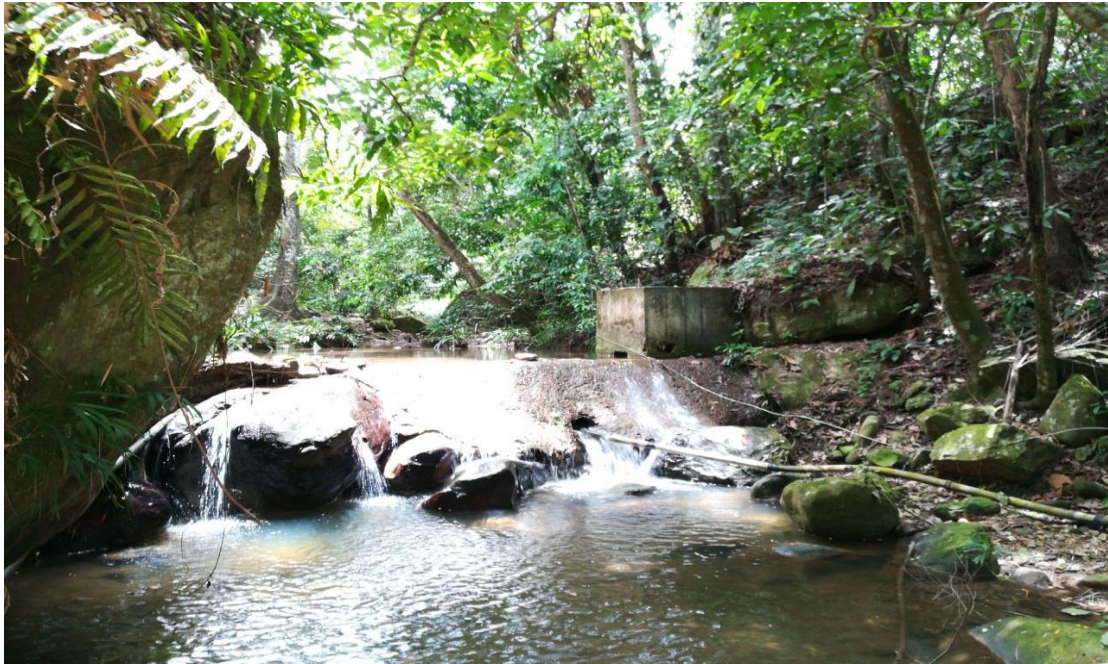


**SOPORTE TÉCNICO PARA LA REVISIÓN DE LA REGLAMENTACIÓN DE LA
QUEBRADA LAS GUACAMAYAS – GUADUALA AFLUENTE DE LA
SUBZONA HIDROGRÁFICA RÍO SUMAPAZ, CÓDIGO 2119.2**



**GRUPO DE GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO
SUBDIRECCIÓN DE PLANEACIÓN Y GESTIÓN TECNOLÓGICA**

**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL TOLIMA
CORTOLIMA
IBAGUÉ, OCTUBRE 2018**

JUAN PABLO GARCÍA POVEDA

Subdirector de Planeación y Gestión Tecnológica

MARIA ROMELIA LEONEL CRUZ

Líder Grupo de Recurso Hídrico (Supervisora)
Subdirección de Planeación y Gestión Tecnológica

FLORALBA CHICO BRIÑEZ

Ingeniera Forestal
Contratista Subdirección de Planeación y Gestión Tecnológica

LINA GABRIELA GUARNIZO MONTILLA

Ingeniera Forestal
Contratista Subdirección de Planeación y Gestión Tecnológica

SEBASTIAN MEJIA CONDE

Abogado
Contratista Subdirección de Planeación y Gestión Tecnológica

CESAR FERNANDO JIMENEZ GONZALEZ

Ingeniero Sanitario
Contratista Subdirección de Planeación y Gestión Tecnológica

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	10
1. OBJETIVOS.....	11
2. MARCO NORMATIVO	12
3. ANTECEDENTES	16
4. GENERALIDADES DE LA CUENCA HIDROGRAFICA DE LA QUEBRADA LAS GUACAMAYAS- GUADUALA	17
4.1 Localización geográfica de la quebrada Las Guacamayas-Guaduala.....	17
4.2 Límites de la cuenca	19
4.3 Clima	19
4.4 Economía	19
4.5 División de la cuenca	19
4.6 Coberturas y uso de la tierra	22
4.7 Suelos	25
4.8 Zonas de vida.....	26
4.9 Topografía.....	26
5. DESCRIPCIÓN HIDROLOGICA PARA LA CUENCA HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA LAS GUACAMAYAS - GUADUALA AFLUENTE DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO SUMAPAZ	28
5.1 Precipitación.....	31
5.1.1 Análisis y tratamiento de la información Pluviométrica.	31
5.1.2 Método de Correlación	32
5.1.3 Precipitación mensual y anual cuenca hidrográfica quebrada Las Guacamayas – Guaduala	32
5.2 Temperatura.....	34
5.3 Evapotranspiración Potencial – ETP	36
5.4 Evapotranspiración Real	39
6. DEMANDA HIDRICA.....	41
6.1 Concesiones de aguas superficiales registradas ante CORTOLIMA	41
6.2 Usuarios no concesionados registrados en el censo	45
7. BALANCE HIDRICO	50
7.1 Oferta Hídrica Superficial	51
7.2 Rendimiento Hídrico	55

7.3 Caudal Ambiental	57
7.4 Calidad del Agua	58
7.4.2. Elementos metodológicos.....	62
7.4.3 Escenarios hidrológicos para la clasificación de los monitoreos	64
7.4.4. Procesos de alteración de la calidad del recurso hídrico	65
7.5 Caudal para Distribución	92
8. INDICADORES AMBIENTALES	93
8.1 Índice de Aridez (IA)	93
8.2 Índice de Uso del Agua.	96
8.3. Índice de Retención y Regulación Hídrica.....	98
8.4 Índice de Vulnerabilidad	101
9. REGLAMENTACIÓN DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS.....	103
9.1 Aspectos técnicos de la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala	103
9.2 Procedimiento de la Reglamentación	104
10. CONCLUSIONES.....	113
BIBLIOGRAFÍA	115

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas geográficas (WGS 1984), de la cuenca de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala.....	17
Tabla 2. Pisos térmicos por temperatura y temperatura media representativa de la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala.....	19
Tabla 3. Área de las veredas que conforman la cuenca de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala.....	20
Tabla 4. Cobertura Vegetal y usos de la tierra de la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala.....	23
Tabla 5. Suelos encontrados en la cuenca de la quebrada Las Guacamayas- Guaduala.....	25
Tabla 6. Localización geográfica y características morfológicas de la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala	28
Tabla 7. Afluentes que tributan a la quebrada Las Guacamayas – Guaduala.	29
Tabla 8. Precipitación mensual y anual de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala.....	32
Tabla 9. Temperaturas mensual y anual de la de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala (°C)	34
Tabla 10. Valores medios mensuales (mm), de la evapotranspiración potencial (ETP), para la quebrada Las Guacamayas – Guaduala.....	37
Tabla 11. Valores medios mensuales (mm), de la evapotranspiración Real (ETR) para la quebrada Las Guacamayas – Guaduala.	39
Tabla 12. Usuarios concesionados, registrados en el maestro de concesiones de aguas de CORTOLIMA.	41
Tabla 13. Usuarios concesionados de personas naturales.....	41
Tabla 14. Listado de usuarios concesionados de personas jurídicas	42
Tabla 15. Usos del agua de las concesiones otorgadas sobre la cuenca de la quebrada Las Guacamayas –Guaduala.	43
Tabla 16. Demanda hídrica (l/s) por uso para usuarios concesionados	44
Tabla 17. Número total de encuestas realizadas en el censo de aguas superficiales de la cuenca de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala.....	45
Tabla 18. Usuarios caracterizados, naturales no concesionados de aguas superficiales de acuerdo al número de encuestas realizadas de la cuenca de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala.....	46
Tabla 19. Distribución por vereda de usuarios naturales sin concesión de aguas superficiales, en la cuenca de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala y sus afluentes.....	47
Tabla 20. Caudal aforado en l/s de usuarios no concesionados de aguas superficiales de la quebrada las Guacamayas – Guaduala.	48

Tabla 21. Usos del agua superficial por cantidad de usuarios y porcentaje de la cuenca de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala.....	48
Tabla 22. Caudal en litros por segundo por usos del agua superficial y porcentaje en la cuenca de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala.	49
Tabla 23. Oferta hídrica superficial	53
Tabla 24. Rendimiento hídrico (l/s*km ²), obtenido, para la cuenca hidrográfica, quebrada Las Guacamayas – Guaduala.....	55
Tabla 25. Caudal ambiental Q75	57
Tabla 26. Calificación de la calidad del agua según valores del ICA de la calidad del agua según los valores que tome el ICA.....	60
Tabla 27. Categorización IACAL.....	62
Tabla 28. Criterios de reducción de la oferta por calidad del agua	64
Tabla 29. Escenarios hidrológicos para la clasificación de los monitoreos.	64
Tabla 30. Precipitación mensual y anual de la cuenca de la quebrada Las Guacamayas- Guaduala.	65
Tabla 31. Manejo de aguas servidas de los usuarios de la cuenca de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala.....	66
Tabla 32. Localización vertimientos de usuarios concesionados jurídicos de la cuenca quebrada Las Guacamayas - Guaduala.	68
Tabla 33. Características de los usuarios vertedores prioritarios de la cuenca quebrada Las Guacamayas - Guaduala.....	70
Tabla 34. Cargas actuales sin tratamiento cuenca quebrada Las Guacamayas - Guaduala (UHNII).....	71
Tabla 35. Cargas actuales con tratamiento cuenca quebrada Las Guacamayas - Guaduala (UHNII).....	72
Tabla 36. Cargas futuras sin tratamiento cuenca quebrada Las Guacamayas- Guaduala (UHNII).....	73
Tabla 37. Cargas futuras con tratamiento, quebrada Las Guacamayas - Guaduala (UHNII).	73
Tabla 38. Representatividad de las cargas actuales y futuras en la quebrada Las Guacamayas - Guaduala (UHNII)	74
Tabla 39. Escenarios de presión en la quebrada Las Guacamayas – Guaduala (UHNII).	75
Tabla 40. Oferta hídrica superficial total y caudal ambiental año medio.	75
Tabla 41. Escenarios hidrológicos para el análisis de la presión y calidad del agua.	77
Tabla 42. Escenarios hidrológicos para el análisis de la presión y calidad del agua.	77
Tabla 43. IACAL para UHN-IIs con presión representativa y para la UHNI.	78
Tabla 44. Presión por patógenos al cierre de la quebrada Las Guacamayas- Guaduala.....	80

Tabla 45. Criterios de calidad CORTOLIMA aplicables a la quebrada Las Guacamayas- Guaduala.	83
Tabla 46. Puntos de monitoreo quebrada Las Guacamayas- Guaduala.	84
Tabla 47. Resultados de caracterizaciones parámetros complementarios monitoreos de calidad del agua quebrada Las Guacamayas- Guaduala	87
Tabla 48. Resultados ICA quebrada Las Guacamayas- Guaduala.....	88
Tabla 49. Restricciones y limitaciones al uso del recurso por calidad del agua....	90
Tabla 50. Reducción de la oferta hídrica por calidad del agua.	91
Tabla 51. Caudal de distribución para la cuenca de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala.....	92
Tabla 52. Índice de aridez (IA).	93
Tabla 53. Índice de uso de agua superficial (IUA).	96
Tabla 54. Índice de uso de agua para la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala.....	98
Tabla 55. Índice de retención y regulación hídrica (IRH).	98
Tabla 56. Índice vulnerabilidad por desabastecimiento (IVH).	101
Tabla 57. Procedimiento para la reglamentación de fuentes hídricas y/o cuencas hidrográficas.....	104

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Usuarios concesionados registrados en el maestro de aguas de CORTOLIMA de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala.....	43
Figura 2. Tipo de uso del recurso hídrico por cantidad de usuarios.	44
Figura 3. Demanda hídrica (l/s) por uso para usuarios concesionados.....	45
Figura 4. Tipo de uso del recurso hídrico por cantidad de usuarios	49
Figura 5. Flujograma para determinar la oferta hídrica superficial.	52
Figura 6. Caudal calculado con relación a la precipitación de la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala.....	54
Figura 7. Tipo de vertimientos encontrados en la quebrada Las Guacamayas- Guaduala.....	67

LISTA DE MAPAS

Mapa 1. Localización de la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas-Guaduala.....	18
Mapa 2. Delimitación y veredas de la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas.	21
Mapa 3. Coberturas de la tierra de la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas-Guaduala	24
Mapa 4. Tipos de suelo de la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas-Guaduala.....	27
Mapa 5. Drenajes de la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala.....	30
Mapa 6. Distribución espacial de la precipitación media anual, para el periodo 1990-2016, en la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala. ..	33
Mapa 7. Distribución espacial de la temperatura media anual, para el periodo 1990-2016, en la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala. ..	35
Mapa 8. Distribución espacial de la evapotranspiración potencial de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala.....	38
Mapa 9. Distribución espacial de la evapotranspiración real de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala.....	40
Mapa 10. Distribución espacial total del rendimiento hídrico ($l/s \cdot km^2$), para la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala.	56
Mapa 11. Espacialización de vertimientos encontrados en la quebrada Las Guacamayas - Guaduala.....	69
Mapa 12. Puntos de monitoreo quebrada Las Guacamayas – Guaduala	85
Mapa 13. Distribución espacial del Índice de aridez de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala.....	95

INTRODUCCIÓN

La reglamentación del uso del agua es uno de los elementos contemplados en la legislación colombiana para el desarrollo integrado de cuencas y la gestión eficiente del recurso hídrico, lo cual implica su ordenación y manejo territorial bajo los criterios o directrices de desarrollo sostenible, protección de la biodiversidad e integridad del ambiente, manejo global ambiental y mejoramiento de la calidad de vida de la población.

El concepto de reglamentación de corrientes de agua se define a partir del decreto 1541 de 1978, como la aplicación de un conjunto de acciones de orden técnico y jurídico, dentro del marco legal vigente, destinadas a obtener una mejor distribución del agua teniendo en cuenta las condiciones actuales y futuras de su uso y las características biofísicas, sociales y económicas de su zona de influencia.

En este sentido, la Corporación Autónoma Regional del Tolima CORTOLIMA, en aras de obtener una mejor distribución y un correcto aprovechamiento del recurso hídrico, dispuso mediante resolución No 1055 del 14 de julio de 1994 la reglamentación de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala y sus afluentes.

Este documento presenta un marco legal y un análisis de los principales aspectos técnicos (hidrología, cobertura y uso de la tierra, estudios de suelos, indicadores ambientales) los cuales dan inicio al proceso de revisión de la reglamentación de la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas (código 2119.2). La hidrología de la cuenca de régimen natural es mínima, siendo una cuenca abastecida por aportes externos por distritos de riego (canales), lo que amerita revisar la reglamentación existente como un primer paso para la formulación del Plan de Ordenación del Recurso Hídrico - PORH, que permita orientar la gestión de la demanda para los diferentes usos en la cuenca, teniendo en cuenta los objetivos de calidad que para tal fin se establezcan.

El presente documento tiene uno de sus pilares técnicos en la Temática de Hidrología, de la Fase de Diagnostico, del POMCA del río Sumapaz, la cual se desarrolló a partir de la información generada en la red de estaciones Hidrológicas y Climatológicas que operan entidades como La CAR, el IDEAM, La FNC y el EAAB, se realizó el proceso de correlaciones múltiples con el fin de hallar analogías entre pares de estaciones con las cuales se pudieran entre sí, completar los datos faltantes. El periodo considerado, para la homogeneización de las series, fue 1990 a 2016.

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo General

Elaborar un documento técnico que soporte la revisión de la reglamentación del uso de las aguas de la cuenca hidrográfica de la quebrada las Guacamayas – Guaduala de la Subzona hidrográfica río Sumapaz.

1.2 Objetivos Específicos

- Determinar la oferta hídrica para la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala de la Subzona hidrográfica río Sumapaz y establecer la disponibilidad del recurso hídrico de la corriente principal, considerando el caudal ambiental.
- Calcular la demanda hídrica con los datos registrados en el censo de usuarios.
- Determinar los indicadores ambientales antrópicos y naturales para la cuenca de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala.
- Elaborar propuesta de distribución de caudales para la quebrada Las Guacamayas – Guaduala.
- Calcular el caudal ambiental para la quebrada Las Guacamayas – Guaduala.

2. MARCO NORMATIVO

En la Constitución Política de Colombia, en los Artículos 8 y 80, contemplan los cimientos del ordenamiento legal respecto a los recursos naturales, dejando en cabeza del Estado y de las personas dentro del territorio, la obligación de proteger recursos naturales y con ello, la responsabilidad de planificar el uso de los recursos naturales recae en manos del Estado, así como garantizar el uso sostenible, la conservación, restauración y sustitución de los mismos, esta facultad de control da luz verde para que los organismos estatales regulen, conforme a la necesidad y competencia, la forma en que serán aprovechados los recursos naturales.

Así mismo, la ley 99 de 1993, plantea en un mayor grado lo que la Constitución Política definió inicialmente, es así que se establecen las competencias de las Autoridades Ambientales, entre las cuales se encuentra, según el Artículo 31, el de otorgar concesiones y otra serie de permisos para el aprovechamiento de los recursos naturales, para el caso, el aprovechamiento del agua.

