
Rio Saldana 8	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Guanabano	Alta	Bajo	Baja
Rio Saldana 7	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Pole	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Saldana 6	Alta	Muy Bajo	Muy Baja

Tabla 749. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH Medio Saldaña

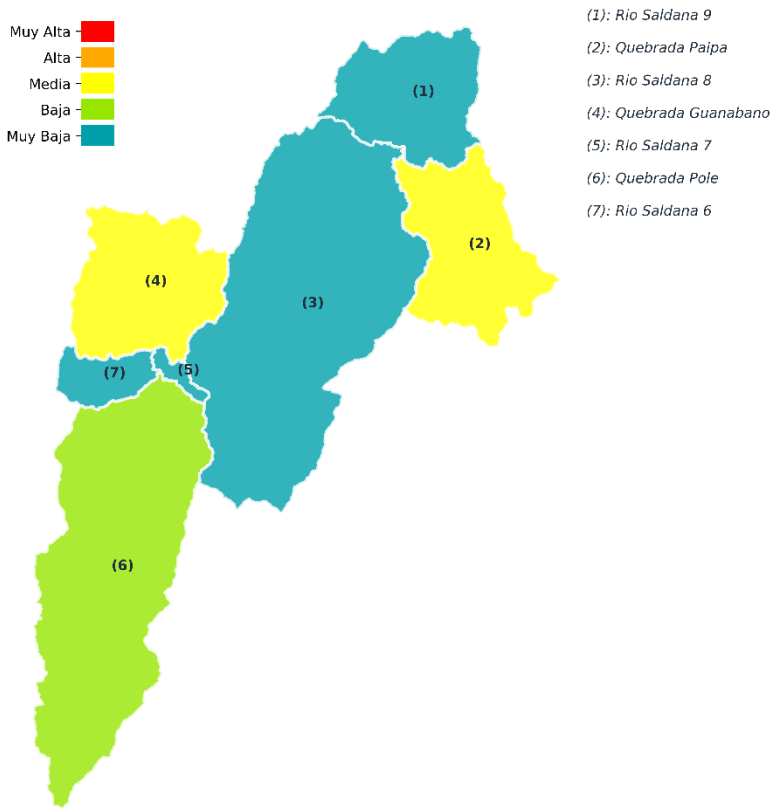


Figura 1025. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH Medio Saldaña

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año seco)	IVH (año seco)
Rio Saldana 9	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Paipa	Muy Alta	Alto	Media
Rio Saldana 8	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Guanabano	Alta	Moderado	Media
Rio Saldana 7	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Pole	Alta	Bajo	Baja
Rio Saldana 6	Alta	Muy Bajo	Muy Baja

Tabla 750. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH Medio Saldaña

47.1.5. IVH en la subzona hidrográfica Alto Saldaña

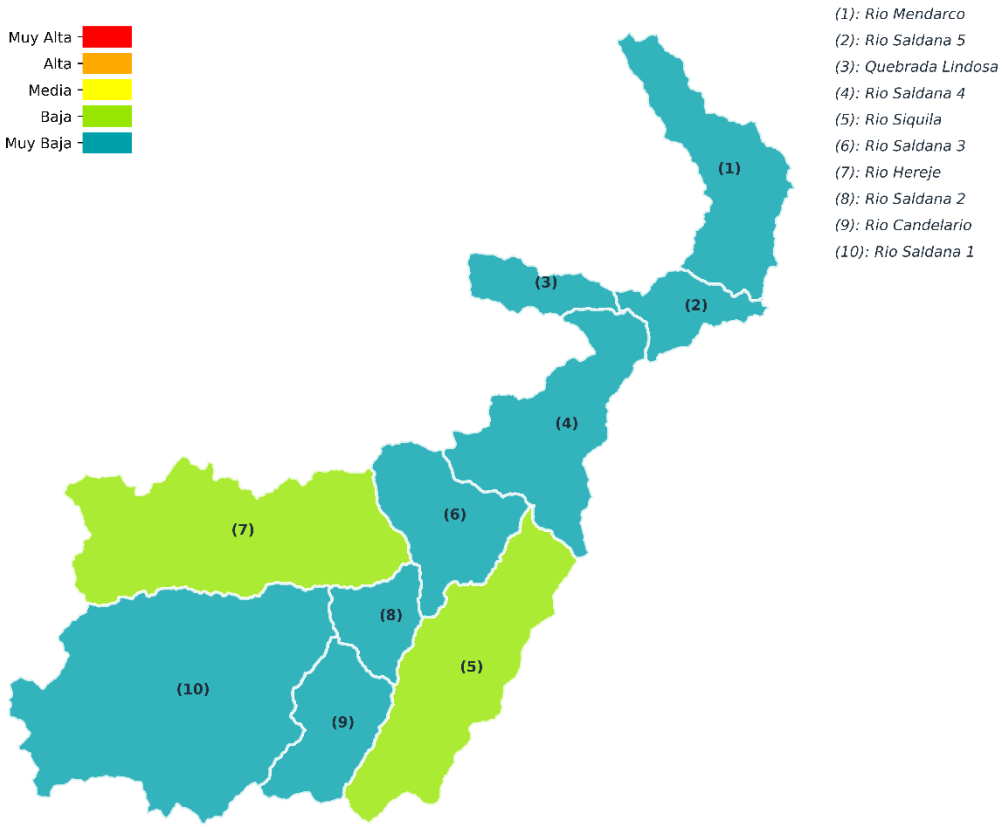


Figura 1026. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH Alto Saldaña

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año medio)	IVH (año medio)
Rio Mendarco	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Saldana 5	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Lindosa	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Saldana 4	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Siquila	Muy Alta	Bajo	Baja
Rio Saldana 3	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Hereje	Alta	Bajo	Baja
Rio Saldana 2	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Candelario	Muy Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Saldana 1	Alta	Muy Bajo	Muy Baja

Tabla 751. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH Alto Saldaña

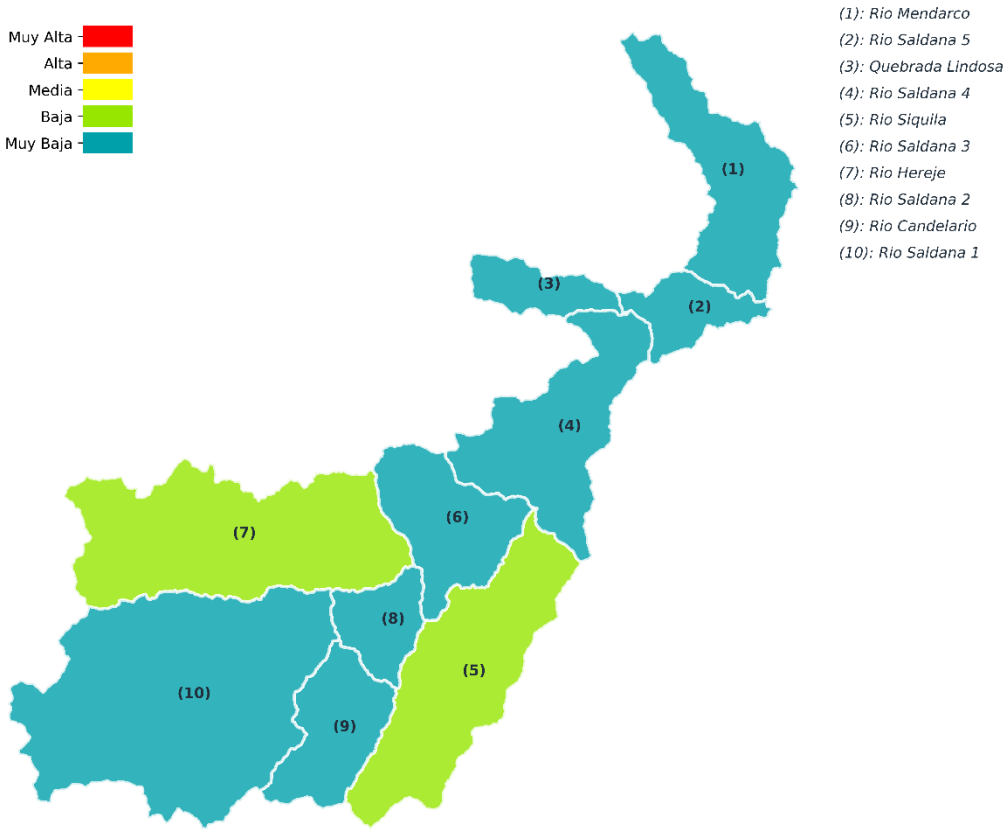


Figura 1027. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH Alto Saldaña

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año seco)	IVH (año seco)
Rio Mendarco	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Saldana 5	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Lindosa	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Saldana 4	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Siquila	Muy Alta	Bajo	Baja
Rio Saldana 3	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Hereje	Alta	Bajo	Baja
Rio Saldana 2	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Candelario	Muy Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Saldana 1	Alta	Muy Bajo	Muy Baja