Con anterioridad a la Ley 99 de 1993 e incluso antes de la Constitución de 1991, el Estado dio claros lineamientos al respecto de las facultades y deberes frente al uso del recurso hídrico, muestra de ello es el Decreto - Ley 2811 de 1974, que plantea lo siguiente:

“Artículo 92. Para poder otorgarle, toda concesión de aguas estará sujeta a condiciones especiales previamente determinadas para defender las aguas, lograr su conveniente utilización, la de los predios aledaños, y en general, el cumplimiento de los fines de utilidad pública e interés social inherentes a la utilización.

No obstante, lo anterior, por razones especiales de conveniencia pública, como la necesidad de un cambio en el orden de prelación de cada uso, o el acaecimiento de hechos que alteren las condiciones ambientales, podrán modificarse por el concedente las condiciones de la concesión, mediante resolución administrativa motivada y sujeta a los recursos contencioso administrativos previstos por la ley”.

“Artículo 93º.- Las concesiones otorgadas no serán obstáculo para que, con posterioridad a ellas, se reglamente la distribución de las aguas de manera general para una misma corriente o derivación.”

“Artículo 155. Corresponde al Gobierno:

- a) Autorizar y controlar el aprovechamiento de aguas y la ocupación y explotación de los cauces;*
- b) Coordinar la acción de los organismos oficiales y de las asociaciones de usuarios, en lo relativo al manejo de las aguas;*

- c) Reservar las aguas de una o varias corrientes, o parte de dichas aguas;
- d) Ejercer control sobre uso de aguas privadas, cuando sea necesario para evitar el deterioro ambiental o por razones de utilidad pública e interés social;
- y e) Las demás que contemplen las disposiciones legales.”

Desde la década de los 70s e incluso antes, Colombia ha tenido en cuenta la conservación del medio ambiente y cada uno de sus componentes, de tal suerte que reguló el procedimiento para otorgar una concesión de forma generalizada, dando lugar a la reglamentación de una corriente hídrica y vaticinó que las condiciones variarían de forma cada vez más acelerada, es esta la justa causa de los siguientes artículos del decreto anteriormente citado:

“Artículo 156. Para el aprovechamiento de las aguas se estudiará en conjunto su mejor distribución en cada corriente o derivación, teniendo en cuenta el reparto actual y las necesidades de los predios.

Las personas que puedan resultar afectadas con la reglamentación, tienen el derecho de conocer los estudios y de participar en la práctica de las diligencias correspondientes.”

“Artículo 157. Cualquier reglamentación de uso de aguas podrá ser revisada o variada, a petición de parte interesada o de oficio, cuando hayan cambiado las condiciones o circunstancias que se tuvieron en cuenta para efectuarla y siempre que se haya oído a las personas que puedan resultar afectadas con la modificación.”

En tiempos más recientes, la Presidencia de la Republica de Colombia, representada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -MADS- expidió el Decreto 1076 del 2015 “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible” el cual compila la normatividad ambiental en un solo articulado, unificando lineamientos sobre la materia, el cual da inicio al tema de uso y concesión de aguas con el siguiente artículo:

Artículo 2.2.3.2.5.1. Disposiciones generales. El derecho al uso de las aguas y de los cauces se adquiere de conformidad con el artículo 51 del Decreto-ley 2811 de 1974:

- a) Por ministerio de la ley;
- b) Por concesión;
- c) Por permiso, y
- d) Por asociación.

Significa lo anterior, que se pueden aprovechar las aguas; 1) Cuando refiere al uso por ministerio de ley no es otra cosa que darle uso lícito y sin que se genere una carga contaminante considerable al recurso hídrico y sin que para ello medie obra

o derivación alguna; 2) La concesión es la autorización que da la autoridad legal competente para que usen el líquido vital de forma continua durante un tiempo limitado pero prorrogable y solo para los fines que se reconozcan; 3) El permiso lo otorgan los garantes del recurso hídrico para que el mismo sea usado para una actividad y ocasión específica; y 4) La asociación refiere a la unión de varias personas para explotar las aguas, generalmente para consumo humano o uso doméstico, tal como el caso de los acueductos veredales.

Ahora bien, en cuanto a las concesiones de aguas el decreto ibídem expresa:

“Artículo 2.2.3.2.7.1. Disposiciones comunes. Toda persona natural o jurídica, pública o privada, requiere concesión para obtener el derecho al aprovechamiento de las aguas para los siguientes fines:

- a) Abastecimiento doméstico en los casos que requiera derivación;*
- b) Riego y silvicultura;*
- c) Abastecimiento de abrevaderos cuando se requiera derivación;*
- d) Uso industrial;*
- e) Generación térmica o nuclear de electricidad;*
- f) Explotación minera y tratamiento de minerales;*
- g) Explotación petrolera;*
- h) Inyección para generación geotérmica;*
- i) Generación hidroeléctrica;*
- j) Generación cinética directa;*
- k) Flotación de maderas;*
- l) Transporte de minerales y sustancias tóxicas;*
- m) Acuicultura y pesca;*
- n) Recreación y deportes;*
- o) Usos medicinales, y*
- p) Otros usos similares”.*

Como resultado se establece que conforme a los usos que se le den al recurso hídrico dentro de la subzona hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas, todos los usuarios que deriven el agua de su cauce deberán hacerlo en virtud de una concesión de aguas.

La Corporación Autónoma Regional del Tolima, reglamentara la quebrada Las Guacamayas incluyendo sus afluentes, sustentado su actuación en los siguientes artículos del decreto 1076 del 2015:

Artículo 2.2.3.2.7.6. Orden de prioridades. Para otorgar concesiones de aguas, se tendrá en cuenta el siguiente orden de prioridades:

- a) Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural;*
- b) Utilización para necesidades domésticas individuales;*
- c) Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca;*

- d) Usos agropecuarios individuales, comprendidas la acuicultura y la pesca;
- e) Generación de energía hidroeléctrica;
- f) Usos industriales o manufactureros;
- g) Usos mineros;
- h) Usos recreativos comunitarios, e
- i) Usos recreativos individuales.”

“Artículo 2.2.3.2.8.1. Facultad de uso. El derecho de aprovechamiento de las aguas de uso público no confiere a su titular sino la facultad de usarlas, de conformidad con el Decreto-ley 2811 de 1974, el presente capítulo y las resoluciones que otorguen la concesión.”

“Artículo 2.2.3.2.8.2. Concesiones y reglamentación de corrientes. Las concesiones otorgadas no serán obstáculo para que la Autoridad Ambiental competente con posterioridad a ellas, reglamente de manera general la distribución de una corriente o derivación teniendo en cuenta lo dispuesto en el artículo 93 del Decreto-ley 2811 de 1974.”

“Artículo 2.2.3.2.13.1. Reglamentación del uso de las aguas. La Autoridad Ambiental competente con el fin de obtener una mejor distribución de las aguas de cada corriente o derivación, de acuerdo con lo previsto en los artículos 156 y 157 del Decreto-ley 2811 de 1974, reglamentará cuando lo estime conveniente, de oficio o a petición de parte, el aprovechamiento de cualquier corriente o depósito de aguas públicas, así como las derivaciones que benefician varios predios. Para ello se adelantará un estudio preliminar con el fin de determinar la conveniencia de la reglamentación, teniendo en cuenta el reparto actual, las necesidades de los predios que las utilizan y las de aquellos que puedan aprovecharlas.”

“Artículo 2.2.3.2.13.2. Conveniencia de la reglamentación. Si del resultado del estudio a que se refiere el artículo anterior, se deduce la conveniencia de adelantar la reglamentación, la Autoridad Ambiental competente así lo ordenará mediante providencia motivada.”

3. ANTECEDENTES

En Colombia se empezó hablar de Reglamentación del uso del agua a partir del decreto 1541 de 1978, en el capítulo V de este decreto aún vigente, en el cual se definen los procedimientos básicos a realizar al momento de estimarse conveniente reglamentar una corriente o depósito de aguas públicas, así como las derivaciones que benefician varios predios con el fin de obtener una mejor distribución de las aguas de cada corriente o derivación, teniendo en cuenta el reparto actual, las necesidades de los predios y las de aquellos que puedan aprovecharlas.

Para el Departamento del Tolima, se tienen las siguientes corrientes reglamentadas: río Combeima, río Chípalo, río Palmar, río Opía, río Alvarado, río Venadillo, río Venadillo, las quebradas Palmara, Las Novillas, Cural, Las Golondrinas, y Potrero Grande, Los Cauchos, Las Guacamayas, Agua Fría, La Melgara, y Porvenir entre otras.

Es así que CORTOLIMA reglamentó la corriente de uso público denominada quebrada Las Guacamayas y sus afluentes, mediante Resolución No. 1055 de 14 de julio de 1994; por medio de la cual se asignaron las concesiones de esta corriente hídrica, incluyendo a todos los usuarios de ese momento bajo la misma reglamentación; en el año 2005 bajo la resolución 125 se declara prorroga por el periodo de 10 años bajo las mismas condiciones de la anterior resolución, sin embargo esta resolución se encuentra vencida desde el año 2015.

4. GENERALIDADES DE LA CUENCA HIDROGRAFICA DE LA QUEBRADA LAS GUACAMAYAS- GUADUALA

4.1 Localización geográfica de la quebrada Las Guacamayas-Guaduala.

La cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas –Guaduala hace parte de la Subzona hidrográfica del río Sumapaz y está situada al Oriente del departamento del Tolima con un área de 2.056,79 Has, en el municipio de Melgar (Mapa 1), tiene su nacimiento en la base del cerro de La Bruja entre las veredas Guacamayas (sector oriental) y Buenavista (sector nor-occidental), a una altura aproximada de 1300 “m.s.n.m.”, drenando parte de las veredas Bombote y Chimbí (sector oriental) y desemboca en el río Sumapaz en el predio Hacienda Sumapaz a los 309 “m.s.n.m.”, en la vereda Chimbí, con una longitud del cauce de 17,0 km.

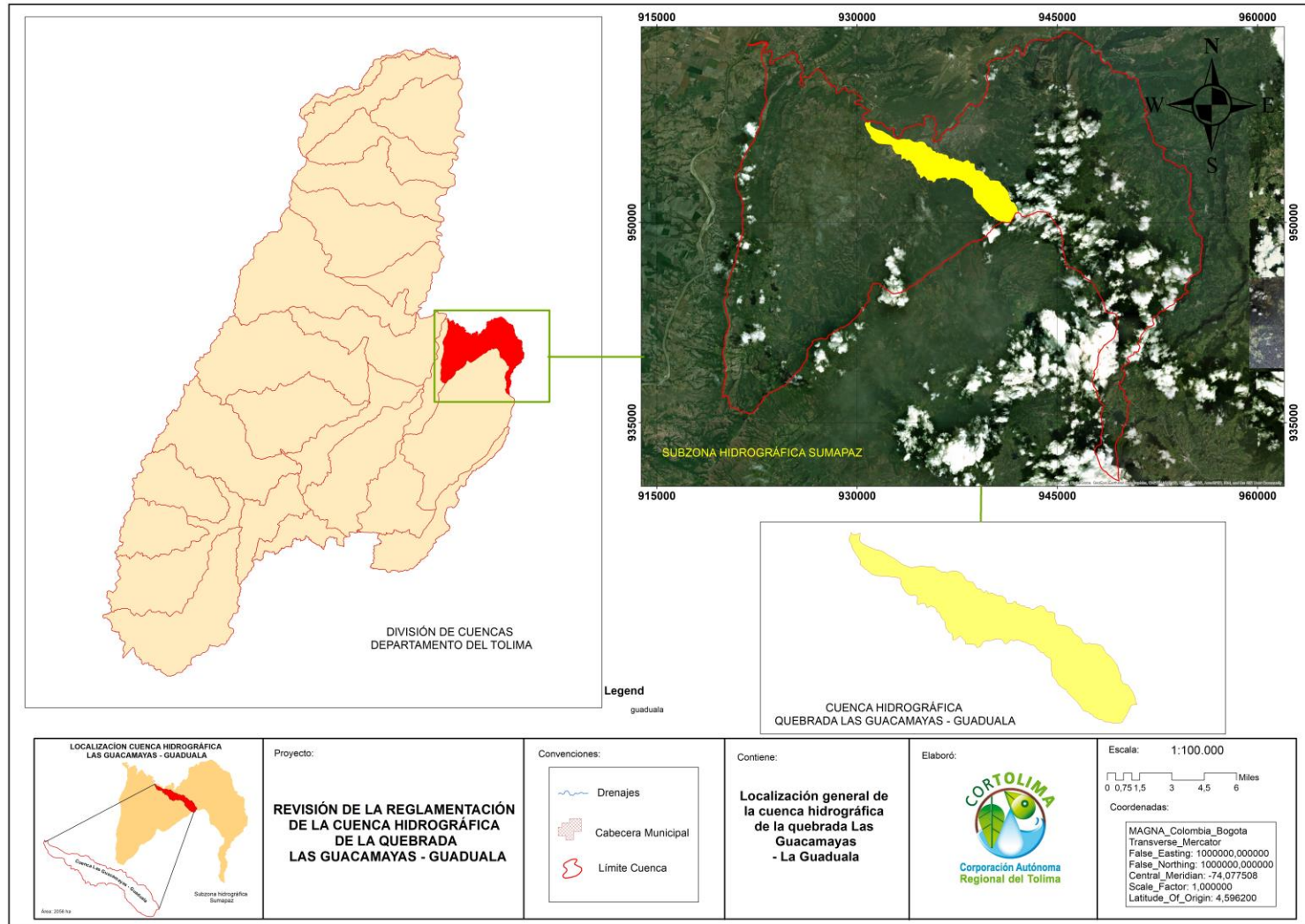
Las aguas de esta cuenca abastecen al acueducto de la vereda Las Guacamayas – Guaduala y otras veredas. En esta quebrada se presentan actividades de riego, agricultura y una gran actividad turística, actividades que contribuyen a la economía de la región. Las zonas bajas de la quebrada poseen un caudal pobre de agua. La parte alta y media se encuentra adecuadamente protegida, pero es vulnerable a la quema de bosques y tala de árboles en detrimento de su caudal.

Con relación a su ubicación espacial, la Tabla 1, presenta las coordenadas geográficas (WGS 1984), donde se encuentra ubicada la cuenca de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala.

Tabla 1. Coordenadas geográficas (WGS 1984), de la cuenca de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala

SITIO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (WGS 1984)	
	LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE
Nacimiento	4°8′39,97"	74°36′1781
Desembocadura	4°12′41,37	74°42′3,26

Mapa 1. Localización de la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas-Guaduala



4.2 Límites de la cuenca

NORTE: Con la quebrada Madroñala
 NORORIENTE: Quebrada Agua fría
 OCCIDENTE: Con la quebrada Inalí y la Arenosa
 SUR: Con la quebrada Grande SZH Prado

4.3 Clima

La cuenca de la quebrada Las Guacamayas, de acuerdo a su rango altitudinal entre 309 a 1300 “m.s.n.m.” presenta un clima Cálido. La temperatura media de la cuenca es de 26,3 °C. También presenta dos épocas de verano, la primera corresponde a los meses de diciembre, enero y febrero, la segunda a los meses de junio, julio y agosto.

Tabla 2. Pisos térmicos por temperatura y temperatura media representativa de la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala

ÍNDICE CLIMÁTICO						
Altitudes	Área Ha	%	Temperaturas °C	Temp. Media °C	Tipo de Clima	Índice Climático
309 - 1300	2.056,79	100	23,5 - 28,0	26,3	Cálido	Semiárido

4.4 Economía

La estructura económica de Melgar gira en torno a la actividad turística en cuanto al sector terciario se refiere, debido a la gran afluencia de visitantes que llegan en temporada alta y en puentes festivos, dinamizando la economía por el alto impacto en la venta de bienes y servicios. Dentro del sector primario se destaca, la explotación de hidrocarburos con producción creciente, generador de importantes regalías para el Municipio y el departamento, en el caso del sector agropecuario presenta poca la incidencia de las actividades agrícolas o agropecuarias.

4.5 División de la cuenca

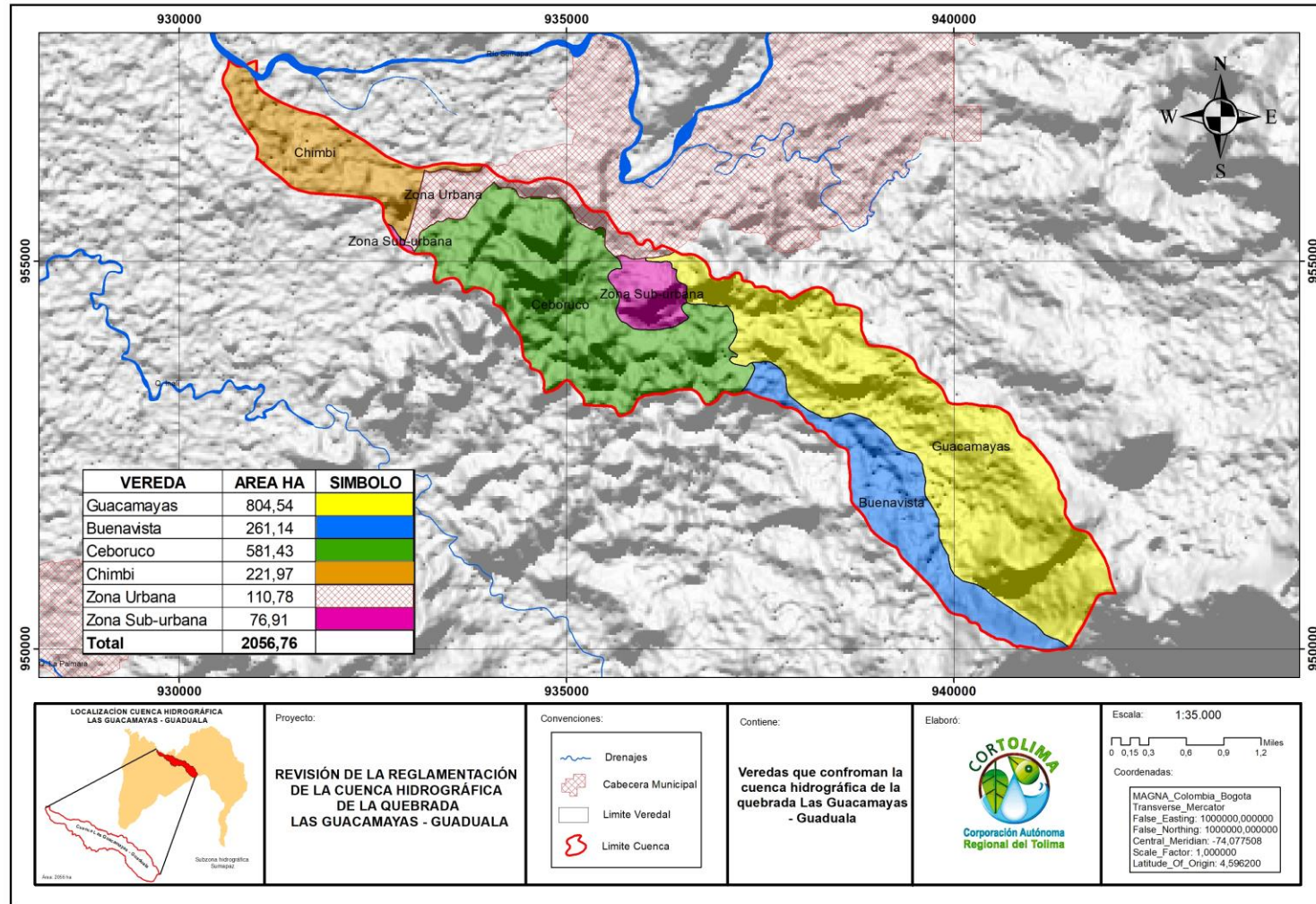
Administrativamente la cuenca de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala comprende 4 veredas que se muestran en la Tabla 3 en donde se observa que el mayor porcentaje de área se encuentra en la vereda Las Guacamayas con 38.9 % seguido de la vereda Ceboruco con el 32,42%, vereda Buenavista con el 12,80% y en un menor porcentaje la vereda Chimbí y el Casco Urbano del Municipio de Melgar con el 5 %.

Tabla 3. Área de las veredas que conforman la cuenca de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala.

VEREDA	ÁREA Ha	PORCENTAJE %
Las Guacamayas	800,00	38,90
Ceboruco	666,91	32,42
Buenvista	263,31	12,80
Chimbí	223,65	10,87
Zona Urbana	102,92	5,00
TOTAL	2.056,79	100,00

El mapa 2, se presenta la delimitación y las veredas de la cuenca de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala a escala 1:25.000, en el marco de la propuesta del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM

Mapa 2. Delimitación y veredas de la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas



4.6 Coberturas y uso de la tierra

Con base en la Leyenda Nacional de Cobertura de la Tierra se identificó y seleccionó, las unidades de cobertura presentes en la quebrada Las Guacamayas-Guaduala, para esta actividad fue necesario retomar como precedente el “mapa de coberturas de la tierra, de la cuenca hidrográfica del Río Sumapaz de la jurisdicción de CORTOLIMA, escala 1:25.000” De acuerdo con el alcance y la escala de trabajo, las normas de mapeo se diferenciaron a las establecidas ya que se debe tener una máxima representatividad de los elementos de la zona de estudio; así la unidad mínima de mapeo para los territorios artificializados fue de 0,75 hectáreas y un ancho de vía de 10 metros. En cuanto a las demás categorías fue de 1,56 hectáreas.

En este sentido, las coberturas vegetales encontradas en la quebrada Las Guacamayas – Guaduala, predominan los bosques de galería o ripario con un área de 544,28 Ha y un 26,47 %, seguido de la vegetación secundaria o en transición con un área de 537,51 con el 26,14 % de influencia, se observa una mínima área en los ríos, quebradas y rondas con un área de 0,13 Ha que son representadas en un 0,01 % seguido de las zonas de extracción minera con un área de 1,03 Ha y un 0,05 %.

En cuanto a la explotación agrícola que se presenta en el área de la cuenca de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala, se puede mencionar que la agricultura representa un reglón importante en la economía en la parte alta de la cuenca en las veredas Guacamayas y Buenavista con cultivos de plátano, cítricos, aguacate, cachaco, ahuyama y frutales.

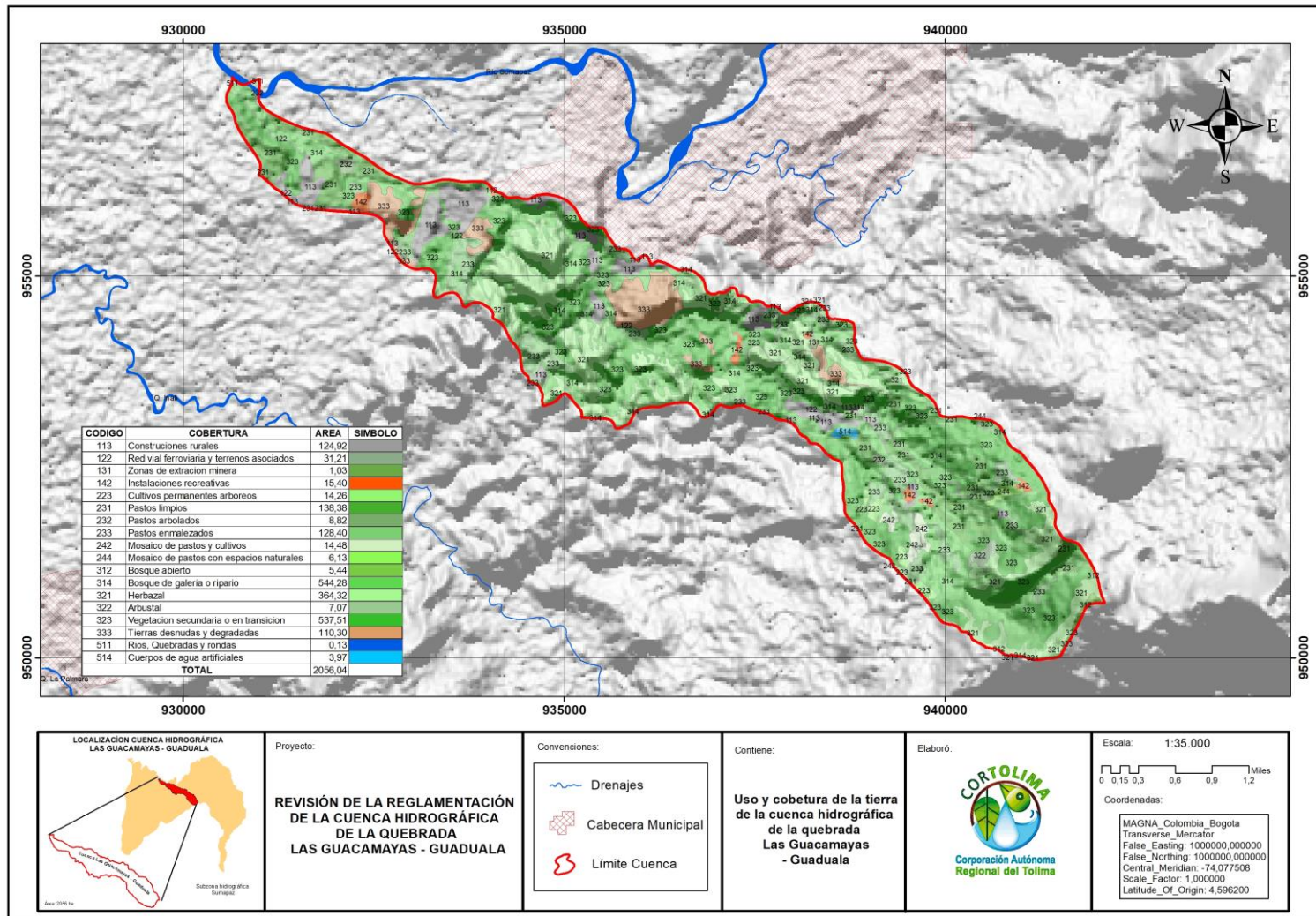
En la parte baja de cuenca en las veredas Chimbí y Ceboruco se puede encontrar el turismo y las viviendas campestre como mayor actividad económica de los pobladores.

En la ganadería, predomina la producción de carne, que es comercializada en la región y en el casco urbano de Melgar; la piscicultura se caracteriza por la explotación de cachama y mojarra. A continuación, en la tabla 4 se describen las coberturas, las áreas y su respectivo porcentaje con relación al área total de la quebrada.

Tabla 4. Cobertura Vegetal y usos de la tierra de la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala

CÓDIGO	COBERTURA	ÁREA HA	PORCENTAJE %
113	Construcciones rurales	124,92	6,08
122	Red vial ferroviaria y terrenos asociados	31,21	1,52
131	Zonas de extracción minera	1,03	0,05
142	Instalaciones recreativas	15,40	0,75
223	Cultivos permanentes arbóreos	14,26	0,69
231	Pastos limpios	138,38	6,73
232	Pastos arbolados	8,82	0,43
233	Pastos enmalezados	128,40	6,24
242	Mosaico de pastos y cultivos	14,48	0,70
244	Mosaico de pastos con espacios naturales	6,13	0,30
312	Bosque abierto	5,44	0,26
314	Bosque de galería o Ripario	544,28	26,47
321	Herbazal	364,32	17,72
322	Arbustal	7,07	0,34
323	Vegetación secundaria o en transición	537,51	26,14
333	Tierras desnudas y degradadas	110,30	5,36
511	Ríos, Quebradas y rondas	0,13	0,01
514	Cuerpos de agua artificiales	3,97	0,19
TOTAL		2.056,04	100

Mapa 3. Coberturas de la tierra de la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas-Guaduala



4.7 Suelos

El Suelo es una capa de la corteza terrestre, formada por elementos de origen mineral y orgánico. Esto se debe a la alteración (o meteorización) de las rocas de la litosfera (denominada roca madre) y al aporte de los restos de materia orgánica de las plantas y de los animales (que nacen, viven y mueren sobre el).

La naturaleza del suelo es dinámica, esto significa que no siempre es igual. Es decir, que su origen se debe al ataque erosivo de las rocas, pero su nacimiento propiamente dicho se produce cuando los restos orgánicos se incorporan a los restos minerales. Comenzando, entonces, a formarse un suelo joven que luego evoluciona hasta contar con varios estratos superpuestos en horizontes.

Se realizó una descripción de los suelos pertenecientes a la cuenca Hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas, tomando como punto de partida la base cartográfica de suelos encontrada dentro del documento estudio general de suelos del departamento del Tolima. (IGAC, 1997)

Dentro del documento estudio general de suelos del departamento del Tolima se encontró la siguiente simbología utilizada para la clasificación de suelos la cual procedemos a explicarla a continuación: cada sigla (“MVAg3”) consta de tres letras mayúsculas, una o más letras minúsculas y un número arábigo como subíndice.

La primera letra “mayúscula” identifica el paisaje, la segunda letra el clima, la tercera el contenido pedológico de la unidad de mapeo; las letras minúsculas identifican fases por pendiente, pedregosidad e inundación y el número arábigo el grado de erosión.

Con base en la cartografía de fisiografía y suelos para la cuenca del río Sumapaz a escala 1:100.000 suministrada por el IGAC, se identificaron 9 tipos de paisajes con sus respectivas características y unidades de suelo.

En la tabla 5 se describen los tipos de suelos encontrados en la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas, en el mapa 4 se presenta la espacialización de los suelos especificados según su localización.

Tabla 5. Suelos encontrados en la cuenca de la quebrada Las Guacamayas- Guaduala.

SIMBOLO	TIPO DE SUELO	ÁREA HA	PORCENTAJE %
MQLe1p	Arcillolitas con recubrimiento de cenizas volcánicas	4,15	0,2
MVAg3	Areniscas y arcillolitas	304,86	14,83
MVCe2	Arcillolitas y areniscas	402,88	19,59

MWaf3	Areniscas intercaladas con arcillolitas	1056,41	51,38
MWAg3	Areniscas intercaladas con arcillolitas	73,58	3,58
PWBd2	Arcillolitas y areniscas tobáceas	111,46	5,42
VWAa	Aluviones finos y medios	101,89	4,96
CA	Cuerpos de agua	1,00	0,05
TOTAL		2056,23	100,00

4.8 Zonas de vida

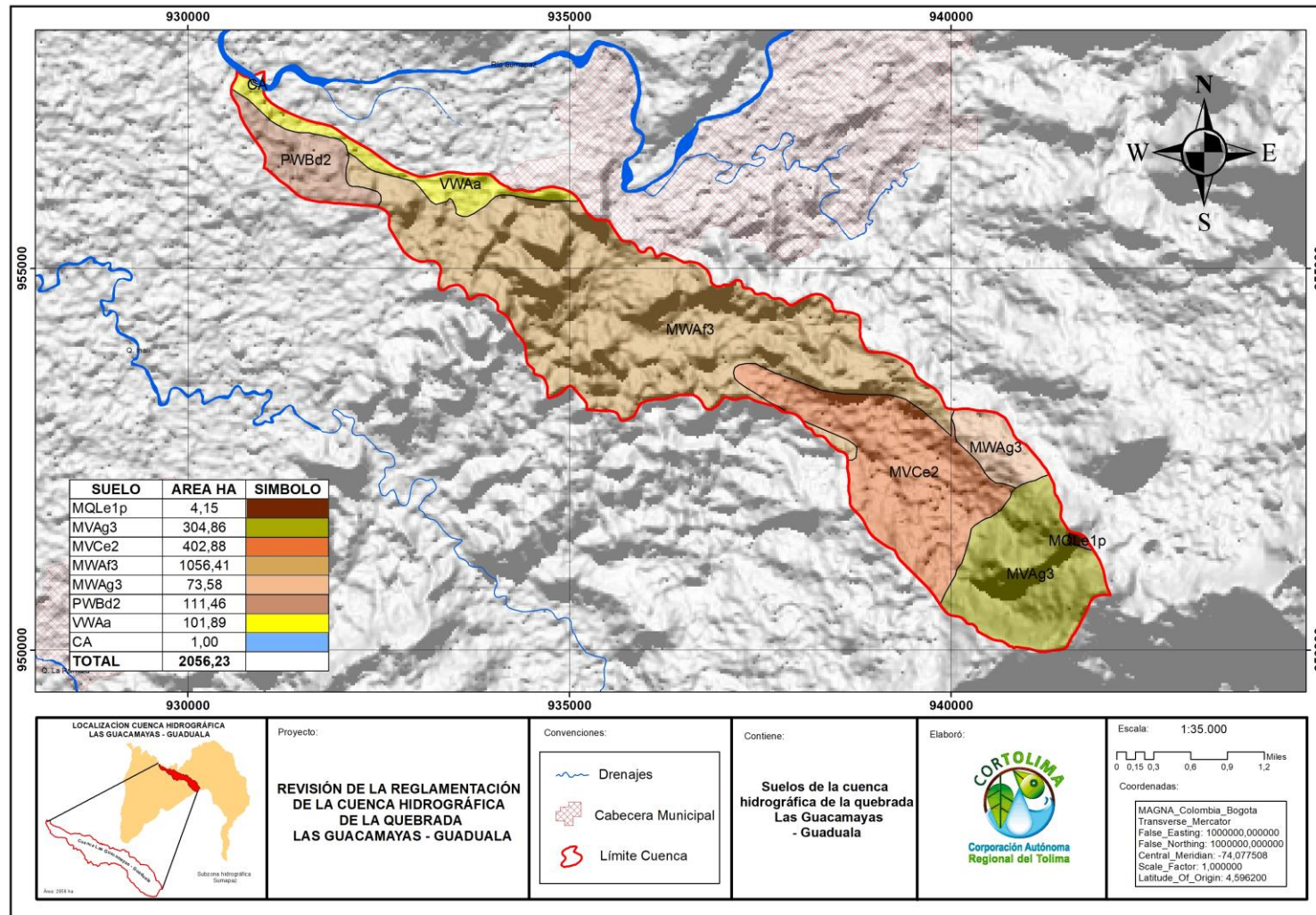
Teniendo en cuenta el sistema de clasificación expuesto por Holdridge, que contempla factores bioclimáticos, temperatura promedio diaria y precipitación promedio anual, se determinaron dos zonas de vida para la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas Guaduala: Bosque húmedo tropical.

El sector de clima cálido semiseco es el de mayor amplitud en el municipio, ya que contempla la zona baja del mismo. Las principales condiciones climáticas que caracterizan esta zona están representadas por un rango de precipitación entre 900-1200 mm, un rango de temperatura entre 26-28°C, un rango de altura inferior a los 600 msnm; la nubosidad y la humedad relativa son las menores dentro del municipio, consideradas como bajas.