Tabla 752. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH Alto Saldaña

47.1.6. IVH en la subzona hidrográfica del río Amoyá

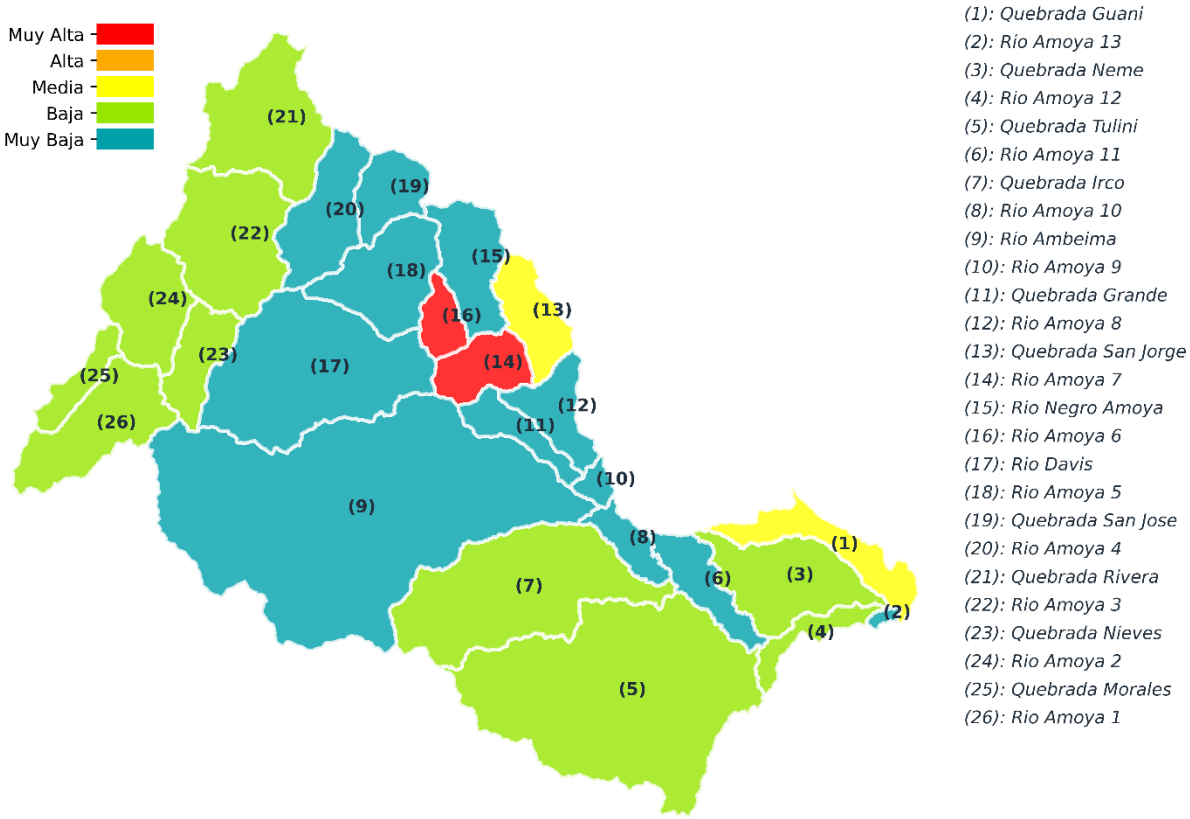


Figura 1028. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Amoyá

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año medio)	IVH (año medio)
Quebrada Guani	Alta	Alto	Media
Rio Amoya 13	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Neme	Alta	Bajo	Baja
Rio Amoya 12	Alta	Bajo	Baja
Quebrada Tulini	Alta	Bajo	Baja
Rio Amoya 11	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Irco	Alta	Bajo	Baja
Rio Amoya 10	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Ambeima	Muy Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Amoya 9	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Grande	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Amoya 8	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada San Jorge	Muy Alta	Muy Alto	Media
Rio Amoya 7	Alta	Crítico	Muy Alta
Rio Negro Amoya	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Amoya 6	Alta	Crítico	Muy Alta
Rio Davis	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Amoya 5	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada San Jose	Alta	Muy Bajo	Muy Baja

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año medio)	IVH (año medio)
Rio Amoya 4	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Rivera	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Amoya 3	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Nieves	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Amoya 2	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Morales	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Amoya 1	Moderada	Muy Bajo	Baja

Tabla 753. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Amoyá

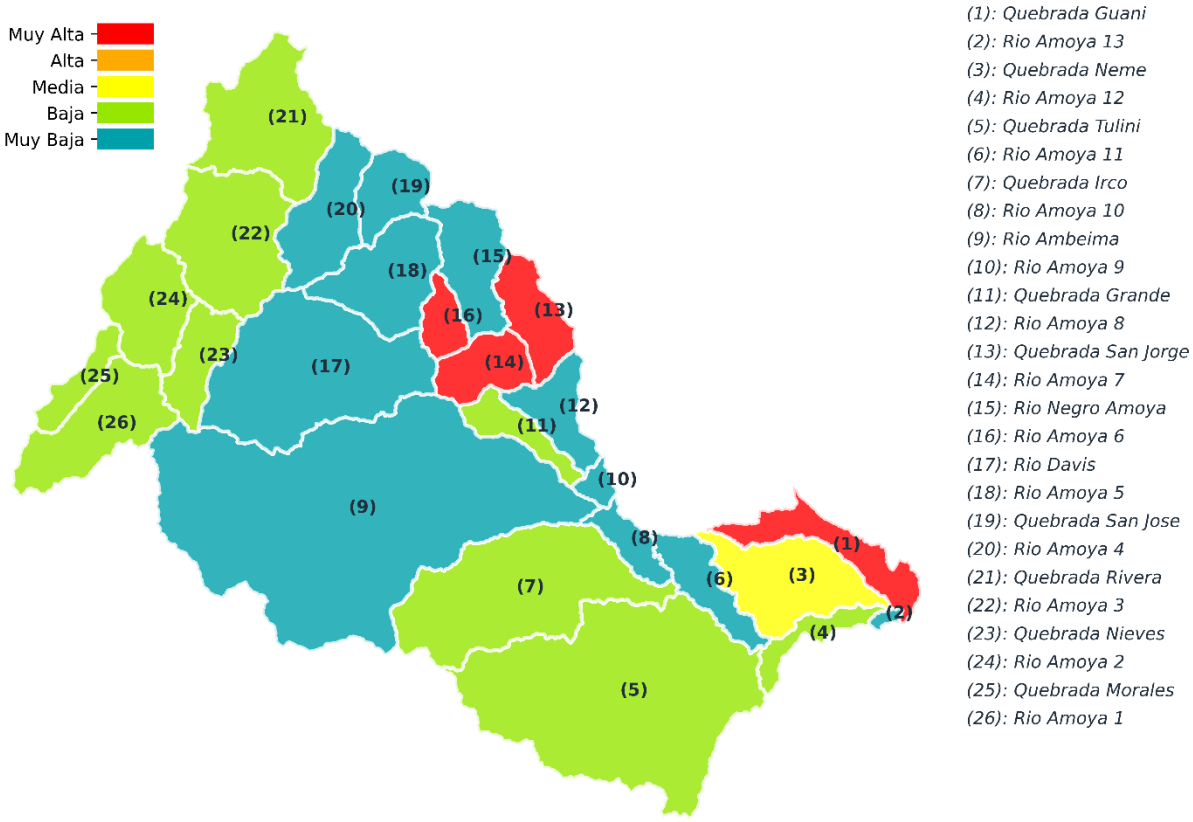


Figura 1029. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Amoyá

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año seco)	IVH (año seco)
Quebrada Guani	Alta	Crítico	Muy Alta
Rio Amoya 13	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Neme	Alta	Moderado	Media
Rio Amoya 12	Alta	Bajo	Baja
Quebrada Tulini	Alta	Bajo	Baja
Rio Amoya 11	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Irco	Alta	Bajo	Baja
Rio Amoya 10	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Ambeima	Muy Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Amoya 9	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Grande	Alta	Bajo	Baja
Rio Amoya 8	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada San Jorge	Muy Alta	Crítico	Muy Alta
Rio Amoya 7	Alta	Crítico	Muy Alta
Rio Negro Amoya	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Amoya 6	Alta	Crítico	Muy Alta
Rio Davis	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Amoya 5	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada San Jose	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Amoya 4	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Rivera	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Amoya 3	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Nieves	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Amoya 2	Moderada	Muy Bajo	Baja
Quebrada Morales	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Amoya 1	Moderada	Muy Bajo	Baja

Tabla 754. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Amoyá

47.1.7. IVH en la subzona hidrográfica del río Anamichú

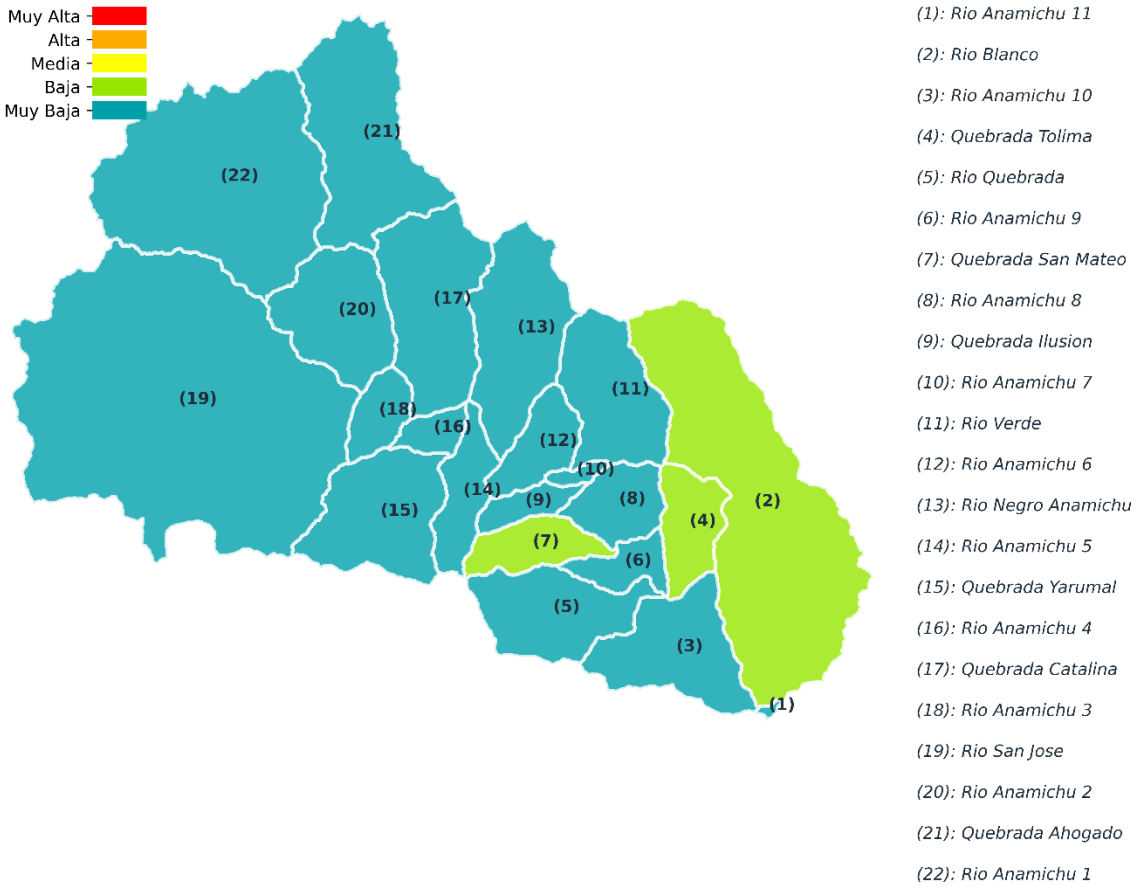


Figura 1030. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Anamichú

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año medio)	IVH (año medio)
Rio Anamichu 11	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Blanco	Alta	Bajo	Baja
Rio Anamichu 10	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Tolima	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Quebrada	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Anamichu 9	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada San Mateo	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Anamichu 8	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Ilusion	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Anamichu 7	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Verde	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Anamichu 6	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Negro Anamichu	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Anamichu 5	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Yarumal	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Anamichu 4	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Catalina	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Anamichu 3	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio San Jose	Alta	Muy Bajo	Muy Baja