4.9 Topografía

Esta zona de vida se caracteriza por presentar topografía plana a inclinada y relieve plano cóncavo; La zona plana comprende el valle aluvial del río Sumapaz conformado esencialmente por dos niveles de terrazas y la vega inundable. En las terrazas se encuentra la mayor parte del casco urbano actual, las cuales se caracterizan por un relieve inclinado a ligeramente ondulado en dirección del río, pendiente inferior al 5%, drenaje interno bueno, materiales arenosos con variable contenido de grava y piedra, estabilidad moderada y muy baja coherencia. La vega inundable comprende una franja aledaña al río de poca amplitud y los algunos casos interrumpida por las terrazas; esta vega es susceptible a inundaciones periódicas (1 o 2 veces al año) pero de baja magnitud y duración. Esta vega se encuentra construida casi en su totalidad, por edificaciones e infraestructura hotelera y condominios, que han ocupado la ronda del río y están expuestas a inundaciones. La zona quebrada está conformada por colinas y espinazos que no superan los 300m de altura relativa, el relieve es fuertemente quebrado a moderadamente ondulado, con pendientes entre 15 - 50%, a excepción de los espinazos que superan el 100% de pendiente. Además, existen unos vallecitos coluvio aluviales que se manifiestan como franjas paralelas a las principales quebradas, la pendiente, es ligeramente inclinada no superior al 7%. (Melgar, 2015)

Mapa 4. Tipos de suelo de la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas-Guaduala



5. DESCRIPCIÓN HIDROLOGICA PARA LA CUENCA HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA LAS GUACAMAYAS - GUADUALA AFLUENTE DE LA SUBZONA HIDROGRÁFICA DEL RÍO SUMAPAZ

La zonificación del país desde el punto de vista hidrológico, tiene sus inicios con la propuesta del HIMAT 1978, con lo cual en el IDEAM y el IGAC, en el año 2010, en el marco de un convenio interinstitucional, realizaron la zonificación hidrográfica de Colombia, este mapa sirvió de referencia para el ejercicio de planificación y ordenamiento del territorio, ubicando a las cuencas antes establecidas en Subzonas hidrográficas incluyéndoles áreas que antes estaban establecidas como subcuencas de orden menor y que no estaban sujetas a corto tiempo en un objeto de ordenación.

Según la metodología del IDEAM, para la elaboración de la cartografía se realizó a escala 1:25.000, para la cuenca la quebrada Las Guacamayas.

En el mapa 5 se presenta los drenajes la cuenca de orden menor de la quebrada Las Guacamayas-Guaduala.

Los factores geográficos y morfológicos de la unidad hidrográfica se pueden observar en la tabla 6.

Tabla 6. Localización geográfica y características morfológicas de la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala

CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS DE LA CUENCA				
Cotas (m.s.n.m.)		Pendiente Media de la cuenca (%)	Longitud del cauce Km	Área Ha
Máxima	Mínima			
1300	309	11,4	17	2056,77

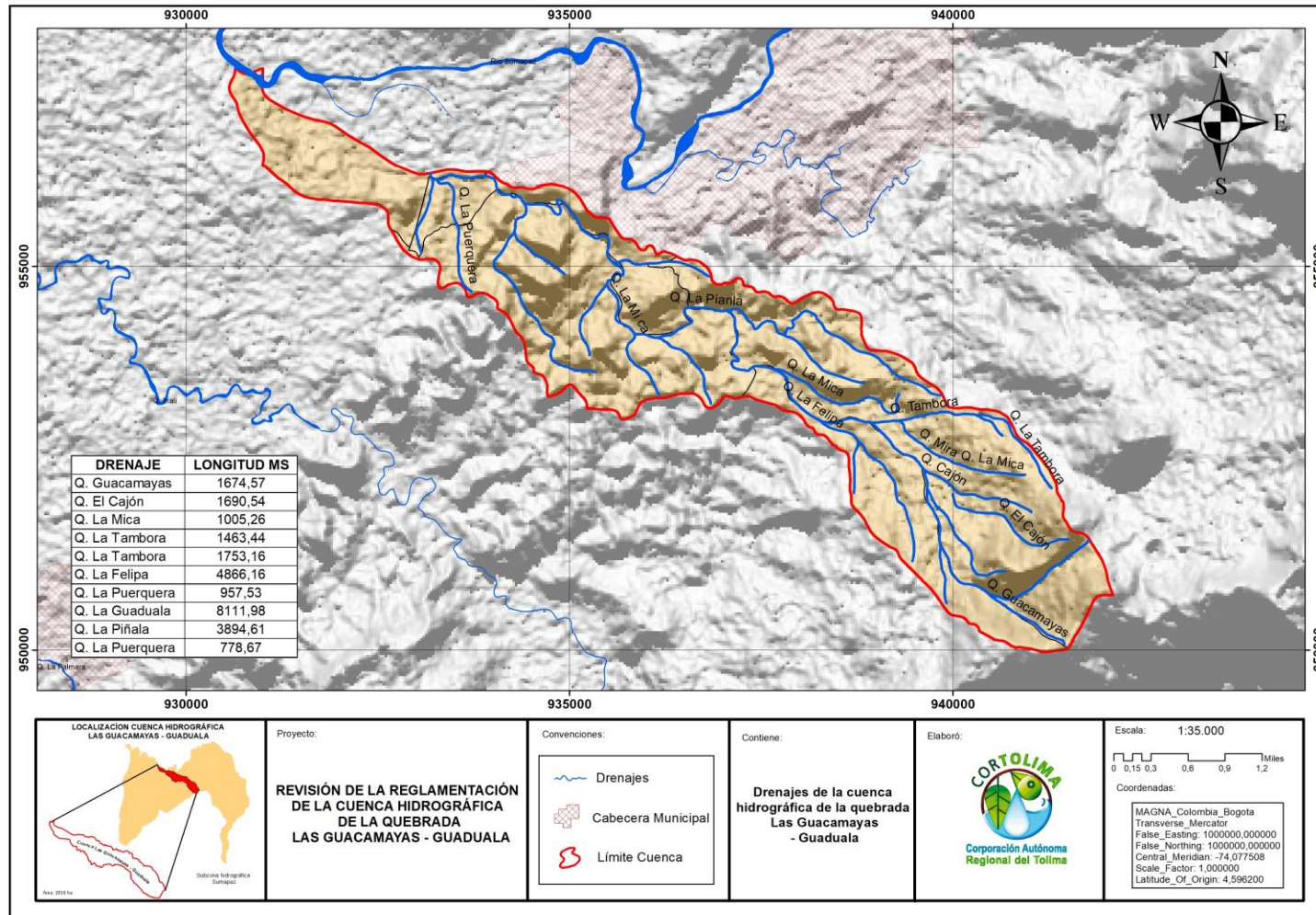
En la Tabla 7, se presentan los drenajes escala 1:25.000, realizada para la Subzona de la cuenca hidrográfica de la quebrada las Guacamayas, realizados por CORTOLIMA.

Tabla 7. Afluentes que tributan a la quebrada Las Guacamayas – Guaduala.

DRENAJE	LONGITUD M
Q. Guacamayas	1674,57
Q. El Cajón	1690,54
Q. La Mica	1005,26
Q. La Tambora	1463,44
Q. La Tambora	1753,16
Q. La Felipa	4866,16
Q. La Puerquera	957,53
Q. La Guaduala	8111,98
Q. La Piñala	3894,61
Q. La Puerquera	778,67

Revisión de la reglamentación de la quebrada Las Guacamayas- Guaduala y sus afluentes

Mapa 5. Drenajes de la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala



5.1 Precipitación

La precipitación se considera como la primera variable meteorológica y es la entrada natural del agua dentro del balance hídrico en las cuencas hidrográficas, es así que la determinación de la precipitación media de una cuenca fluvial se obtiene a partir de los datos observados y registrados en la red de estaciones que se encuentren instaladas en la cuenca o zona de estudio, teniendo en cuenta las normas internacionales especialmente las de la OMM. (OMM, 2002).

Teniendo en cuenta lo anterior se recomienda que para el cálculo de los Balances Hídricos y para en trazado de Isoyetas, son necesarias series de más de 20 años, complementando los datos faltantes con correlaciones con estaciones vecinas debidamente analizadas.

Para el cálculo de la precipitación media se utilizan generalmente tres métodos: Aritmético, Polígono de Thiessen e Isoyetas. El método de Isoyetas es el más preciso y se caracteriza por:

- Construcción de curvas de igual precipitación.
- El trazado de las curvas se hace igual que le de las curvas de nivel.
- Se consideran efectos orográficos de la cuenca.
- Presenta un modelo más real de la precipitación.

5.1.1 Análisis y tratamiento de la información Pluviométrica.

Tomando como referencia el estudio del POMCA río Sumapaz, se describe la metodología allí utilizada; se realizó inicialmente una revisión documental de las series meteorológicas e hidrológicas de las estaciones que operan el IDEAM y la CAR, ubicadas en la cuenca del río Sumapaz. Se seleccionaron 43 estaciones climatológicas, dentro de las cuales 6 son estaciones climatológicas principales, con las cuales se realizó el proceso de homogeneización de las series de precipitación.

En la revisión de las series históricas de datos se encontraron estaciones con considerables datos mensuales faltantes especialmente de precipitación, es decir series incompletas. Por tanto, el proceso a seguir fue el de realizar correlaciones múltiples con el fin de hallar analogías entre pares de estaciones con las cuales se pudieran, entre sí, completar los datos faltantes. El periodo considerado, para la homogeneización de las series, fue 1990 a 2016. En las estaciones hidrométricas se encontró que las series de datos corresponden a periodos cortos por cuanto son instalaciones de estaciones recientes, además se observa que en la mayoría de éstas se encuentran en régimen de caudal influido, es decir, los datos obtenidos no son lo suficientemente representativos del potencial hídrico de la cuenca aferente.

Por esta razón los caudales para cada una de unidades hidrográficas fueron generados a través de modelos hidrológicos.

5.1.2 Método de Correlación

Para el cálculo y generación de los datos faltantes de precipitación, se utilizó la metodología de correlación, definidas éstas como una relación estadística analítica y gráfica entre pares de datos de dos estaciones ubicadas en la misma zona con factores climatológicos similares. En el marco metodológico, se analiza el coeficiente de correlación " r^2 " que muestra la tendencia lineal de los datos, requiriendo como mínimo un coeficiente de correlación mayor o igual a 0.75, considerado éste valor a partir de una relación aceptable entre las dos estaciones. A partir de este concepto se calculan los datos faltantes en ambos sentidos.

5.1.3 Precipitación mensual y anual cuenca hidrográfica quebrada Las Guacamayas – Guaduala

Con el apoyo del ArcGIS se pudo determinar el comportamiento temporal de la precipitación en la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas Guaduala, este se realizó a partir del análisis de los registros mensuales multianuales históricos de las estaciones para un periodo de 26 años (1990-2016), operadas por el IDEAM; donde se logró calcular las precipitaciones medias; máximas y mínimas anuales para esta cuenca cuyos valores son: precipitación anual de 1.635,7 mm, precipitación media anual máxima de 1.820 mm y precipitación media anual mínima de 1.462 mm.

Encontrando que los meses más secos en toda la cuenca corresponden a julio y agosto, y los meses más lluviosos son abril y octubre.

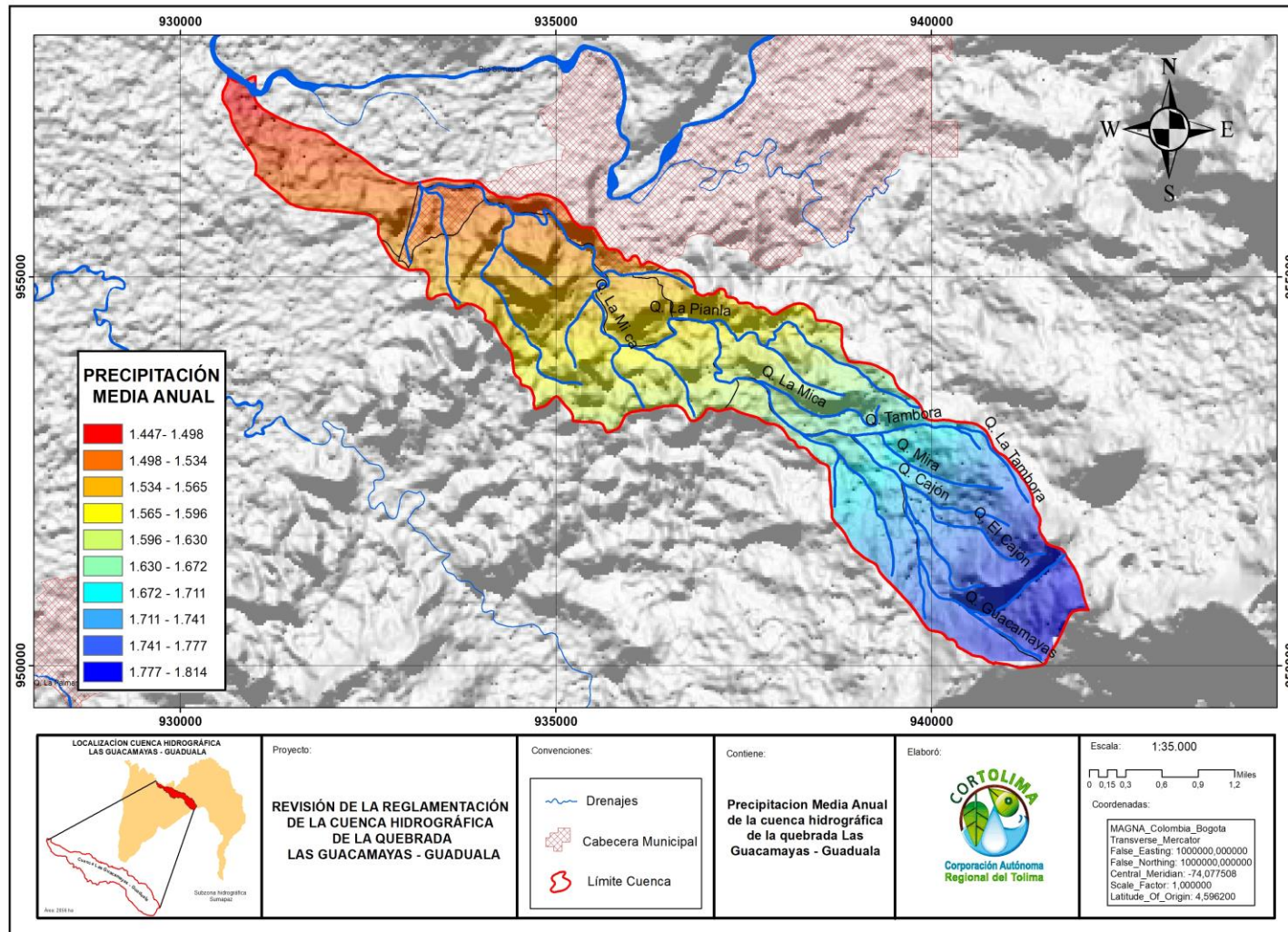
La incidencia de dos estaciones lluviosas a lo largo del año, la primera de comienzos del mes de marzo hasta mediados de junio y la segunda con comienzos en algunas veces a mediados del mes Septiembre hasta finales de noviembre, presentándose un comportamiento bimodal de la precipitación.

Tomando como base el mapa temático de la precipitación anual y mensual, del estudio de diagnóstico del POMCA río Sumapaz, se calculó la precipitación mensual y anual para la quebrada Las Guacamayas- Guaduala, a continuación, se relaciona en la siguiente tabla.

Tabla 8. Precipitación mensual y anual de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala

Quebrada Las Guacamayas - Guaduala	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
	117,8	130,3	175,8	197,6	186,3	93,1	57,2	45,7	94,5	190,6	200,8	146	1635,7

Mapa 6. Distribución espacial de la precipitación media anual, para el periodo 1990-2016, en la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala



5.2 Temperatura

La fuente primaria de energía que llega a la tierra proviene del sol; por tanto, el sol a través de la fotosfera es la fuente de todas las formas de energía que el hombre consume. Todos los fenómenos de origen meteorológico, entre ellos la temperatura, tienen como principio la radiación solar.

Debido a la falta de estaciones climatológicas y de registros de temperatura en el área de estudio se realizó a partir de la relación existente entre la altura y el gradiente de temperatura; en el que se utilizó las correlaciones de regresión lineal, Tem. Vs Elev., elaboradas para cada mes, se calcularon las temperaturas para los rangos de altura en que está comprendida la quebrada Las Guacamayas – Guaduala. Ver tabla 11.