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año medio)	IVH (año medio)
Rio Anamichu 2	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Ahogado	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Anamichu 1	Alta	Muy Bajo	Muy Baja

Tabla 755. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Anamichú

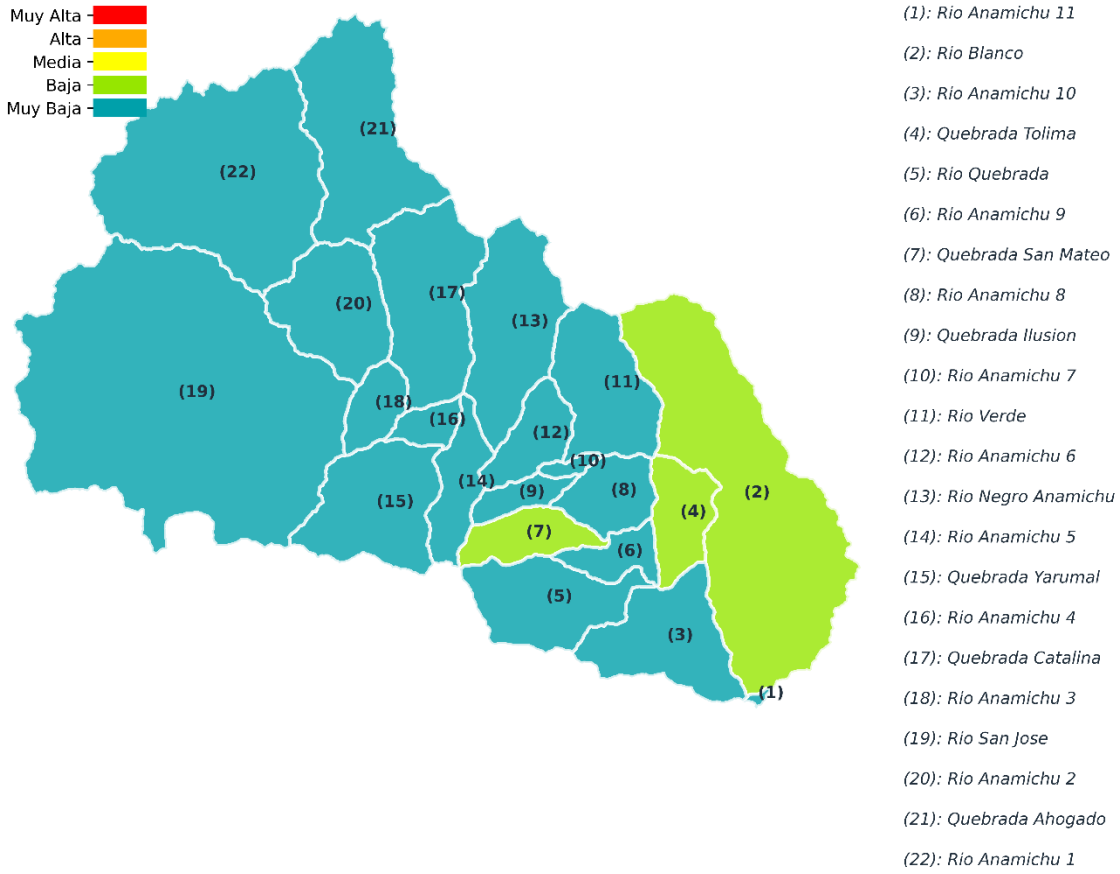


Figura 1031. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Anamichú

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año seco)	IVH (año seco)
Rio Anamichu 11	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Blanco	Alta	Bajo	Baja
Rio Anamichu 10	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Tolima	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Quebrada	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Anamichu 9	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada San Mateo	Moderada	Muy Bajo	Baja
Rio Anamichu 8	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Ilusion	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Anamichu 7	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Verde	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Anamichu 6	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Negro Anamichu	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Anamichu 5	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Yarumal	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Anamichu 4	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Catalina	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Anamichu 3	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio San Jose	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Anamichu 2	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Ahogado	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Anamichu 1	Alta	Muy Bajo	Muy Baja

Tabla 756. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Anamichú

47.1.8. IVH en la subzona hidrográfica del río Cambrín

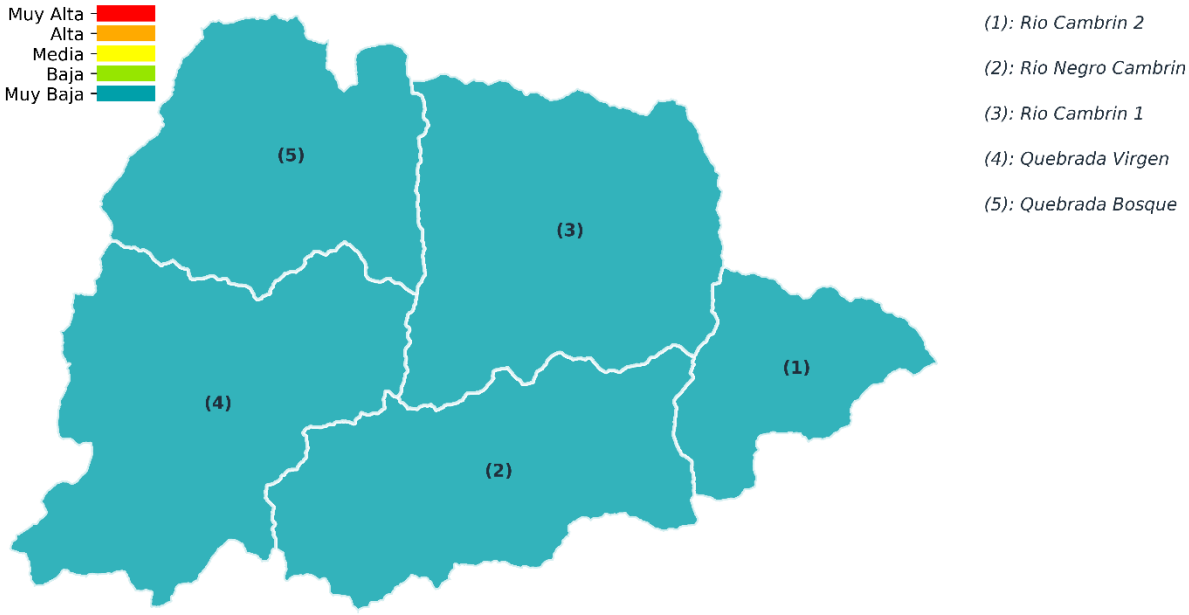


Figura 1032. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Cambrín

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año medio)	IVH (año medio)
Rio Cambrin 2	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Negro Cambrin	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Cambrin 1	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Virgen	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Bosque	Alta	Muy Bajo	Muy Baja

Tabla 757. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Cambrín

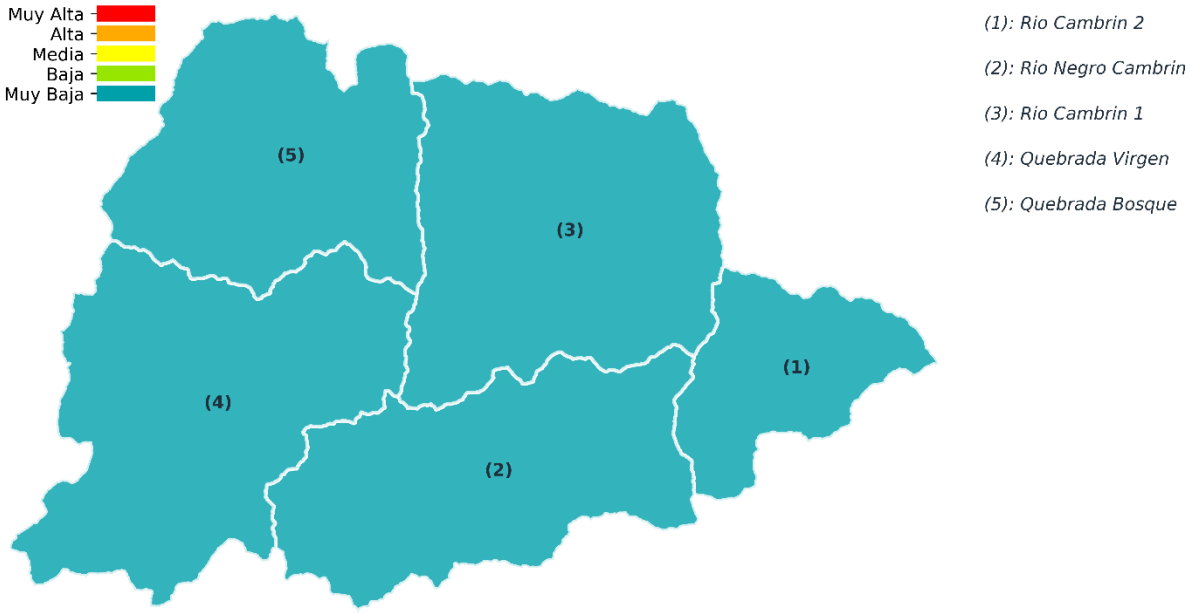


Figura 1033. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Cambrín

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año seco)	IVH (año seco)
Rio Cambrin 2	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Negro Cambrin	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Cambrin 1	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Virgen	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Bosque	Alta	Muy Bajo	Muy Baja