Tabla 9. Temperaturas mensual y anual de la de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala (°C)

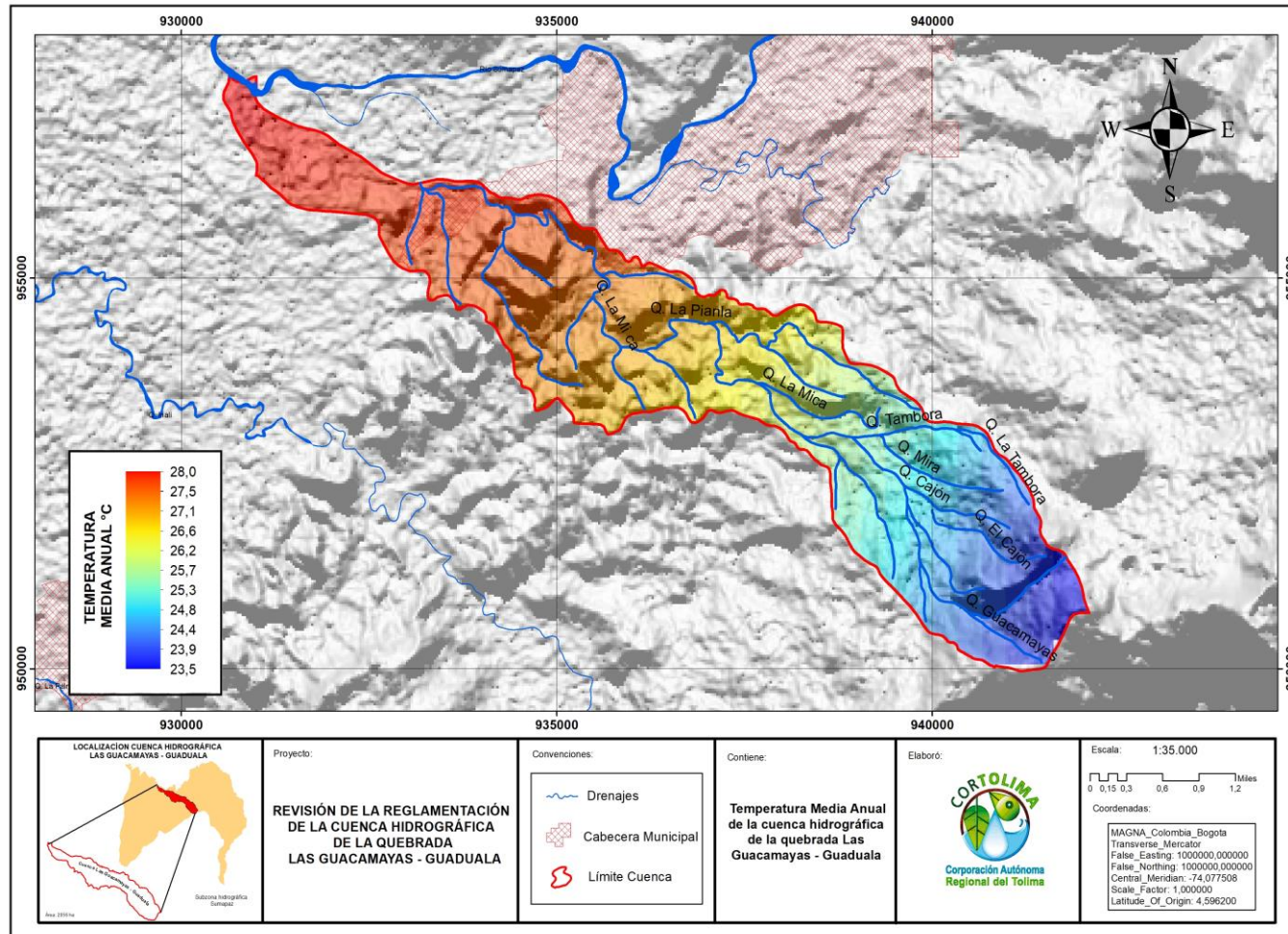
MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
TEMPERATURA	26,6	26,6	26,6	26,1	26,0	26,0	26,4	27,1	26,9	26,0	25,7	25,9	26,3

En el mapa 7 de temperatura se puede observar que la parte con mayor altura de la cuenca se encuentra ubicada sobre la vereda Chimbí en la desembocadura al río Sumapaz y de acuerdo al gradiente de temperatura de la zona, las temperaturas medias mensuales alcanzan los 23,5 °C, valor que se incrementa gradualmente en la medida que se desciende por la cuenca hidrográfica hasta alcanzar temperaturas máximas de 28,0 °C, sobre las veredas Las Guacamayas y Buenavista

A continuación, se muestra la distribución espacial de la temperatura en la cuenca.

Revisión de la reglamentación de la quebrada Las Guacamayas- Guaduala y sus afluentes

Mapa 7. Distribución espacial de la temperatura media anual, para el periodo 1990-2016, en la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala



5.3 Evapotranspiración Potencial – ETP

La evapotranspiración es uno de los componentes más importantes del balance hídrico. Representa la cantidad de agua saliente del sistema hacia la atmósfera en forma de vapor de agua, por una combinación de la evaporación física y de la transpiración de la vegetación. La evapotranspiración depende fundamentalmente de condiciones climáticas que a su vez son función de las características físicas de la atmósfera que se encuentra cerca al suelo y a la vegetación, además depende de la calidad y espejo de agua.

Dada la importancia de calcular el consumo de agua en los cultivos y ser parte fundamental del Balance Hídrico, tanto superficial como del suelo, para determinar la disponibilidad hídrica de una región y a partir de este conocimiento determinar áreas probables a beneficiar y diseñar obras requeridas para adecuación de tierras, se han producido muchas y variadas fórmulas para el cálculo de la evapotranspiración potencial, entre ellas las comunes, en nuestro medio, son las de Penman, Turc, Thornthwite, Christiansen entre otras.

La fórmula adoptada o acogida por el IDEAM en su modelo climatológico es la Penman, por cuanto integra la mayor parte de las variables meteorológicas. Sin embargo, la fórmula de Turc, más sencilla para su cálculo, entrega valores cercanos a los calculados por el método de Penman. Por esta razón, para validar las ecuaciones regionales de ETP propuestas en el estudio del ENA 2010 por el IDEAM, se utilizará la metodología de TURC.

Formula de TURC.

$$ETP = K[T/(T+15)][RG+50]$$

$$RG=RA [a+b n/N]$$

ETP: Evapotranspiración Potencial en mm

K: 0,4 para meses de 30 y 31 días.

K: 0,37 para el mes de febrero.

T: Temperatura media mensual.

HR: Humedad Relativa media mensual.

G: Radiación Global, en cal/cm2/día.

n: Horas de sol diaria

N: Horas de sol astronómica.

RA: Radiación extraterrestre.

Otras variables que tienen que ver con el cálculo del Balance Hídrico y la oferta hídrica superficial como: la radiación solar, insolación, vientos, son obtenidas directamente de las estaciones meteorológicas.

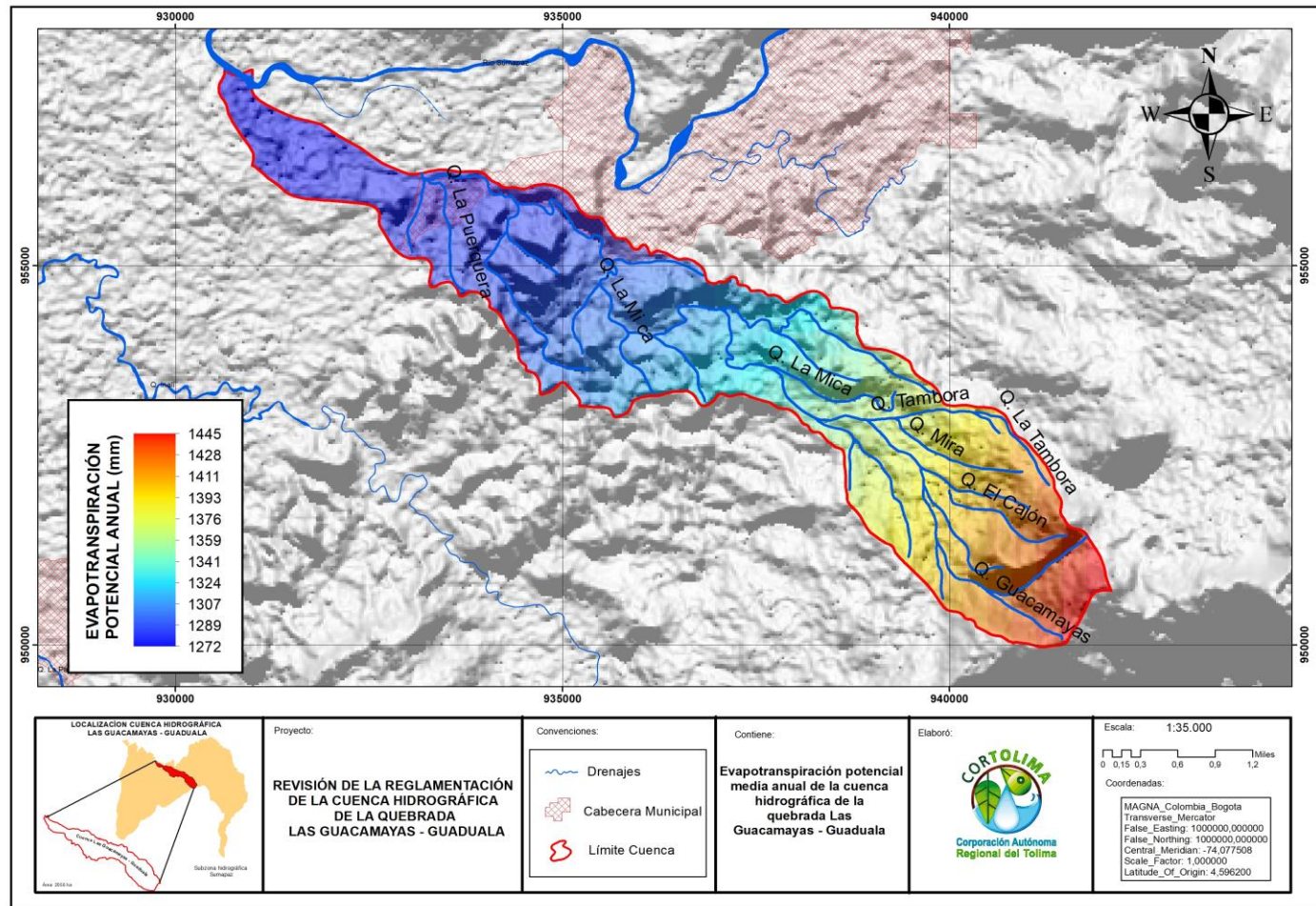
Revisión de la reglamentación de la quebrada Las Guacamayas- Guaduala y sus afluentes

Tabla 10. Valores medios mensuales (mm), de la evapotranspiración potencial (ETP), para la quebrada Las Guacamayas – Guaduala.

MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
ETP	117,86	110,51	120,63	110,39	111,03	110,18	121,86	128,54	120,92	113,33	103,89	110,04	1379,23

Revisión de la reglamentación de la quebrada Las Guacamayas- Guaduala y sus afluentes

Mapa 8. Distribución espacial de la evapotranspiración potencial de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala



5.4 Evapotranspiración Real

La Evapotranspiración Real (ETR), se considera como la cantidad de agua que pasa a la atmosfera por el sistema complejo “planta–suelo”, en condiciones meteorológicas, edafológicas y biológicas existente en una región. El valor máximo que tendría la ETR en un momento dado sería la Evapotranspiración Potencial (ETP). (Rojas, 1976)

El cálculo de la evapotranspiración real (ETR), se realizó a través de la ecuación propuesta por Budyko (1974), en donde la evapotranspiración potencial ETP, se transforma a evapotranspiración real (ETR), mediante la ecuación de Budyko que se presenta a continuación:

$$ETR = \left[ETP \times P \times \tanh\left(\frac{P}{ETP}\right) \left(1 - \cosh\left(\frac{ETP}{P}\right) + \sinh\left(\frac{ETP}{P}\right)\right) \right]^{1/2}$$

Dónde:

ETR = Evaporación real (mm)

P = Precipitación (mm)

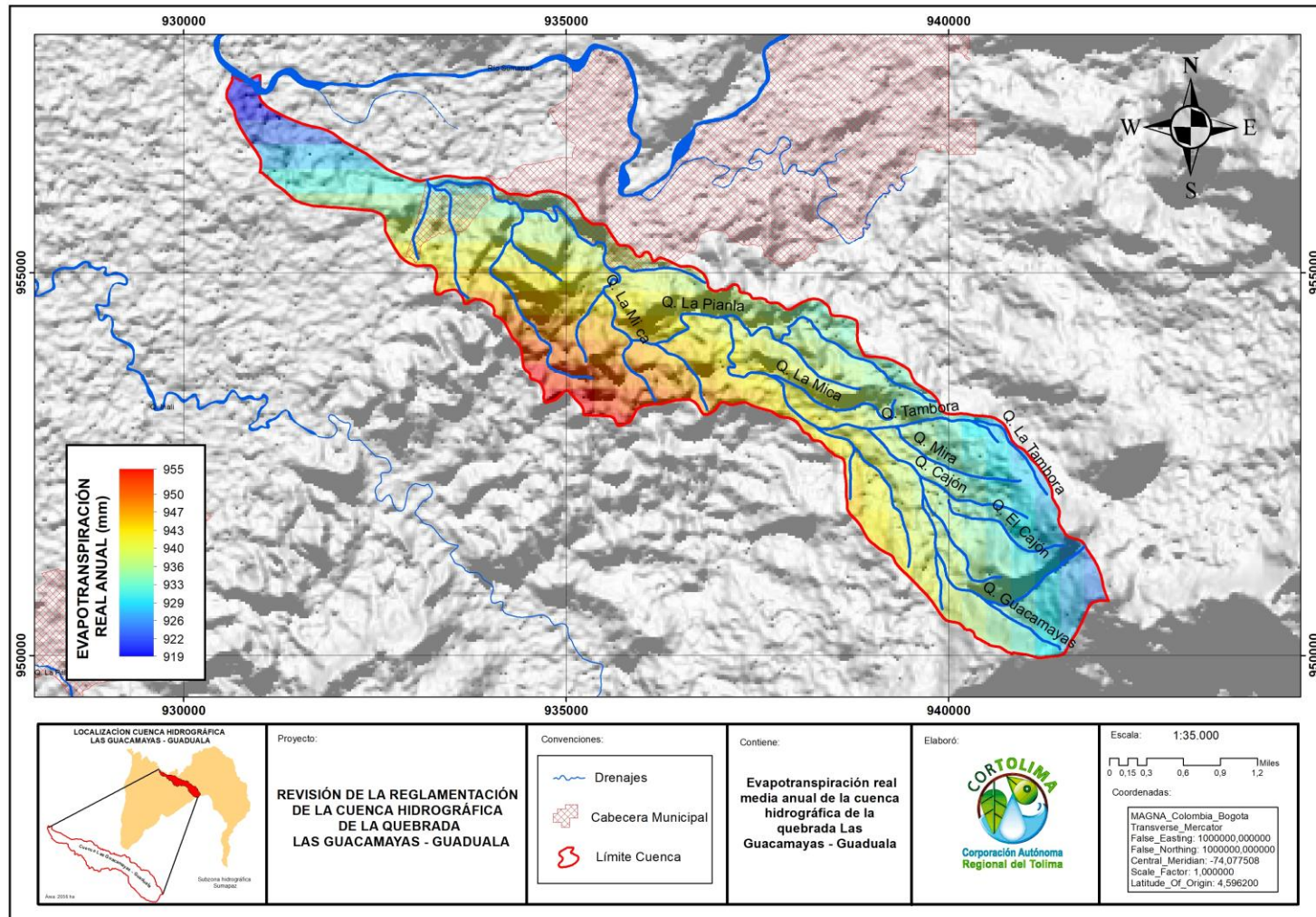
ETP = Evaporación potencial (mm) por el período considerado (Mensual).

Para la obtención de los valores mensuales de Evapotranspiración Real (ETR), se utilizaron los datos de evapotranspiración potencial (ETP), partiendo de la ecuación Thornthwaite; Con respecto a la distribución temporal de la ETR, se observa que los mayores valores de ETR, se presentan durante los meses de abril, mayo en el primer semestre y octubre en el segundo semestre, correspondientes a los meses más lluviosos del año; los menores valores, se presentan durante el mes de Julio y Diciembre; en todos los casos.

Tabla 11. Valores medios mensuales (mm), de la evapotranspiración Real (ETR) para la quebrada Las Guacamayas – Guaduala.

MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
ETR	76,22	80,64	95,85	93,09	92,45	70,60	51,68	43,16	72,72	94,12	88,72	84,99	944,96

Mapa 9. Distribución espacial de la evapotranspiración real de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala



6. DEMANDA HIDRICA

6.1 Concesiones de aguas superficiales registradas ante CORTOLIMA

Los usuarios identificados como concesionados se encuentran registrados en el maestro de concesiones de aguas de la Corporación, esta información se revisó, analizó y depuró; con el fin de determinar el total de usuarios registrados con concesión de agua de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala; a la fecha se pudo evidenciar un total de 36 usuarios de los cuales 19 son personas naturales y 17 personas jurídicas.

En la Tabla 14, se presenta el listado de usuarios concesionados, registrados en el libro maestro de aguas de CORTOLIMA, pertenecientes a la cuenca de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala.

Tabla 12. Usuarios concesionados, registrados en el maestro de concesiones de aguas de CORTOLIMA.