Tabla 758. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Cambrín

47.1.9. IVH en la subzona hidrográfica del río Atá

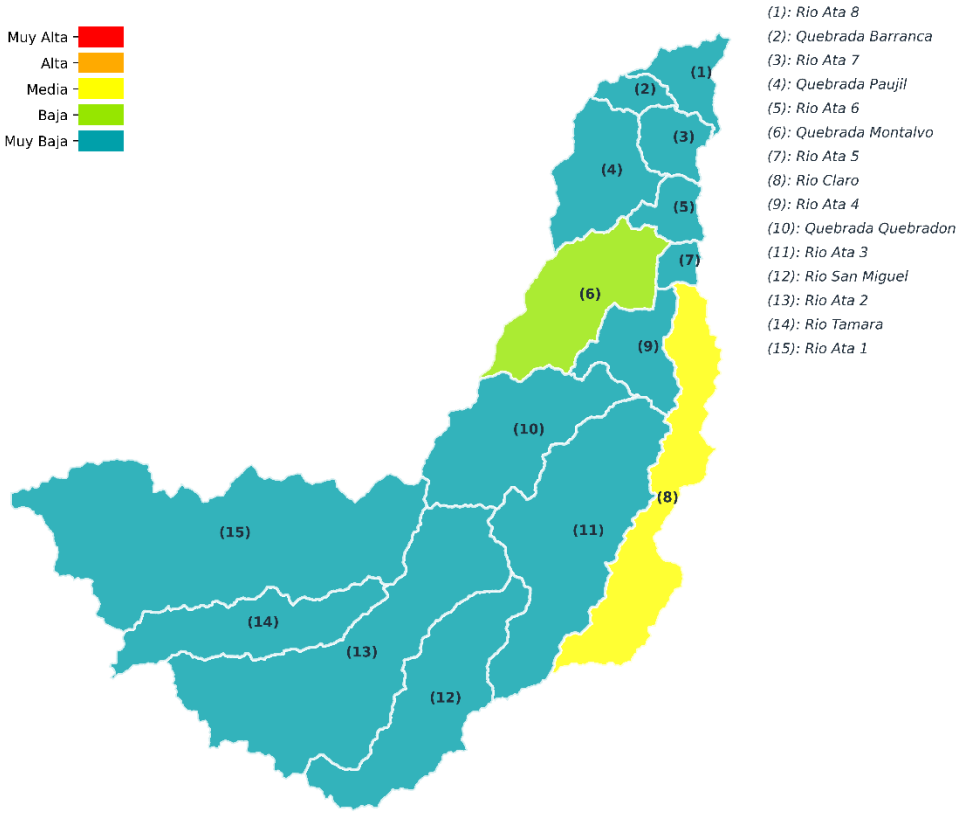


Figura 1034. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Atá

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año medio)	IVH (año medio)
Rio Ata 8	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Barranca	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Ata 7	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Paujil	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Ata 6	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Montalvo	Muy Alta	Bajo	Baja
Rio Ata 5	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Claro	Baja	Muy Bajo	Media
Rio Ata 4	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Quebradon	Muy Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Ata 3	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio San Miguel	Muy Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Ata 2	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Tamara	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Ata 1	Alta	Muy Bajo	Muy Baja

Tabla 759. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año medio en la SZH del río Atá

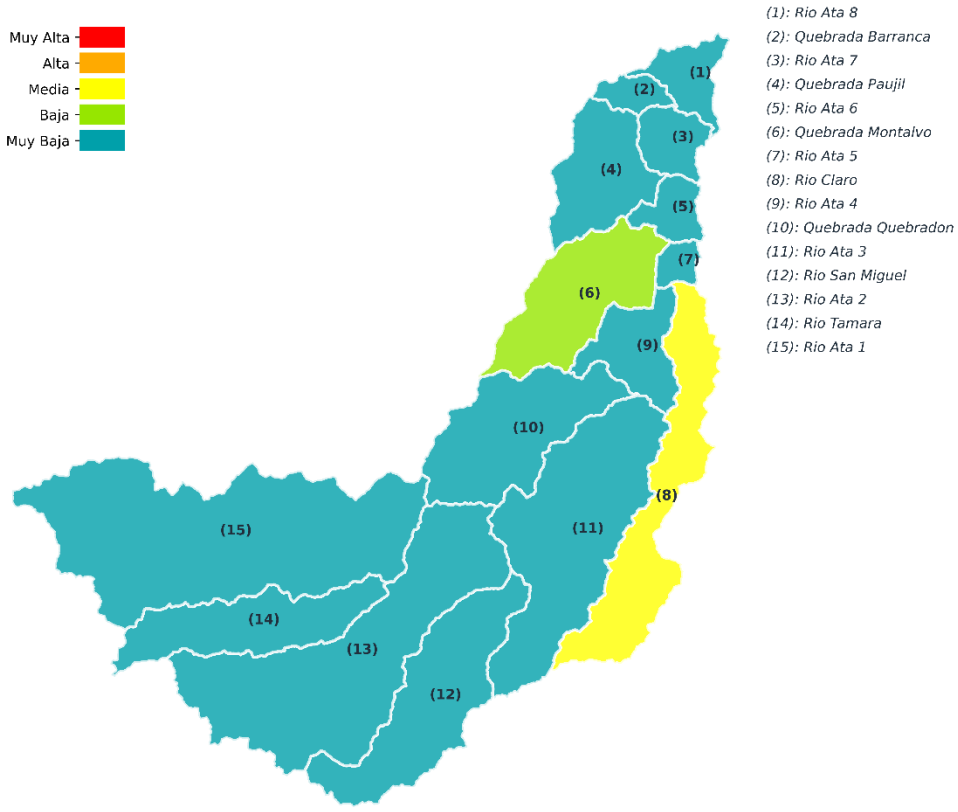


Figura 1035. Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Atá

Unidad de Análisis	Categoría IRH	Categoría IUA (año seco)	IVH (año seco)
Rio Ata 8	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Barranca	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Ata 7	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Paujil	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Ata 6	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Montalvo	Muy Alta	Bajo	Baja
Rio Ata 5	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Claro	Baja	Muy Bajo	Media
Rio Ata 4	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Quebrada Quebradon	Muy Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Ata 3	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio San Miguel	Muy Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Ata 2	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Tamara	Alta	Muy Bajo	Muy Baja
Rio Ata 1	Alta	Muy Bajo	Muy Baja

Tabla 760. Clasificación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para año seco en la SZH del río Atá

47.2. Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales (IVET)

El índice de vulnerabilidad frente a eventos torrenciales (IVET) se calculó a través de la relación entre el índice morfométrico de torrencialidad y el índice de variabilidad de los caudales, cuya clasificación se presenta en la Tabla 761.

Tabla 761. Categorías del índice de vulnerabilidad frente a eventos torrenciales. (Fuente: IDEAM, 2013)

Categoría índice de variabilidad de caudales	Categoría del índice morfométrico de torrencialidad				
	Muy baja	baja	Media	Alta	Muy alta
Muy baja	Muy baja	Muy baja	Media	Alta	Alta
Baja	Baja	Media	Media	Alta	Muy alta
Media	Baja	Media	Alta	Alta	Muy alta
Alta	Media	Media	Alta	Muy alta	Muy alta
Muy alta	Media	Alta	Alta	Muy alta	Muy alta

El índice de variabilidad se definió a partir de la curva de duración de caudales (CDC), en el caso de la ERA se emplearon las series de caudales medios diarios. El valor del índice se obtiene como la pendiente de la CDC entre dos caudales característicos representativos de caudales extremos (mínimos y máximos) a través de la siguiente expresión:

$$IV = \frac{log(Q_i) - log(Q_f)}{log(t_i) - log(t_f)}$$

En la Evaluación Regional del Agua Q_i y Q_f se definen como los caudales característicos Q5 y Q95, ya que estos valores son indicativos de la frecuencia de valores extremos de caudal, t_i y t_f son el respectivo porcentaje del tiempo en el que es excedido el respectivo caudal característico. La Tabla 762 presenta la clasificación del índice de variabilidad de los caudales.

Tabla 762. Clasificación del índice de vulnerabilidad torrencial por variabilidad de caudales. Fuente: IDEAM, 2013

Índice de Variabilidad (Grados)	Categoría	Vulnerabilidad
<10		Muy baja
10.1 - 37		Baja
37.1 - 47		Media
47.1 - 55		Alta
>55		Muy Alta

El índice morfométrico de torrencialidad se calculó a partir del coeficiente de compacidad, la pendiente media de la cuenca y la densidad de drenaje de acuerdo con la metodología presentada a continuación: inicialmente se establecieron las categorías para cada parámetro morfométrico a través de la aplicación de los criterios presentados en la *Tabla 763*. Y posteriormente, se calculó el índice morfométrico mediante la aplicación de la *Tabla 764*.

Tabla 763. Criterios para categorizar el índice morfométrico

Parámetro morfométrico	Escala	Área de la cuenca de drenaje (km2)	Categorías				
			1	2	3	4	5
Densidad de drenaje (km/km2)	1:10.000	<15	<1.5	1.51-2.00	2.01-2.50	2.51-3.00	>3
	1:25:000	16 a 50	<1.20	1.21-1.80	1.81-2.00	2.01-2.50	>2.5
	1:100.000	>50	>1.00	1.01-1.50	1.51-2.00	2.01-2.50	>2.5
Pendiente media de la cuenca (%)	1:10.000	<15	<20	21-35	36-50	51-75	>75
	1:100.000	>15	<15	16-30	30-45	46-65	>65
Coeficiente de compacidad			>1.5	1.375-1.500	1.251-1.375	1.126-1.250	1.00-1.125

Tabla 764. Matriz de clasificación del índice morfométrico (fuente: IDEAM, 2013)

Densidad de drenaje	Pendiente media de la cuenca 1	2	3	4	5	Coeficiente de forma
1	111	121	131	141	151	1
	112	122	132	142	152	2
	113	123	133	143	153	3
	114	124	134	144	154	4
	115	125	135	145	155	5
2	211	221	231	241	251	1
	212	222	232	242	252	2
	213	223	233	243	253	3
	214	224	234	244	254	4
	215	225	235	245	255	5
3	311	321	331	341	351	1
	312	322	332	342	352	2
	313	323	333	343	353	3
	314	324	334	344	354	4
	315	325	335	345	355	5
4	411	421	431	441	451	1
	412	422	432	442	452	2
	413	423	433	443	453	3
	414	424	434	444	454	4
	415	425	435	445	455	5
5	511	521	531	541	551	1
	512	522	532	542	552	2
	513	523	533	543	553	3
	514	524	534	544	554	4
	515	525	535	545	555	5

Muy alta · Alta · Baja · Moderada · Muy baja

En la subzona hidrográfica del río Patá, las unidades de análisis río Patá 8, quebrada Canoas y río Patá 5 presentan Alta vulnerabilidad a eventos torrenciales debido a la

Moderada incidencia de las condiciones morfométricas a la susceptibilidad aunada a una variabilidad Media de caudales. En el resto de las unidades de análisis de la subzona se encontró una vulnerabilidad Media a eventos torrenciales debido principalmente a la Baja incidencia de las condiciones morfométricas a la susceptibilidad (*Figura 1036* y *Tabla 765*).

En la subzona hidrográfica del río Chenche, Anchique y drenajes directos al Magdalena, se identifica una Alta vulnerabilidad a eventos torrenciales en la unidad quebrada Carmen, ya que presenta una Alta variabilidad de caudales (*Tabla 766*). En las unidades de análisis quebrada Zaragoza, quebrada Totarco, quebrada Natarroco y quebrada Yaco se observa una vulnerabilidad Media a eventos torrenciales debido a que presentan una variabilidad Media de caudales a pesar de contar con una Baja incidencia morfométrica en la susceptibilidad. En el resto de las unidades de análisis, se mantiene una vulnerabilidad Media a eventos torrenciales explicada por una mayor susceptibilidad morfométrica (*Figura 1037*).