CLASES DE CONCESIONES DE AGUAS	CANTIDAD
CONCESIONES PERSONAS NATURALES	19
CONCESIONES PERSONAS JURIDICAS	17
TOTAL	36

Tabla 13. Usuarios concesionados de personas naturales

No	LLAVE	USUARIO	PREDIO NOMBRE	LITROS CONCESIONADOS	USO
1	321	JORGE HUMBERTO MARTINEZ LEON	CUERNAVACA	2,20	AGRÍCOLA
2	327	REINOSO FLOREZ	PEDREGAL No. 2	0,20	DOMÉSTICO
3	328	ALVARADO CORDOBA	EL PEDREGAL	0,20	DOMÉSTICO
4	329	RAMIREZ SERNA	LOTE 2A-1 SOBREGIRO	0,20	DOMÉSTICO
5	330	MARIA FANNY VILLADA DE VEGA	VILLA FANNY	0,20	DOMÉSTICO
6	2178	SIMON VARGAS AVELLANEDA NUBIA BARON PANQUEVA	SAN ISIDRO	0,20	DOMÉSTICO
7	331	OFELIA JARAMILLO DE LOPEZ	HDA SANTO THOMAS	10,13	AGRÍCOLA

Revisión de la reglamentación de la quebrada Las Guacamayas- Guaduala y sus afluentes

8	333	CARRANZA RUIZ	LAS TERRAZAS DEL LAGO -CLAJAMARO	11,00	DOMÉSTICO
9	334	OLIVARES LIS LUIS EDUARDO	RESACAS	0,93	DOMÉSTICO
10	335	BERMUDEZ	PANOPTICO	0,20	DOMÉSTICO
11	339	ANTONIO PEREZ	GUADUALA	0,20	DOMÉSTICO
12	340	JORGE E GUTIERREZ	LOTE	0,20	DOMÉSTICO
13	937	ABELLA PAIPILLA	FRONTERA	0,35	AGRÍCOLA
14	2175	CORDOBA	BAMBU	0,20	DOMÉSTICO
15	2179	VARON BONILA LUIS ALFONSO	EL NARANJAL	0,20	DOMÉSTICO
16	2180	OFELIA JARAMILLO DE LOPEZ	HDA.SANTO TOMAS 90% AGUAS LLUVIAS	0	AGRÍCOLA
17	2855	PEDRO J. PINTO VELANDIA Y ESTHER	LOTE NO.2 LA HERRADURA	0,20	DOMÉSTICO
18	3075	MORALES PULIDO	LOTE 1 PARCELACION EL ENCANTO	0,30	DOMÉSTICO
19	4389	RAMIREZ SERNA	SOBREGIRO	0,20	CONSUMO HUMANO
TOTAL				27,31	

Tabla 14. Listado de usuarios concesionados de personas jurídicas

No	LLAVE	USUARIO	PREDIO NOMBRE	LITROS CONCESIONADOS	USO
1	322	SOC. TROPICAL FAUNA LTDA.	RUEDAS	3,80	AGRÍCOLA
2	323	E.S.P DE MELGAR EMPUMELGAR	ACUEDUCTO COMUNAL	4,25	ACUEDUCTOS
3	324	ESC.MIXTA Y RETEN DE POLICIA SN C	JOSEGUANDA	0,20	DOMÉSTICO
4	326	SOC. J.V.K. Y CIA S. EN C.	EUSKADI	0,20	DOMÉSTICO
5	332	ACADEMIA MARISCAL SUCRE	ACADEMIA MILITAR	0,46	DOMÉSTICO
6	336	FETRAMCOL	LAS HAMACAS	0,55	DOMÉSTICO
7	338	FENIX S.A.S	COLEGIO CAMPESTRE	0,75	ACUEDUCTOS
8	341	CONSORCIO LOZANO LOZANO	MONTECARLO	3,24	DOMESTICO
9	342	CONDominio RESIDENCIAL CAMPESTRE HELIOPOLIS P.H.	CONDominio CAMPESTRE HELIOPOLIS	4,00	DOMÉSTICO
10	343	SOC. SUCEGAR LTDA.	EL PARAISO	2,00	DOMÉSTICO
11	344	INVERSIONES GUIA LTDA.	POSADA CAMPESTRE	0	DOMÉSTICO
12	345	CONSTRUCTORA - ALIANZA PROYECTOS INMOBILIARIOS LTDA	EL PALMAR	2,00	DOMÉSTICO
13	346	FIDUCIARIA UNION S.A. FIDUNION	HACIENDA SUMAPAZ	2,16	DOMÉSTICO
14	2176	ASDOAS	ASDOAS	3,00	ACUEDUCTOS

Revisión de la reglamentación de la quebrada Las Guacamayas- Guaduala y sus afluentes

15	2177	INVERSIONES GUIA LTDA.	URB. SANTA CATALINA	2,00	DOMÉSTICO
16	2245	CONJUNTO CAMPESTRE EL LAGUITO LTDA	CONJUNTO	1,00	DOMÉSTICO
17	4327	FONDO EMPLEADOS EMP. TELECOMUNICACIONES DE BOGOTA	RINCON DE RESACAS VDA. RESACAS	1,65	CONSUMO HUMANO
TOTAL				31,26	

Los usuarios fueron clasificados en dos tipos: naturales y jurídicos; la figura 1, muestra la clasificación de los usuarios entre naturales y jurídicos, el 53% de los usuarios (19) corresponde a expedientes de persona natural y el 47% (17), de tipo jurídico que tienen concesión de aguas, en la cuenca de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala.

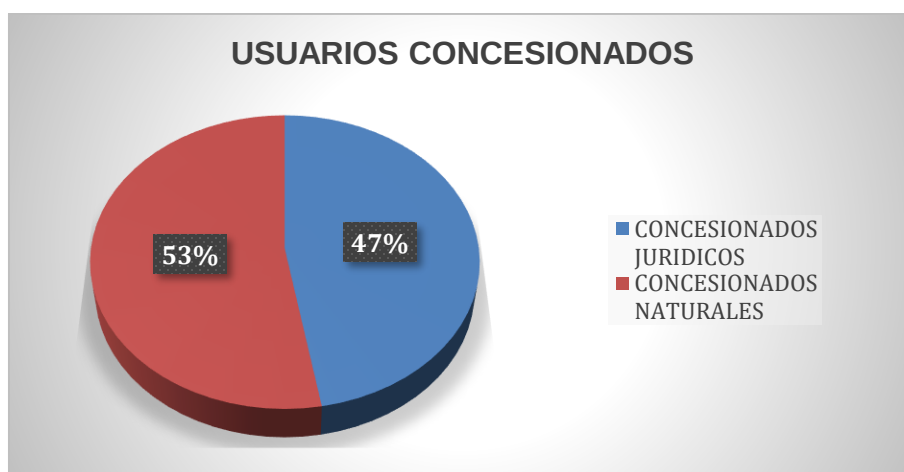


Figura 1. Usuarios concesionados registrados en el maestro de aguas de CORTOLIMA de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala

La Tabla 15, muestra la cantidad de usuarios concesionados, por tipo de uso; se puede resaltar, que de los 36 concesionados 26 usuarios utilizan el agua otorgada para el uso doméstico, seguido del uso agrícola con 5 usuarios, luego el uso para acueductos 3 usuarios y por último el uso para el consumo humano con 2 usuarios.

Tabla 15. Usos del agua de las concesiones otorgadas sobre la cuenca de la quebrada Las Guacamayas –Guaduala.

USOS	USUARIOS	PORCENTAJE %
ACUEDUCTOS	3	9,00
AGRICOLA	5	14,00

Revisión de la reglamentación de la quebrada Las Guacamayas- Guaduala y sus afluentes

CONSUMO HUMANO	2	6,00
DOMESTICO	26	71,00
TOTAL	36	100,00

En la Figura 2, se puede evidenciar que el mayor consumo del recurso hídrico, con relación a la cantidad de usuarios es el uso doméstico que representan el 72%, seguido del uso agrícola con el 14 %, el 8 % el uso para acueductos y por último el uso para consumo humano con el 6 %.

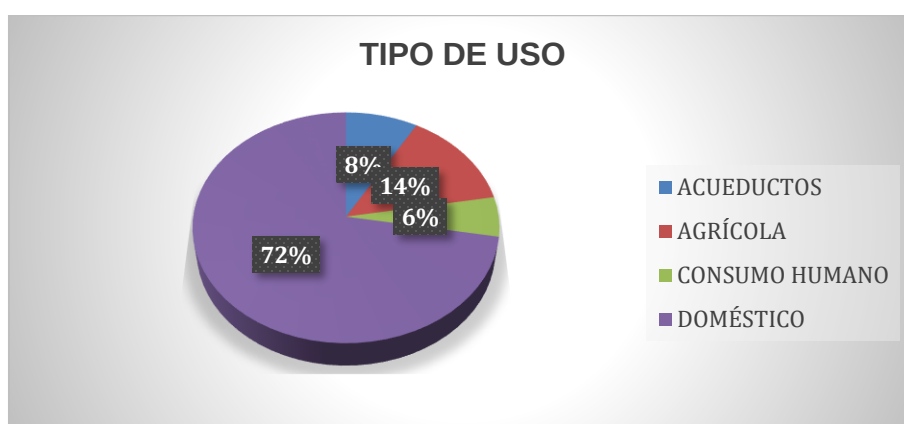


Figura 2. Tipo de uso del recurso hídrico por cantidad de usuarios.

Tabla 16. Demanda hídrica (l/s) por uso para usuarios concesionados

USOS	LITROS CONCESIONADOS	PORCENTAJE %
ACUEDUCTOS	8,00	14,00
AGRÍCOLA	16,50	28,00
CONSUMO HUMANO	1,85	3,00
DOMESTICO	32,24	55,00
TOTAL	58,59	100,00

En la Figura 3, se puede evidenciar que el mayor consumo del recurso hídrico, está representado en el uso doméstico con un porcentaje del 55,00%, y en menor grado está el consumo humano con el 3,00% con relación a la demanda total.

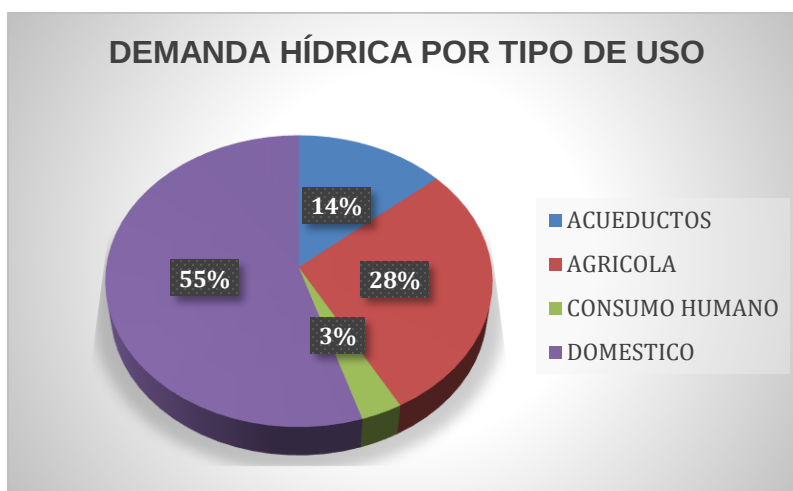


Figura 3. Demanda hídrica (l/s) por uso para usuarios concesionados.

De los usuarios que cuentan con concesión de aguas de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala registrados ante CORTOLIMA; el volumen otorgado se encuentra en litros por segundo (l/s), con un total de 58,59 l/s para 36 usuarios.

6.2 Usuarios no concesionados registrados en el censo

A partir de la información consignada en las encuestas, se consolidó la misma con el fin de obtener estadísticas que mostraran los resultados del trabajo de campo realizado en la cuenca de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala.

En total se realizaron 53 encuestas entre usuarios concesionados y no concesionados de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala de los cuales 42 son personas naturales no concesionados y ninguno de tipo jurídico y los restantes son encuestas de usuarios concesionados que se encuentran registrados en el maestro de aguas de CORTOLIMA.

En la Tabla 17, se presenta el número de encuestas realizadas a los usuarios no concesionados y se procedió a tabular y analizar los resultados obtenidos

Tabla 17. Número total de encuestas realizadas en el censo de aguas superficiales de la cuenca de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala

TIPO DE USUARIOS	TOTAL DE ENCUESTAS
NO CONCESIONADOS NATURALES	42
NO CONCESIONADOS JURIDICOS	0
TOTAL	42

Tabla 18. Usuarios caracterizados, naturales no concesionados de aguas superficiales de acuerdo al número de encuestas realizadas de la cuenca de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala

NO.	USUARIO	PREDIO	VEREDA	CAUDAL L/S	USO
1	MARCO FIDEL CARDOZO	VILLAS DE GRANADA	LAS GUACAMAYAS	0,39	DOMESTICO
2	RAMÓN GARCIA CASILIMAS	EL PORVENIR	BUENAVISTA	0,18	RIEGO
3	ADELA TOSCANO	EL MIRADOR	LAS GUACAMAYAS	0,21	DOMESTICO
4	EUSTAQUIO PARRA SIERRA	SAN ISIDRO 3	LAS GUACAMAYAS	0,04	DOMESTICO
5	JOSÉ NILSON LESMES	LOTE BUENAVISTA	BUENAVISTA	0,168	DOMESTICO
6	HÉCTOR JOSÉ VARGAS	VILLA MARIA LUISA	LAS GUACAMAYAS	0,39	DOMESTICO
7	JOSÉ IGNACIO PRADA RICO	EL AMANECER	BUENAVISTA	0,16	DOMESTICO
8	FERNEY QUIROGA	SAN CARLOS	BUENAVISTA	0,3	DOMESTICO
9	MONICA BARRAGÁN GARZÓN	VILLA ANGIE	BUENAVISTA	0,15	DOMESTICO
10	ALBERT RICARDO TELLEZ BERNAL	SOBREGIRO	LAS GUACAMAYAS	0,16	DOMESTICO
11	ESTER CASTRO MEGIA	VILLA CAROLINA	BUENAVISTA	0,39	DOMESTICO
12	YASMID BONILLA RIVEROS	BALNEARIO CHACONDO 2	LAS GUACAMAYAS	0,157	DOMESTICO
13	DIVA LOPEZ CASTRO	LIMONAR	BUENAVISTA	0,56	DOMESTICO
14	EDER SIERRA LAISECA	VILLA RATÓN	LAS GUACAMAYAS	0,56	DOMESTICO
15	OSCAR BUSTOS	VIVERO GUACAMAYAS	LAS GUACAMAYAS	0,68	RIEGO
16	RUBIELA ELBIRA ESPITIA DUARTE	VILLA JULIANA	BUENAVISTA	0,32	DOMESTICO
17	MAURICIO MORALES MENDOZA	EL ATARDECER	LAS GUACAMAYAS	0,45	DOMESTICO
18	HERNANDO SEPULVEDA GOMEZ	TIERRA LABRANTIA	LAS GUACAMAYAS	0,23	DOMESTICO
19	BENJAMIN GARCIA	HELEN DANIELA	BUENAVISTA	0,07	DOMESTICO
20	MARIA HELENA RAMIREZ MANCIPE	CASA MANCIPE	BUENAVISTA	0,33	DOMESTICO
21	ANDREA CAROLINA ZUICA QUIROGA	FINCA CAROLINA	BUENAVISTA	0,3	DOMESTICO
22	RAFAEL FARFAN PORTELA	VILLA MERCEDEZ	LAS GUACAMAYAS	0,25	DOMESTICO
23	LUISA FERNANDA PINZON	LA GIRALDA	BUENAVISTA	1,06	DOMESTICO
24	AURELIO CARDOZO PARRA	CASA 39	BUENAVISTA	1,5	DOMESTICO, PISCICULTURA Y RIEGO
25	ALEJANDRO GUTIERREZ	PARCELA FINCA SAN CARLOS	LAS GUACAMAYAS	0,11	DOMESTICO
26	JORGE IVAN GONZALES	MARANDU	LAS GUACAMAYAS	0,21	DOMESTICO

Revisión de la reglamentación de la quebrada Las Guacamayas- Guaduala y sus afluentes

27	ESTELLA POMBO DE CORREA	EL MILAGRO	LAS GUACAMAYAS	0,45	DOMESTICO Y PISCICULTURA
28	EDNA MARGARITA BAUTISTA	LAS MARGARITAS	LAS GUACAMAYAS	0,75	DOMESTICO
29	JOSE VICENTE KATARAIN	EUSKADI	LAS GUACAMAYAS	1,09	DOMESTICO, PISCICULTURA Y RIEGO
30	LUIS FELIPE PARRA	LOS CLAVELES	LAS GUACAMAYAS	0,23	DOMESTICO, PISCICULTURA Y RIEGO
31	LUZ NORALBA PEÑA	VALLE DEL SOL	LAS GUACAMAYAS	0,17	DOMESTICO, PISCICULTURA Y RIEGO
32	EDUARDO FLORES	MEDIA LUNA	LAS GUACAMAYAS	0,2	DOMESTICO
33	LUIS ROBERTO SALA	EL RECREO	LAS GUACAMAYAS	0,11	DOMESTICO, PECUARIO Y RIEGO
34	MARIA ISABEL PINO CANO	EL PORVENIR	BUENAVISTA	0,17	DOMESTICO
35	JAIRO HUMBERTO CARDOZO	SAN CARLOS LOTE 2	BUENAVISTA	0,08	DOMESTICO
36	CÉSAR JAVIER GUTIERREZ BONILLA	CHARCO HONDO 1	LAS GUACAMAYAS	0,2	DOMESTICO
37	MARIA HELENA PARRA SIERRA	SAN ISIDRO	LAS GUACAMAYAS	0,22	DOMESTICO
38	SANDRA TORRES	SAN CARLOS-ARCANGEL	BUENAVISTA	0,18	RIEGO
39	SANDRA TORRES	SAN CARLOS	BUENAVISTA	0,21	DOMESTICO
40	MARISOL RUBIÓ	SAN ISIDRO 3	LAS GUACAMAYAS	0,21	DOMESTICO
41	JULIO ALBERTO FLOREZ ARIAS	LA VIRGINIA	LAS GUACAMAYAS	0,48	DOMESTICO
42	EVELIA PUENTES	DIANILANDIA	LAS GUACAMAYAS	1,7	DOMESTICO, PISCICULTURA Y RECREACION

En el censo se visitaron 42 predios no concesionados naturales, presentándose 25 en la vereda Las Guacamayas y 17 en la vereda Buenavista, se ha presentado en la zona que muchos predios han sido parcelados y de una misma captación se benefician varios predios.