Las unidades de análisis quebrada Lemayá, quebrada Chicora y quebrada Pedregosa en la subzona hidrográfica Bajo Saldaña tienen una Alta vulnerabilidad a eventos torrenciales debido a que cuentan con Muy Alta variabilidad de caudales. En las restantes unidades de análisis se presenta una vulnerabilidad Media asociada a una Baja susceptibilidad morfométrica y Baja variabilidad de caudales (*Figura 1038* y *Tabla 767*).

La subzona hidrográfica Medio Saldaña cuenta con una vulnerabilidad Media a eventos torrenciales (*Figura 1039* y *Tabla 768*), ya que la variabilidad de caudales es Baja y su susceptibilidad morfométrica es Moderada en todas las unidades de análisis.

De forma análoga a lo anterior, la subzona hidrográfica Alto Saldaña cuenta con una vulnerabilidad Media a eventos torrenciales (*Figura 1040* y *Tabla 769*), ya que la variabilidad de caudales es Baja y su susceptibilidad morfométrica es Moderada en todas las unidades de análisis.

En la subzona hidrográfica del río Amoyá, se observa una Alta vulnerabilidad a eventos torrenciales en las unidades de análisis quebrada San José, quebrada Rivera, quebrada Nieves, y río Amoyá 1, lo cual se explica por una Alta y Moderada susceptibilidad morfométrica (*Figura 1041* y *Tabla 770*). En el resto de las unidades de análisis la vulnerabilidad a eventos torrenciales es Media, ya que presentan una Baja variabilidad de caudales asociada a una susceptibilidad morfométrica Baja o Moderada.

Las unidades río Anamichú 11 y quebrada Tolima en la subzona hidrográfica del río Anamichú evidencian una Alta vulnerabilidad a eventos torrenciales debido a que presentan Alta y Moderada susceptibilidad morfométrica con Baja y Media variabilidad

de caudales respectivamente (*Figura 1042* y *Tabla 771*). En el resto de las unidades de análisis se observa una vulnerabilidad Media, definida por una Media o Baja variabilidad de caudales asociada a una Baja o Moderada susceptibilidad morfométrica.

La subzona hidrográfica del río Cambrín presenta una vulnerabilidad Media a eventos torrenciales en todas sus unidades de análisis (*Figura 1043* y *Tabla 772*), debido a que la variabilidad de caudales es Baja y su susceptibilidad morfométrica es Moderada en todos los casos evaluados.

En la unidad río Claro de la subzona hidrográfica del río Atá se observa una vulnerabilidad Alta a eventos torrenciales debido a que coincide una Moderada susceptibilidad morfométrica con una variabilidad Media de caudales, mientras que en el resto de las unidades de análisis se identifica una vulnerabilidad Media establecida por la Baja variabilidad de caudales (*Figura 1044* y *Tabla 773*).

47.2.1. IVET en la subzona hidrográfica del río Patá

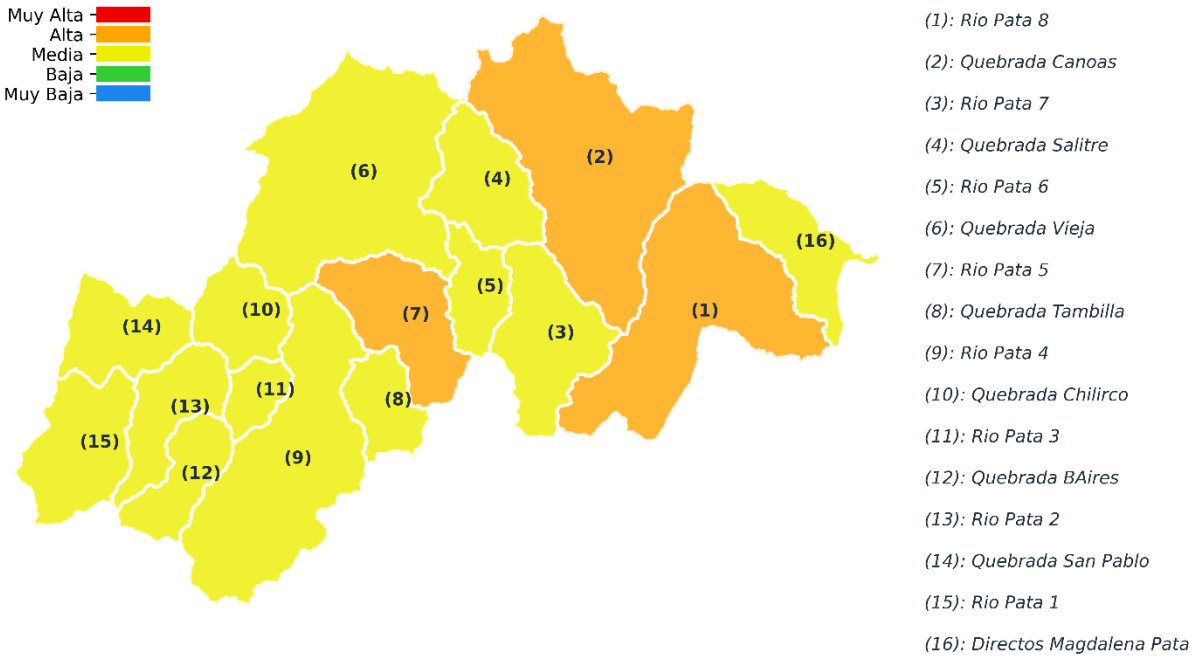


Figura 1036. Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales en la subzona hidrográfica del río Patá

UNIDAD DE ANÁLISIS	CATEGORÍA DE ÍNDICE MORFOMÉTRICO	CATEGORÍA DE VARIABILIDAD	IVET
Rio Pata 8	Moderada	Media	Alta
Quebrada Canoas	Moderada	Media	Alta
Rio Pata 7	Baja	Media	Media
Quebrada Salitre	Baja	Media	Media
Rio Pata 6	Baja	Media	Media
Quebrada Vieja	Baja	Media	Media
Rio Pata 5	Moderada	Media	Alta
Quebrada Tambilla	Baja	Alta	Media
Rio Pata 4	Baja	Media	Media
Quebrada Chilirco	Baja	Media	Media
Rio Pata 3	Baja	Media	Media
Quebrada BAires	Baja	Media	Media
Rio Pata 2	Baja	Baja	Media
Quebrada San Pablo	Baja	Media	Media
Rio Pata 1	Baja	Baja	Media
Directos Magdalena Pata	Moderada	Baja	Media

Tabla 765. Clasificación de los índices morfométrico de torrencialidad, variabilidad y vulnerabilidad a eventos torrenciales en la SZH del río Patá

47.2.2. IVET en la subzona hidrográfica del río Chenche, Anchique y drenajes directos al Magdalena

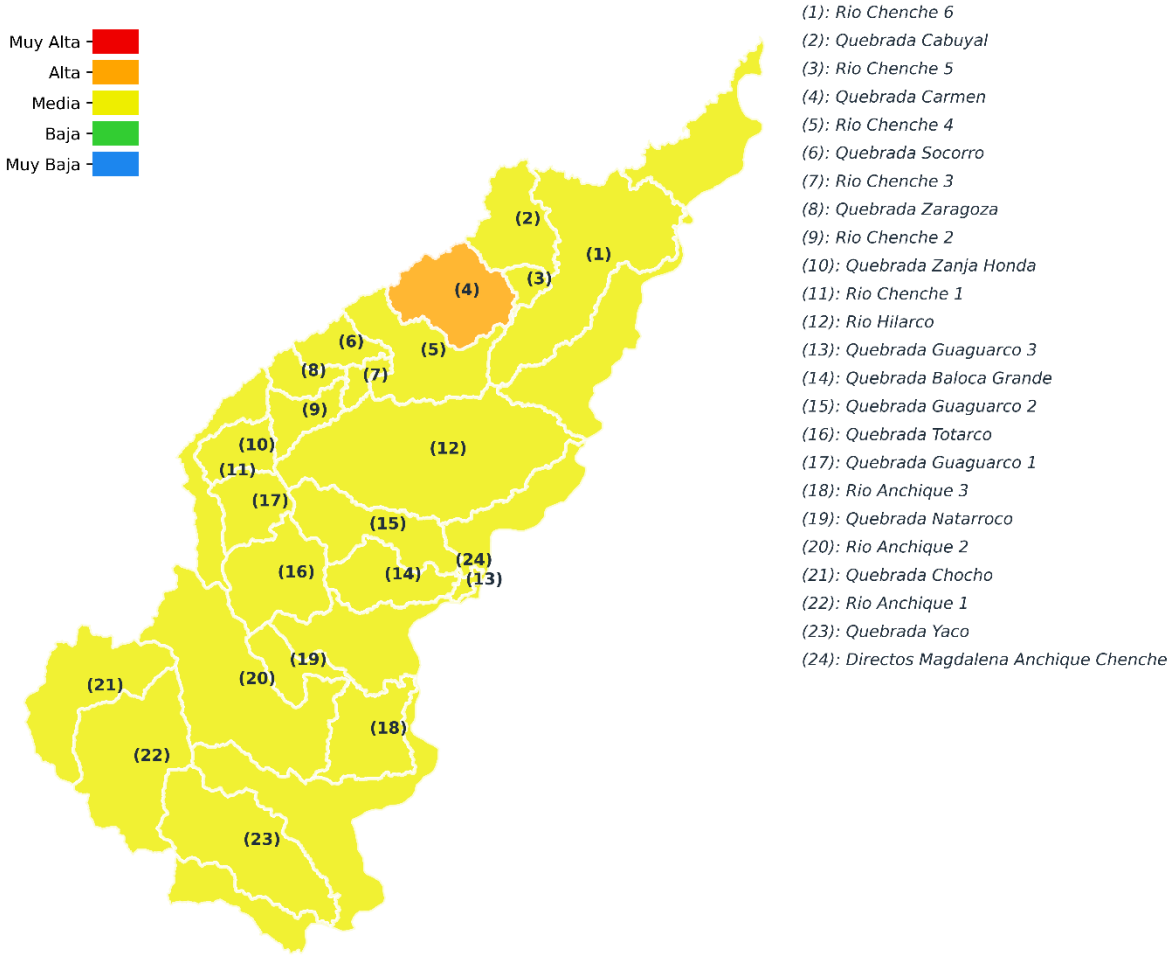


Figura 1037. Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales en la subzona hidrográfica del río Chenche, Anchique, y drenajes directos al Magdalena

UNIDAD DE ANÁLISIS	CATEGORÍA DE ÍNDICE MORFOMÉTRICO	CATEGORÍA DE VARIABILIDAD	IVET
Rio Chenche 6	Moderada	Baja	Media
Quebrada Cabuyal	Moderada	Baja	Media
Rio Chenche 5	Baja	Baja	Media
Quebrada Carmen	Moderada	Alta	Alta
Rio Chenche 4	Moderada	Baja	Media
Quebrada Socorro	Moderada	Baja	Media
Rio Chenche 3	Baja	Baja	Media
Quebrada Zaragoza	Baja	Media	Media
Rio Chenche 2	Moderada	Baja	Media
Quebrada Zanja Honda	Baja	Baja	Media
Rio Chenche 1	Baja	Baja	Media
Rio Hilarco	Moderada	Baja	Media
Quebrada Guaguarco 3	Moderada	Baja	Media

UNIDAD DE ANÁLISIS	CATEGORÍA DE ÍNDICE MORFOMÉTRICO	CATEGORÍA DE VARIABILIDAD	IVET
Quebrada Baloca Grande	Moderada	Baja	Media
Quebrada Guaguarco 2	Moderada	Baja	Media
Quebrada Totarco	Baja	Media	Media
Quebrada Guaguarco 1	Moderada	Baja	Media
Rio Anchique 3	Moderada	Baja	Media
Quebrada Natarroco	Baja	Media	Media
Rio Anchique 2	Baja	Baja	Media
Quebrada Chocho	Baja	Baja	Media
Rio Anchique 1	Baja	Baja	Media
Quebrada Yaco	Baja	Media	Media
Directos Magdalena Anchique Chenche	Moderada	Baja	Media

Tabla 766. Clasificación de los índices morfométrico de torrencialidad, variabilidad y vulnerabilidad a eventos torrenciales en la SZH del río Chenche, Anchique, y drenajes directos al Magdalena

47.2.3. IVET en la subzona hidrográfica Bajo Saldaña

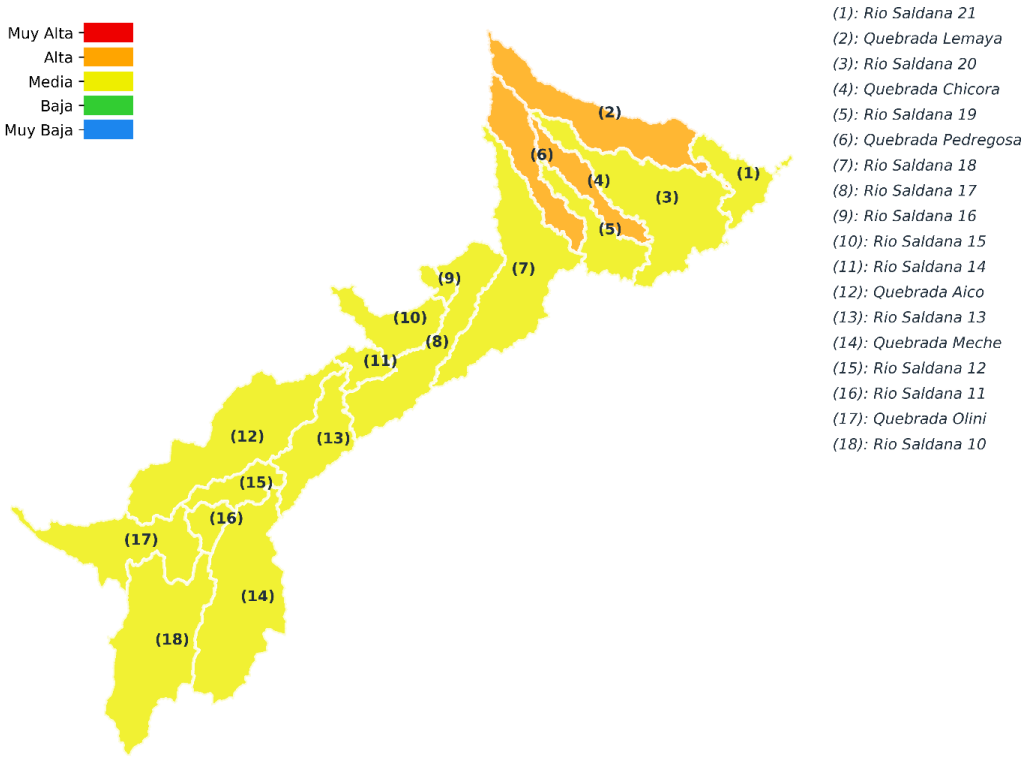


Figura 1038. Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales en la SZH Bajo Saldaña

UNIDAD DE ANÁLISIS	CATEGORÍA DE ÍNDICE MORFOMÉTRICO	CATEGORÍA DE VARIABILIDAD	IVET
Rio Saldana 21	Moderada	Baja	Media
Quebrada Lemaya	Moderada	Muy Alta	Alta
Rio Saldana 20	Moderada	Baja	Media
Quebrada Chicora	Moderada	Muy Alta	Alta
Rio Saldana 19	Moderada	Baja	Media
Quebrada Pedregosa	Moderada	Muy Alta	Alta
Rio Saldana 18	Moderada	Baja	Media
Rio Saldana 17	Moderada	Baja	Media
Rio Saldana 16	Baja	Baja	Media
Rio Saldana 15	Moderada	Baja	Media
Rio Saldana 14	Baja	Baja	Media
Quebrada Aico	Baja	Media	Media
Rio Saldana 13	Moderada	Baja	Media
Quebrada Meche	Baja	Baja	Media
Rio Saldana 12	Baja	Baja	Media
Rio Saldana 11	Baja	Baja	Media
Quebrada Olini	Baja	Baja	Media
Rio Saldana 10	Baja	Baja	Media

Tabla 767. Clasificación de los índices morfométrico de torrencialidad, variabilidad y vulnerabilidad a eventos torrenciales en la SZH Bajo Saldaña

47.2.4. IVET en la subzona hidrográfica Medio Saldaña

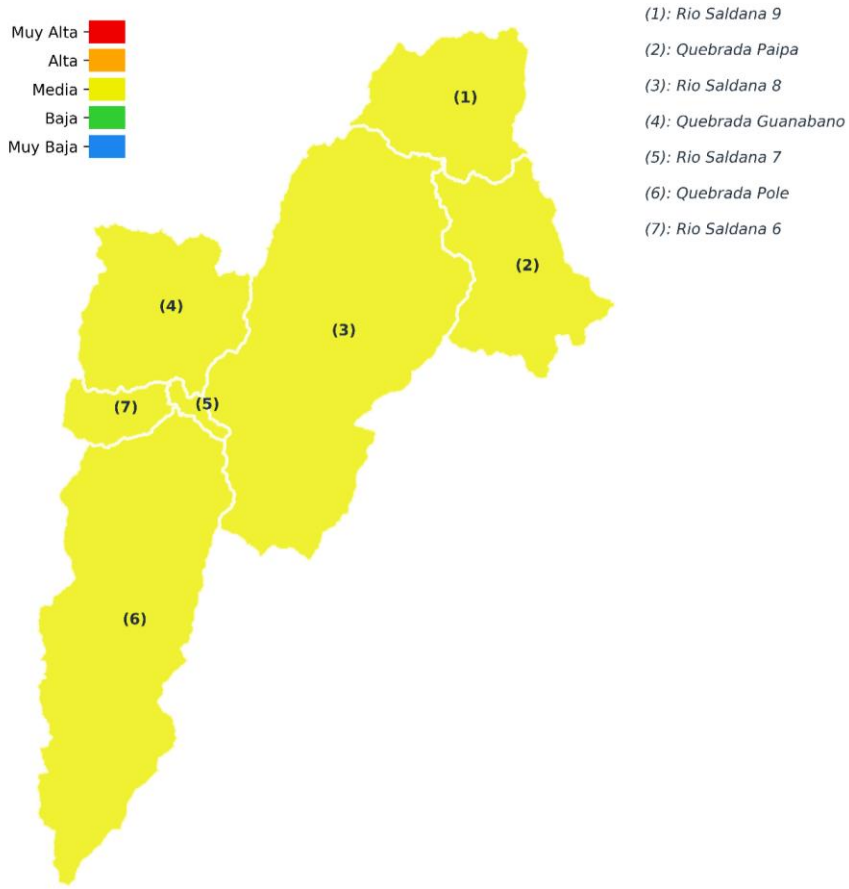


Figura 1039. Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales en la subzona hidrográfica Medio Saldaña

UNIDAD DE ANÁLISIS	CATEGORÍA DE ÍNDICE MORFOMÉTRICO	CATEGORÍA DE VARIABILIDAD	IVET
Rio Saldana 9	Moderada	Baja	Media
Quebrada Paipa	Moderada	Baja	Media
Rio Saldana 8	Moderada	Baja	Media
Quebrada Guanabano	Moderada	Baja	Media
Rio Saldana 7	Moderada	Baja	Media
Quebrada Pole	Moderada	Baja	Media
Rio Saldana 6	Moderada	Baja	Media

Tabla 768. Clasificación de los índices morfométrico de torrencialidad, variabilidad y vulnerabilidad a eventos torrenciales en la SZH Medio Saldaña