Tabla 19. Distribución por vereda de usuarios naturales sin concesión de aguas superficiales, en la cuenca de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala y sus afluentes.

TIPO DE USUARIO	USUARIOS ENCUESTADOS VEREDAS				
	CHIMBI	CEBORUCO	LAS GUACAMAYAS	BUENAVISTA	TOTAL
NO CONCESIONADOS NATURALES	0	0	25	17	42

En la Tabla 20, se puede observar el caudal aforado en litros por segundo (l/s) de los usuarios naturales no concesionados, los cuales toman el recurso hídrico directamente de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala.

Tabla 20. Caudal aforado en l/s de usuarios no concesionados de aguas superficiales de la quebrada las Guacamayas – Guaduala.

TIPO DE USUARIO	USUARIOS	CAUDAL AFORADO l/s
NO CONCESIONADOS NATURALES	42	15,775
TOTAL	42	15,775

Con el fin de identificar los usos que los habitantes de la cuenca de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala, hacen del recurso hídrico, en la Tabla 21, se presenta la distribución en porcentaje y se pudo observar que el mayor uso es el doméstico con un porcentaje de 76 %, seguido del uso doméstico piscicultura y riego con un 9,52 %, representado por 4 usuarios, seguido por el uso de riego con el 7,14 %, y los demás usos con 1 usuario respectivamente que representan el 2,38 %.

En la figura 4 se muestran los tipos de uso del agua para la cuenca con sus respectivos porcentajes.

Tabla 21. Usos del agua superficial por cantidad de usuarios y porcentaje de la cuenca de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala

USO	USUARIOS	PORCENTAJE %
DOMESTICO	32	76,19
DOMESTICO Y PISCICULTURA	1	2,38
DOMESTICO PECUARIO Y RIEGO	1	2,38
DOMESTICO PISCICULTURA Y RECREACION	1	2,38
DOMESTICO PISCICULTURA Y RIEGO	4	9,52
RIEGO	3	7,14
TOTAL	42	100,00

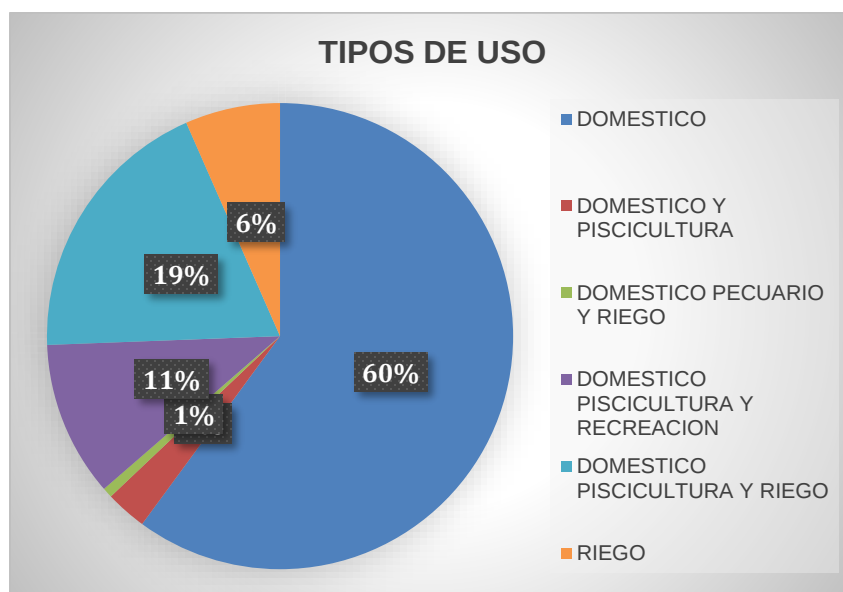


Figura 4. Tipo de uso del recurso hídrico por cantidad de usuarios

Para el caso del abastecimiento de agua para el consumo humano, se encontró que algunos predios de la vereda Las Guacamayas; se abastecen del acueducto de la vereda en mención el cual cuenta con 290 usuarios permanentes y un número indeterminado de usuarios transitorios.

Tabla 22. Caudal en litros por segundo por usos del agua superficial y porcentaje en la cuenca de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala.

USO	CAUDAL AFORADO	PORCENTAJE %
DOMESTICO	9,48	60,08
DOMESTICO Y PISCICULTURA	0,45	2,85
DOMESTICO PECUARIO Y RIEGO	0,11	0,70
DOMESTICO PISCICULTURA Y RECREACION	1,7	10,77
DOMESTICO PISCICULTURA Y RIEGO	3	19,01
RIEGO	1,04	6,59
TOTAL	15,78	100,00

El caudal total utilizado en la cuenca de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala entre todos los usuarios registrados en el maestro de aguas de CORTOLIMA y los usuarios no concesionados registrados en el censo es de 74,37 l/s, distribuido en su mayor porcentaje entre los usuarios concesionados para el uso doméstico.

7. BALANCE HIDRICO

De acuerdo con INE SEMARNAT- Pladeyra (2003), la evaluación de los recursos hídricos de una cuenca requiere de una estimación correcta del balance hidrológico, es decir, comprender el ciclo en sus diferentes fases, la forma en que el agua que se recibe por precipitación y se reparte entre el proceso de evapotranspiración, escorrentía e infiltración.

La ecuación de balance hidrológico es una expresión muy simple, aunque la cuantificación de sus términos es normalmente complicada por la falta de medidas directas y por la variación espacial de la evapotranspiración, de las pérdidas profundas (en acuíferos) y de las variaciones del agua almacenada en la cuenca (Galvez, 2011).

El comportamiento temporal y espacial del recurso hídrico en el área de estudio, es decir, los meses y zonas que presentan excesos, deficiencias o almacenamientos de agua en el suelo se determinaron a través de un balance hidroclimático. El balance hídrico compara los aportes de agua que entran al sistema mediante la precipitación, con respecto a las salidas dadas por la evapotranspiración de las plantas, considerando las variaciones de almacenamiento de humedad ocurridas en el suelo.

El Balance hídrico fue empleado para el cálculo de la oferta hídrica superficial, que equivale al volumen de agua continental de los sistemas de drenaje superficial, en un período determinado de tiempo.

A través del balance hídrico de largo plazo, el cálculo del caudal medio, se realiza mediante el cálculo del área del tamaño de los píxeles, a través del modelo digital de elevaciones (MDE); por lo que para cada uno de los píxeles generados al interior de la cuenca, se estima la evapotranspiración y la precipitación, se desarrolla la ecuación del balance hídrico de largo plazo y el resultado de esta operación, se multiplica por el área del píxel, obteniéndose el volumen de agua (caudal), que cada uno de los píxeles aporta durante el periodo de tiempo de datos analizado. Para generar la oferta hídrica estimada para toda la cuenca, se realiza la sumatoria del volumen generado en cada uno de los píxeles que hacen parte de la cuenca y finalmente, este valor se convierte a unidades de oferta hídrica (m^3/s o l/s), para obtener el caudal medio de la cuenca o unidad hidrográfica considerada.

La ecuación para la realización del balance hídrico de largo plazo, se presenta a continuación:

$$Caudal Medio = \int_{\text{Área}} [P(x, y) - E(x, y)] dA$$

Dónde:

P: Es la precipitación

E: Es la evapotranspiración

A: es el área

Los resultados de la aplicación de la metodología de balance hídrico de largo plazo, permitió establecer el caudal promedio multianual (oferta hídrica), para la cuenca de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala; la Tabla 23, presenta los resultados de la oferta hídrica, obtenida a través de balance hídrico de largo plazo.

7.1 Oferta Hídrica Superficial

La Evaluación Regional del Agua, ERA–IDEAM (2013), recomienda la actualización permanente de información hidrológica y climatológica para el conocimiento sobre el estado (cantidad y calidad) y dinámica del agua en sus componentes de oferta natural y disponibilidad. Asimismo, estas evaluaciones permiten determinar un sistema de indicadores regionales de sostenibilidad hídrica, afín de tener un mejor conocimiento del estado, de las presiones y afectaciones del agua por actividades antrópicas o factores climáticos.

La variación espacial y temporal de las variables básicas que representan las fases del ciclo hidrológico, muestran la interacción del agua con el medio natural y de los efectos antrópicos en que estos actúan directamente con otros elementos naturales como el suelo y la cobertura vegetal y los diferentes ecosistemas. Se puede decir, entonces, que la dinámica que se presenta en todos los procesos del ciclo hidrológico, es el modelo para entender las características de la oferta hídrica superficial en unidades hidrográficas a nivel regional.

En los procesos que se desarrollan para conocer la oferta hídrica superficial, es la ecuación el balance hídrico la que permiten caracterizar las condiciones de sostenibilidad del recurso agua en los diferentes sistemas hidrológicos regionales, incluyendo la definición de las metodologías más adecuadas para construir y determinar los indicadores hídricos ambientales.

La siguiente ecuación muestra los diferentes componentes que hacen parte de la ecuación del balance hídrico:

$$\text{Ecuación} = P - E_{sc \text{ (superf)}} - E_{sc \text{ (subte)}} - ETR - H_{\text{suelo}} - H_{\text{veg}} \pm \Delta S \pm \Delta er = 0$$

Dónde:

P	: precipitación
ESC _(superf)	: escorrentía superficial
ESC _(subte)	: escorrentía subterránea
ETR	: evapotranspiración real
H _{suelo}	: variación de humedad del suelo
H _{veg}	: variación de humedad de la vegetación
ΔS	: almacenamiento
Δer	: término residual de discrepancia

Para la aplicación del balance hídrico, en determinados procesos de cálculo, la anterior ecuación podrá simplificarse o hacerse más compleja dependiendo de los datos disponibles, de sus características hidrográficas e hidrológicas y de la fase del régimen hidrológico para el cual se calcula el balance hídrico. Por tanto, el balance hídrico, para cualquier zona o sub-zona hidrográfica, aparecerá representado por la siguiente ecuación.

$$\text{Ecuación} = P - \text{Esc (total)} - \text{ETR} \pm \Delta S \pm \Delta er = 0$$

El flujograma de la figura 5, presenta los pasos a seguir para determinar la oferta hídrica superficial.



Figura 5. Flujograma para determinar la oferta hídrica superficial.

Fuente: (Instituto de Hidrología M. y.-I., 2017)

Los valores de oferta hídrica superficial para condiciones normales se exponen en la tabla 23.

Tabla 23. Oferta hídrica superficial

MESES	AREA km ²	PRECIPITACIÓN MEDIA (mm)	CAUDAL (L/s)	CAUDAL (m ³ /s)
ENERO	20,6	98,0	320,8	0,32
FEBRERO	20,6	124,5	351,8	0,35
MARZO	20,6	168,7	598,4	0,60
ABRIL	20,6	191,5	593,6	0,59
MAYO	20,6	178,2	653,4	0,65
JUNIO	20,6	86,1	357,3	0,36
JULIO	20,6	53,9	235,0	0,23
AGOSTO	20,6	43,7	132,7	0,13
SEPTIEMBRE	20,6	89,7	263,4	0,26
OCTUBRE	20,6	183,4	660,4	0,66
NOVIEMBRE	20,6	193,0	800,6	0,80
DICIEMBRE	20,6	138,8	493,3	0,49
ANUAL	20,6	1549,6	455,0	0,46

En la figura 6 se muestra el caudal calculado vrs la precipitación, en donde se puede observar un comportamiento bimodal, con relación a la precipitación el caudal calculado corresponde al comportamiento de la precipitación media de la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala, con picos de lluvias en los meses de mayo y noviembre.

Revisión de la reglamentación de la quebrada Las Guacamayas- Guaduala y sus afluentes

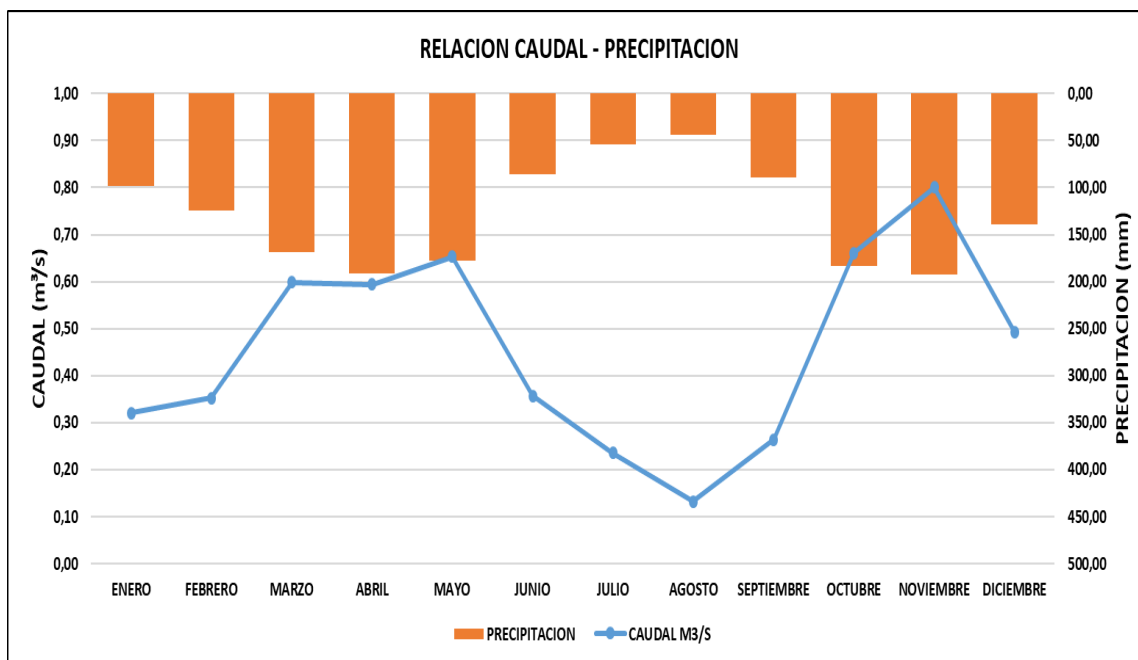


Figura 6. Caudal calculado con relación a la precipitación de la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala

7.2 Rendimiento Hídrico

El rendimiento hídrico o caudal específico se define como la cantidad de agua superficial por unidad de superficie de una cuenca, en un intervalo de tiempo dado ($\text{l/s}\cdot\text{km}^2$). Este concepto permite expresar la escurrentía por unidad de área para cuantificar la oferta hídrica superficial, estimar valores en unidades de agua superficial hidrográficas no instrumentadas y establecer comparaciones en diferentes unidades de análisis. (IDEAM, 2010).

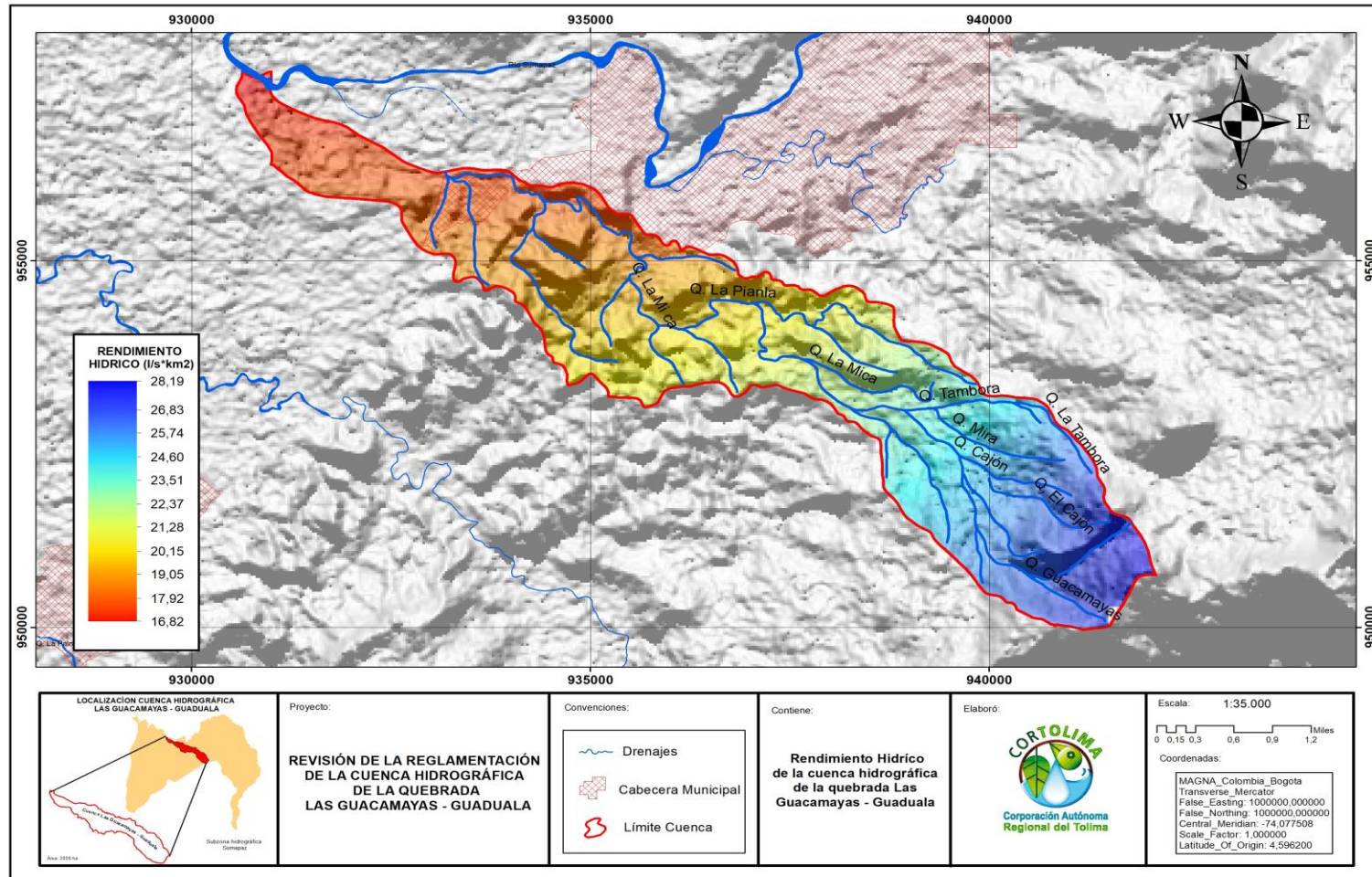
La Tabla 24, muestra los rendimientos hídricos ($\text{l/s}\cdot\text{km}^2$), obtenidos para la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala, destacándose que en promedio la cuenca, presenta un rendimiento hídrico anual de 22,12 ($\text{l/s}\cdot\text{km}^2$), además, se resalta, que los mayores rendimientos se presentan en la vereda Buenavista y los menores rendimientos en la desembocadura de la quebrada en el río Sumapaz.