47.2.5. IVET en la subzona hidrográfica Alto Saldaña

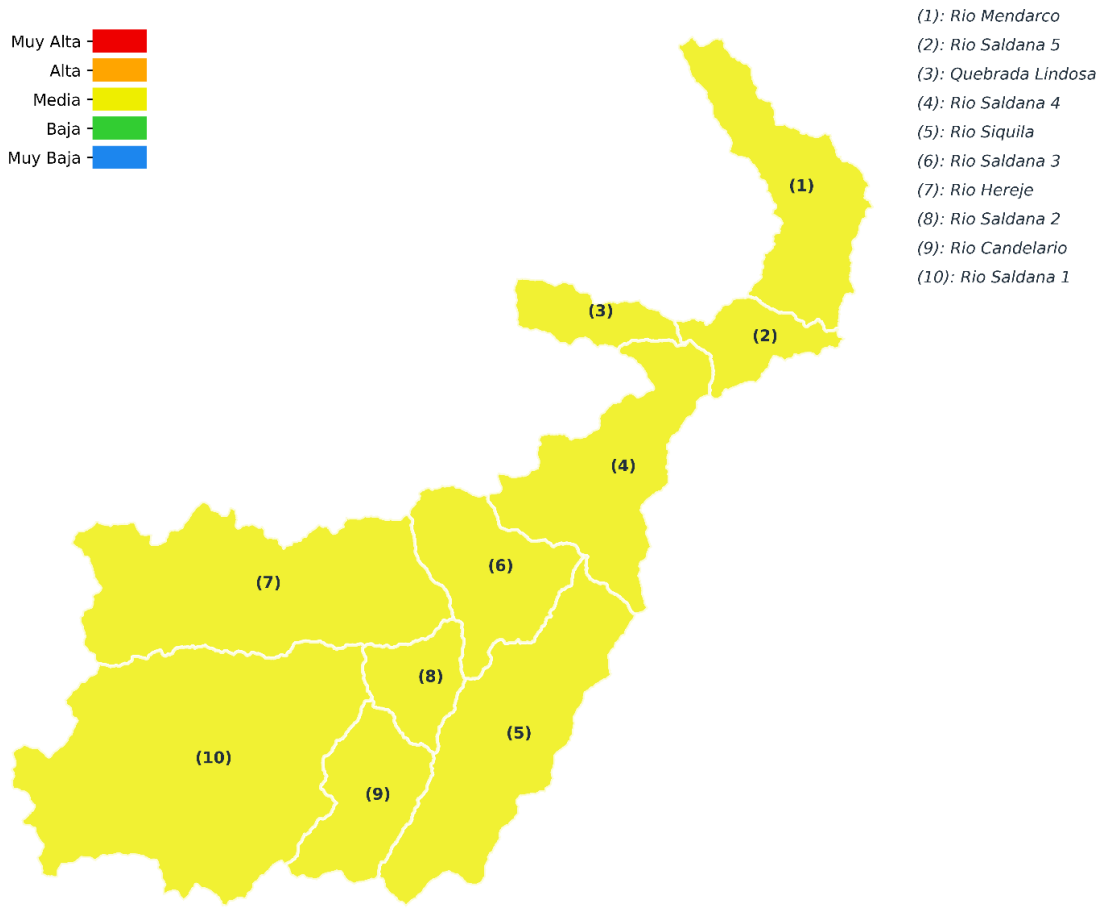


Figura 1040. Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales en la subzona hidrográfica Alto Saldaña

UNIDAD DE ANÁLISIS	CATEGORÍA DE ÍNDICE MORFOMÉTRICO	CATEGORÍA DE VARIABILIDAD	IVET
Rio Mendarco	Moderada	Baja	Media
Rio Saldana 5	Moderada	Baja	Media
Quebrada Lindosa	Moderada	Baja	Media
Rio Saldana 4	Moderada	Baja	Media
Rio Siquila	Moderada	Baja	Media
Rio Saldana 3	Moderada	Baja	Media
Rio Hereje	Moderada	Baja	Media
Rio Saldana 2	Moderada	Baja	Media
Rio Candelario	Moderada	Baja	Media
Rio Saldana 1	Moderada	Baja	Media

Tabla 769. Clasificación de los índices morfométrico de torrencialidad, variabilidad y vulnerabilidad a eventos torrenciales en la SZH Alto Saldaña

47.2.6. IVET en la subzona hidrográfica del río Amoyá

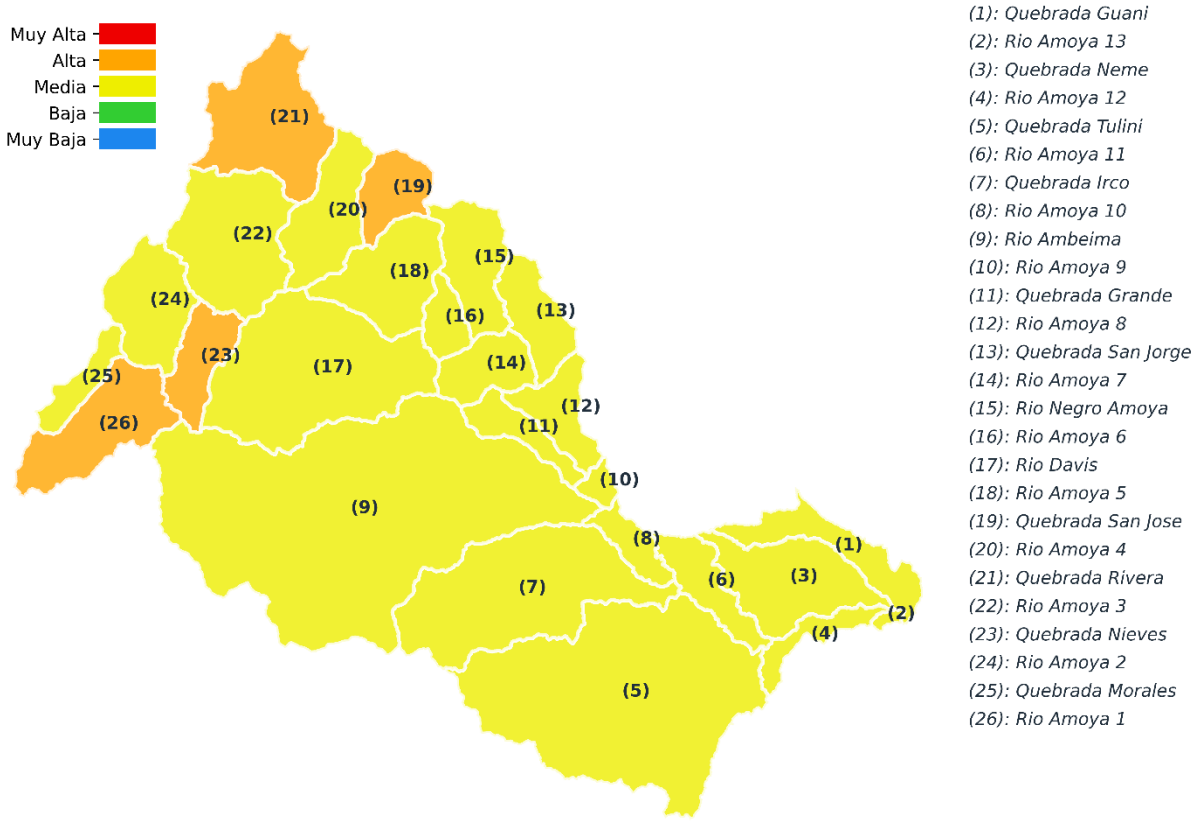


Figura 1041. Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales en la subzona hidrográfica del río Amoyá

UNIDAD DE ANÁLISIS	CATEGORÍA DE ÍNDICE MORFOMÉTRICO	CATEGORÍA DE VARIABILIDAD	IVET
Quebrada Guani	Moderada	Baja	Media
Rio Amoya 13	Moderada	Baja	Media
Quebrada Neme	Moderada	Baja	Media
Rio Amoya 12	Moderada	Baja	Media
Quebrada Tulini	Baja	Baja	Media
Rio Amoya 11	Baja	Baja	Media
Quebrada Irco	Baja	Baja	Media
Rio Amoya 10	Baja	Baja	Media
Rio Ambeima	Moderada	Baja	Media
Rio Amoya 9	Baja	Baja	Media
Quebrada Grande	Moderada	Baja	Media
Rio Amoya 8	Moderada	Baja	Media
Quebrada San Jorge	Baja	Baja	Media
Rio Amoya 7	Moderada	Baja	Media
Rio Negro Amoya	Moderada	Baja	Media
Rio Amoya 6	Baja	Baja	Media
Rio Davis	Moderada	Baja	Media
Rio Amoya 5	Moderada	Baja	Media
Quebrada San Jose	Alta	Baja	Alta
Rio Amoya 4	Baja	Baja	Media

UNIDAD DE ANÁLISIS	CATEGORÍA DE ÍNDICE MORFOMÉTRICO	CATEGORÍA DE VARIABILIDAD	IVET
Quebrada Rivera	Moderada	Media	Alta
Rio Amoya 3	Moderada	Baja	Media
Quebrada Nieves	Moderada	Media	Alta
Rio Amoya 2	Baja	Media	Media
Quebrada Morales	Baja	Media	Media
Rio Amoya 1	Moderada	Media	Alta

Tabla 770. Clasificación de los índices morfométrico de torrencialidad, variabilidad y vulnerabilidad a eventos torrenciales en la SZH del río Amoyá

47.2.7. IVET en la subzona hidrográfica del río Anamichú

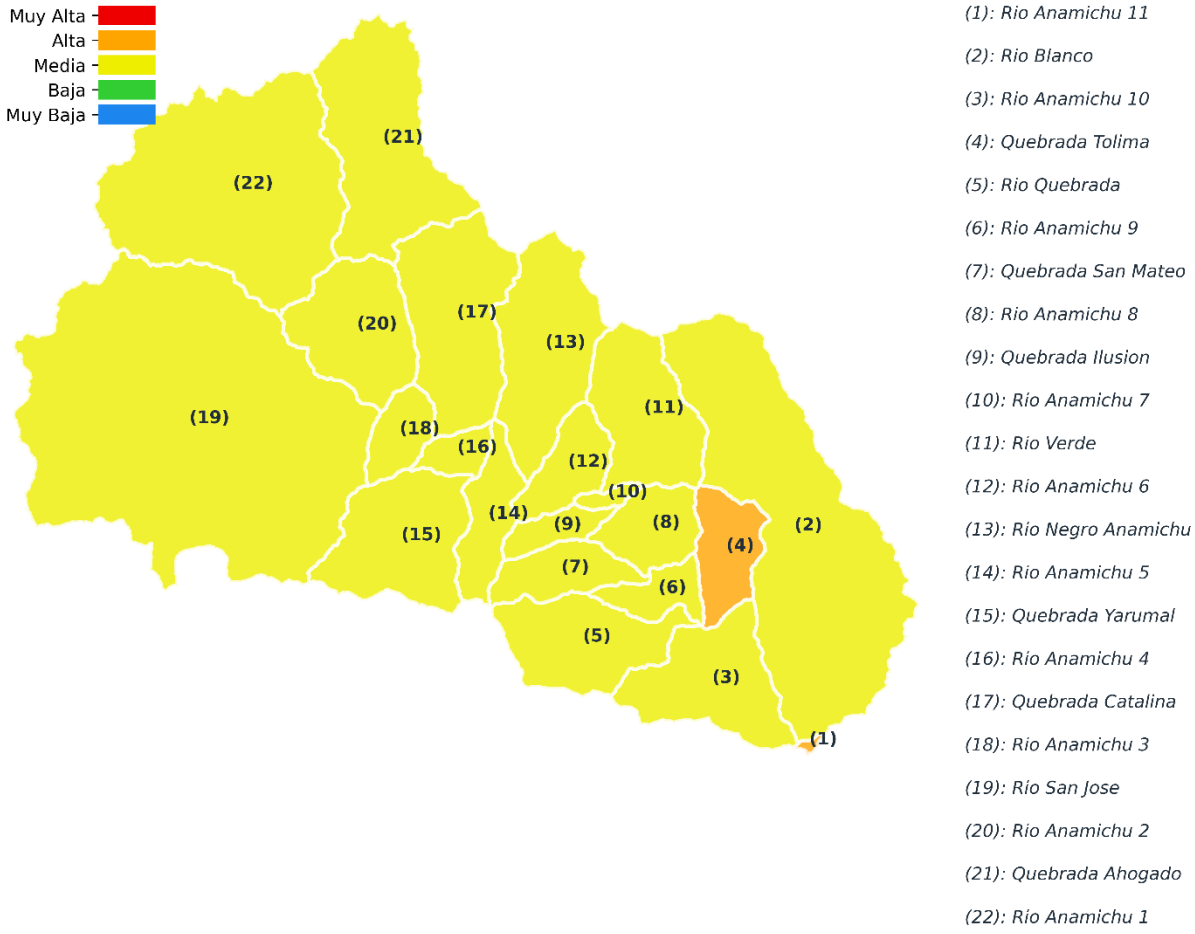


Figura 1042. Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales en la subzona hidrográfica del río Anamichú

UNIDAD DE ANÁLISIS	CATEGORÍA DE ÍNDICE MORFOMÉTRICO	CATEGORÍA DE VARIABILIDAD	IVET
Rio Anamichu 11	Alta	Baja	Alta
Rio Blanco	Moderada	Baja	Media
Rio Anamichu 10	Moderada	Baja	Media
Quebrada Tolima	Moderada	Media	Alta
Rio Quebrada	Moderada	Baja	Media
Rio Anamichu 9	Moderada	Baja	Media
Quebrada San Mateo	Baja	Media	Media
Rio Anamichu 8	Moderada	Baja	Media
Quebrada Ilusion	Baja	Baja	Media
Rio Anamichu 7	Moderada	Baja	Media
Rio Verde	Moderada	Baja	Media
Rio Anamichu 6	Baja	Baja	Media
Rio Negro Anamichu	Baja	Baja	Media
Rio Anamichu 5	Baja	Baja	Media
Quebrada Yarumal	Moderada	Baja	Media
Rio Anamichu 4	Baja	Baja	Media

UNIDAD DE ANÁLISIS	CATEGORÍA DE ÍNDICE MORFOMÉTRICO	CATEGORÍA DE VARIABILIDAD	IVET
Quebrada Catalina	Baja	Baja	Media
Rio Anamichu 3	Moderada	Baja	Media
Rio San Jose	Moderada	Baja	Media
Rio Anamichu 2	Moderada	Baja	Media
Quebrada Ahogado	Moderada	Baja	Media
Rio Anamichu 1	Moderada	Baja	Media

Tabla 771. Clasificación de los índices morfométrico de torrencialidad, variabilidad y vulnerabilidad a eventos torrenciales en la SZH del río Anamichú

47.2.8. IVET en la subzona hidrográfica del río Cambrín

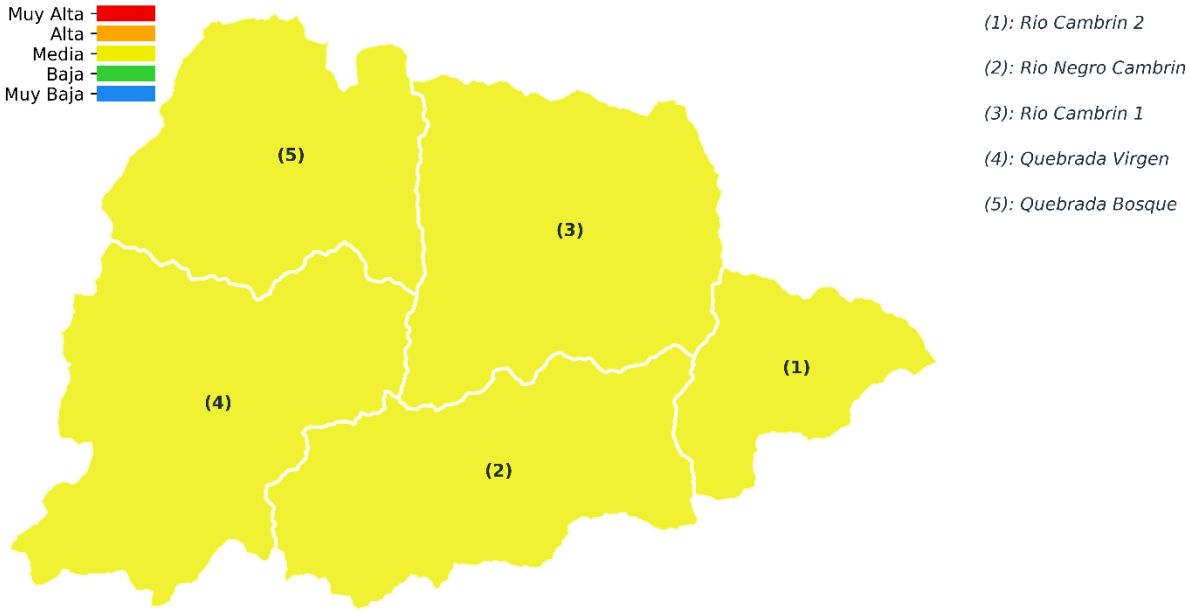


Figura 1043. Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales en la subzona hidrográfica del río Cambrín

UNIDAD DE ANÁLISIS	CATEGORÍA DE ÍNDICE MORFOMÉTRICO	CATEGORÍA DE VARIABILIDAD	IVET
Rio Cambrin 2	Moderada	Baja	Media
Rio Negro Cambrin	Moderada	Baja	Media
Rio Cambrin 1	Moderada	Baja	Media
Quebrada Virgen	Moderada	Baja	Media
Quebrada Bosque	Moderada	Baja	Media

Tabla 772. Clasificación de los índices morfométrico de torrencialidad, variabilidad y vulnerabilidad a eventos torrenciales en la SZH del río Cambrín

47.2.9. IVET en la subzona hidrográfica del río Atá

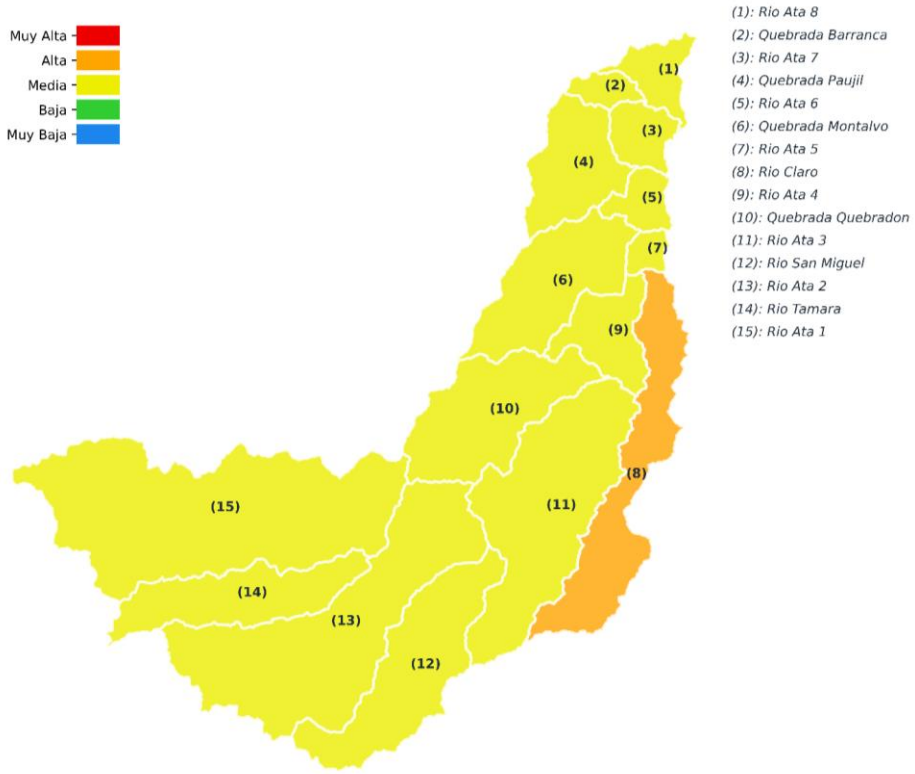


Figura 1044. Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales en la subzona hidrográfica del río Atá

UNIDAD DE ANÁLISIS	CATEGORÍA DE ÍNDICE MORFOMÉTRICO	CATEGORÍA DE VARIABILIDAD	IVET
Rio Ata 8	Moderada	Baja	Media
Quebrada Barranca	Baja	Baja	Media
Rio Ata 7	Moderada	Baja	Media
Quebrada Paujil	Moderada	Baja	Media
Rio Ata 6	Moderada	Baja	Media
Quebrada Montalvo	Moderada	Baja	Media
Rio Ata 5	Moderada	Baja	Media
Rio Claro	Moderada	Media	Alta
Rio Ata 4	Moderada	Baja	Media
Quebrada Quebradon	Moderada	Baja	Media
Rio Ata 3	Moderada	Baja	Media
Rio San Miguel	Moderada	Baja	Media
Rio Ata 2	Moderada	Baja	Media
Rio Tamara	Moderada	Baja	Media
Rio Ata 1	Moderada	Baja	Media

Tabla 773. Clasificación de los índices morfométrico de torrencialidad, variabilidad y vulnerabilidad a eventos torrenciales en la SZH del río Atá

48. Referencias

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM (2013) Lineamientos conceptuales y metodológicos para la evaluación regional del agua. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM (2018) Estudio Nacional del Agua 2018. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM (2020a). Hoja metodológica del Índice de Retención y Regulación Hídrica (Versión 1,2). 19 p.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM (2020b). Hoja metodológica del Índice de Uso del Agua (Versión 1,2). 19 p

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2020c). Hoja metodológica del Índice de Vulnerabilidad Hídrica por desabastecimiento (Versión 1,2). 16 p

Montoya J.J. (2008). Desarrollo de un modelo conceptual de producción, transporte y depósito de sedimentos. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de València.

Rumeau, A., & Coste, M. (1988). Initiation à la systématique des diatomées d'eau douce. Pour l'utilisation pratique d'un indice diatomique générique. Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture, (309), 1-69.

Shukla, S., and Wood, A. W. (2008), Use of a standardized runoff index for characterizing hydrologic drought, Geophys. Res. Lett., 35, L02405, doi:10.1029/2007GL032487.