Tabla 24. Rendimiento hídrico ($\text{l/s}\cdot\text{km}^2$), obtenido, para la cuenca hidrográfica, quebrada Las Guacamayas – Guaduala

MESES	AREA km^2	CAUDAL (l/s)	RENDIMIENTO ($\text{l/s}\cdot\text{km}^2$)
ENERO	20,6	320,8	15,60
FEBRERO	20,6	351,8	17,10
MARZO	20,6	598,4	29,09
ABRIL	20,6	593,6	28,86
MAYO	20,6	653,4	31,76
JUNIO	20,6	357,3	17,37
JULIO	20,6	235,0	11,42
AGOSTO	20,6	132,7	6,45
SEPTIEMBRE	20,6	263,4	12,80
OCTUBRE	20,6	660,4	32,10
NOVIEMBRE	20,6	800,6	38,92
DICIEMBRE	20,6	493,3	23,98
ANUAL	20,6	455,0	22,12

El mapa 10 muestra la distribución espacial del rendimiento hídrico totales para la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala, donde se destacan los mayores rendimientos en los meses de marzo y mayo en el primer semestre y octubre y noviembre en el segundo semestre, el menor rendimiento se observó en los meses de agosto y septiembre.

Mapa 10. Distribución espacial total del rendimiento hídrico (l/s*km²), para la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala



7.3 Caudal Ambiental

A pesar de las múltiples metodologías propuestas para definir el caudal ambiental, no hay un procedimiento ideal que lo identifique y resuelva los intereses en cada caso específico. Sin embargo, en el Estudio Nacional del Agua IDEAM 2010, se propuso una metodología que se aproxima en parte a los criterios y objetivos; pero por ser un estimativo general puede, en ciertas condiciones especiales, reevaluarse a nivel regional o local para la gestión integrada del recurso hídrico.

El caudal ambiental se sustenta en la regulación establecida por el MAVDT a partir del Decreto 3930 del 25 de octubre de 2010, que lo define como “Volumen de agua necesario en términos de calidad, cantidad, duración y estacionalidad para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos y para el desarrollo de las actividades socioeconómicas de los usuarios aguas abajo de la fuente de la cual dependen tales ecosistemas”. El criterio considerado en la determinación del caudal ambiental fue realizar en principio el análisis de las curvas de duración de caudales medios diarios y mensuales de las estaciones representativas en diferentes regímenes hidrológicos.

Teniendo en cuenta dicha investigación, se concluyó que, con base en el Índice de Retención y Regulación Hídrica, todas las estaciones que presentaran un valor inferior a 0,70, se tomaría como caudal ambiental el correspondiente al Q75 del tiempo de la curva de duración de caudales medios diarios. Igualmente, para aquellas estaciones que presentaran un valor igual o superior a 0,70 del Índice de Retención y Regulación Hídrica, el Q85 se consideró representativo para este caso.

De esta manera mediante la sustracción de este caudal ambiental con los caudales totales del régimen natural, se definieron los caudales disponibles para ser utilizados en el Índice del Uso del Agua (IUA). ENA 2010.

El caudal ambiental utilizado para la cuenca de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala es del Q75, el cual representa el 29,33 % del caudal anual de la quebrada.

Tabla 25. Caudal ambiental Q75

MESES	CAUDAL (l/s)	CAUDAL AMBIENTAL 75 (l/s)
ENERO	320,8	94,1
FEBRERO	351,8	103,2
MARZO	598,4	175,5
ABRIL	593,6	174,1
MAYO	653,4	191,6
JUNIO	357,3	104,8

JULIO	235,0	68,9
AGOSTO	132,7	38,9
SEPTIEMBRE	263,4	77,2
OCTUBRE	660,4	193,7
NOVIEMBRE	800,6	234,8
DICIEMBRE	493,3	144,7
ANUAL	455,0	133,5

7.4 Calidad del Agua

La calidad del agua de las fuentes hídricas está relacionada con dos factores: sus condiciones naturales o geogénicas y con el saneamiento o manejo de vertimientos tanto puntuales como difusos.

En un proceso de reglamentación es fundamental contar con un modelo básico para el entendimiento del funcionamiento de los sistemas hídricos a partir del ciclo hidrológico y su balance de agua, en donde la calidad del agua dependerá por un lado de sus condiciones o base natural atribuibles a las características del agua lluvia, del suelo y su cobertura, del subsuelo y su estratigrafía y por otro, a los procesos de alteración de origen antrópico como ya se insinuó.

Es importante orientar la evaluación de las características y condiciones de calidad y su influencia sobre la disponibilidad del recurso por interacción con la oferta y demanda asociados con la dinámica del agua, con el conjunto de índices hídricos, que apoyen el análisis integral, teniendo en cuenta los usos del recurso y usuarios y la gestión a nivel de cuencas.

7.4.1 Elementos conceptuales

La evaluación de la calidad del agua, se expresa con un sistema de índices coherente con la funcionalidad del sistema, asequible, como los son el índice de calidad del agua (ICA) y el de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL). El diagnóstico de la calidad del agua se fundamentará entonces y consecuentemente, con los índices señalados, en las dos siguientes dos (2) líneas de evaluación.

7.4.1.1 condiciones de calidad.

Están dadas por las características físico-químicas, biológicas, ecológicas, hidráulicas y de cantidad de los cuerpos de agua, y por la capacidad de asimilación y dilución de las corrientes y cuerpos de agua para los diferentes tipos de contaminantes. Esta capacidad de dilución y depuración depende en gran medida

de las condiciones climáticas e hidrológicas y sus variaciones espacio-temporales en las regiones. Se relaciona con el índice de calidad del agua (ICA).

Índice de Calidad del Agua (ICA). Corresponde al valor numérico que califica en una de cinco categorías, la calidad del agua de una corriente superficial, con base en las mediciones obtenidas para un conjunto de siete variables, registradas en una estación de monitoreo en un tiempo determinado. La importancia de la representación del ICA, radica en la significancia de sus variables en virtud a aquellos indicadores asociados a los tensores más importantes de contaminación.

El cálculo general responde a los lineamientos ERA desarrollados por el IDEAM y las hojas metodológicas del IDEAM. El índice se calcula a partir de los datos de concentración de un conjunto de variables que determinan, en gran parte, la calidad de las aguas corrientes superficiales.

La fórmula de cálculo del indicador es:

$$ICA_{njt} = \left(\sum_{i=1}^n W_i \cdot I_{ikjt} \right)$$

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 variables

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 periodo de tiempo t.

W_i = Es el ponderador o peso relativo asignado a la variable de calidad i.

n = Es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador.

Tabla 26. Calificación de la calidad del agua según valores del ICA de la calidad del agua según los valores que tome el ICA.

DESCRIPTOR	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: HM ICA – IDEAM

7.4.1.2. Procesos de alteración.

La calidad de las aguas puede verse modificada tanto por causas naturales como por factores externos. Estas alteraciones tienen origen en los procesos naturales del ciclo hidrológico y su interacción con el medio natural o procesos relacionados con actividades antrópicas. Se relaciona con el establecimiento de metas de descontaminación principalmente a través del programa de tasas retributivas y con el índice de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL).

Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL). Las alteraciones de calidad están dadas para el caso de este índice, por la presencia de vertimientos (puntuales), como indicativos de la presión sobre el estado del recurso.

El Índice de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL), corresponde al valor numérico que califica en una de cinco categorías, la razón existente entre la carga de contaminante que se estima recibe una unidad hidrográfica anualmente y la oferta hídrica superficial, para año medio y año seco (como mínimo), 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 $iactal_{ijt}$, se realiza mediante la siguiente fórmula general:

$$iactal_{ijt} = \frac{C_{ijt}}{O}$$

Donde:

$iactal_{ijt}$ 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.

Tabla 27. Categorización IACAL

RANGOS <i>IACAL</i>	CATEGORÍA DE CLASIFICACIÓN	CALIFICACIÓN DE LA PRESIÓN
$1,0 \leq IACAL \leq 1,5$	1	Baja
$1,5 < IACAL \leq 2,5$	2	Moderada
$2,5 < IACAL \leq 3,5$	3	Media-Alta
$3,5 < IACAL < 4,5$	4	Alta
$4,5 \leq IACAL \leq 5,0$	5	Muy Alta

Fuente: (IDEAM, 2010)

7.4.2. Elementos metodológicos.

La determinación de la influencia de la calidad del agua sobre la oferta disponible para su distribución o reparto, se basará fundamentalmente en los resultados de los índices y en la normatividad vigente, con relación a las variables constituyentes de los mismos.

7.4.2.1. Unidad hidrográfica y horizonte de análisis.

A efectos de definir el marco espacial o las fuentes hídricas de interés, se contemplan procedimientos y métodos a aplicar con base en la información disponible, que permitan determinar aquellas que ameritan un tratamiento especial en razón a su potencial o limitante para su aprovechamiento o demanda, definiendo también el horizonte temporal para la construcción del estado del arte de las condiciones de calidad y procesos de alteración.

Temporalmente para la caracterización de la calidad del agua, se tendrá un horizonte de referencia para el análisis desde el año 2017 por disponibilidad de información, y para la evaluación de la presión el año del censo de la demanda.

Espacialmente, el horizonte corresponde al análisis de la Oferta – Demanda, es decir a toda la UH de Las Guacamayas - Guaduala, ya que de acuerdo con su orden hidrográfico no dió lugar a la determinación de niveles subsiguientes. Con base en el proceso del POMCA del Sumapaz, la Guaduala correspondería a una UHN-II, y a que éstas a su vez pertenece a la UHN-I, denominada Directos al Sumapaz Melgar – Nilo. Sin embargo, es importante aclarar que la quebrada Las Guacamayas - Guaduala, no aporta a una corriente de NIVEL-I, puesto que afluye directamente al río Sumapaz – SZH; esta “independencia” hidrográfica, hace que no haya influencia sobre la UHN-I.

El aporte secuencial del flujo hacia la corriente principal de esta unidad (quebrada la Guaduala), está dada principalmente por los drenajes ya señalados en el documento, pero que no están discriminados precisamente por el orden o nivel de la unidad; por lo tanto, la agregación o acumulación de caudales y de cargas, solo se apreciará en la desembocadura, pero eso sí, estableciendo una sectorización descriptiva en función de los puntos de monitoreo y localización de los vertimientos más representativos.

7.4.2.2. Caracterización

Consolida la línea base de calidad y vertimientos, identificando la red de calidad del agua y los usuarios, de tal forma que permita la caracterización de la UHN-II y sectores generadores de vertimientos puntuales, estimando las cargas contaminantes vertidas.

Calidad del agua. Se empleará toda la información disponible de monitoreos realizados sobre la corriente principal de La UHN-II, contemplando los parámetros de interés según las características de los vertimientos puntuales relevantes y los constitutivos del ICA, clasificando los resultados por época hidrológica.

Vertimientos puntuales. Con base en el censo de demanda, se adelantará la priorización o determinación de usuarios o vertimientos relevantes y realizará el cálculo de cargas, el cual tendrá como base la producción per cápita (PPC) establecida para el municipio de Melgar en el programa de tasas retributivas. Complementariamente a partir de la población y la PPC de coliformes fecales (CF) típica de aguas residuales domésticas – municipales, se estimará la presión por patógenos, medida como el NMP de CF al cierre de la UHN-II.

7.4.2.3. Evaluación de la calidad del agua

Analiza la información en el horizonte temporo-espacial definido y el cálculo de los índices para escenarios hidrológicos, con la interpretación de resultados, estimación de susceptibilidades y de presiones producto de las características de los usuarios del recurso, sobre la cual se realizará la reducción de la oferta por calidad del agua y se conceptuará sobre las restricciones de aprovechamiento, producto de los niveles de presión encontrados y los usos del recurso.

Para efectos de la reducción de la oferta se tendrá como referente, la metodología ya empleada por la Corporación para la reglamentación del río Venadillo, donde se reduce la oferta del 0% al 25%, según los resultados del ICA. Para la quebrada la Guaduala, adicionalmente y con el mismo sentido, se incorporarán los resultados del ICAL, así:

Tabla 28. Criterios de reducción de la oferta por calidad del agua

CALIDAD DEL AGUA (ICA)	CALIFICACIÓN DE LA PRESIÓN (IACAL)	% REDUCCIÓN POR CALIDAD
Buena	Baja	0
Aceptable	Moderada	5
Regular	Media-Alta	10
Mala	Alta	20
Muy mala	Muy Alta	25

También, se tendrá en cuenta los resultados de la presión por coliformes fecales, comparada con las referencias normativas según los criterios de calidad para la destinación del recurso.

7.4.3 Escenarios hidrológicos para la clasificación de los monitoreos

En el proceso de identificación de la temporada o la época (escenario hidrológico) durante la cual se han llevado a cabo los monitoreos, se dispuso del comportamiento de la UHNI (Directos al Sumapaz Melgar – Nilo) considerando las tres clasificaciones, con base en los resultados por percentiles obtenidos de la modelación hidrológica del diagnóstico del POMCA del río Sumapaz, contrastándolo con el análisis hidrológico particular realizado para Las Guacamayas - Guaduala.

Los resultados de la clasificación por mes, se presenta en la Tabla 29, en la cual se aprecia la clasificación en las tres épocas de manera colorimétrica así:

- Época Seca: ROJO
- Época Normal – Media: VERDE
- Época Húmeda: AZUL

Tabla 29. Escenarios hidrológicos para la clasificación de los monitoreos.

UNIDADES HIDROGRAFICAS (UHNI)	ESCENARIOS HIDROLÓGICOS (CONDICIONES CLIMATICAS NORMALES)											
	HORIZONTE TEMPORAL											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
DIRECTOS AL SUMAPAZ MELGAR NILO	Seco	Seco	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Medio	Seco	Seco	Seco	Húmedo	Húmedo	Medio

SZH: CUENCA RÍO SUMAPÁZ	Seco	Medio	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Seco	Seco	Seco	Seco	Húmedo	Húmedo	Medio
-------------------------	------	-------	--------	--------	--------	------	------	------	------	--------	--------	-------

Fuente: (Diagnóstico POMCA río Sumapaz (en elaboración); Diagnóstico POMCA río Sumapaz (en elaboración))

A continuación, se aprecia el comportamiento de la precipitación para la cuenca de la quebrada La Guaduala, siendo consecuente, la clasificación de los monitoreos por época hidrológica tal como se presentó en la tabla anterior para la UHN-I.

Tabla 30. Precipitación mensual y anual de la cuenca de la quebrada Las Guacamayas- Guaduala.

MESES	AREA km ²	PRECIPITACIÓN MEDIA (mm)
ENERO	20,6	98,0
FEBRERO	20,6	124,5
MARZO	20,6	168,7
ABRIL	20,6	191,5
MAYO	20,6	178,2
JUNIO	20,6	86,1
JULIO	20,6	53,9
AGOSTO	20,6	43,7
SEPTIEMBRE	20,6	89,7
OCTUBRE	20,6	183,4
NOVIEMBRE	20,6	193,0
DICIEMBRE	20,6	138,8
ANUAL	20,6	1549,6

Fuente: Presente estudio

7.4.4. Procesos de alteración de la calidad del recurso hídrico

La caracterización de la línea base, identificando y priorizando los usuarios, permite consolidar el diagnóstico de residuos líquidos por sectores generadores de vertimientos puntuales, estimando las cargas contaminantes.

La estimación de la disponibilidad hídrica por las presiones ejercidas sobre la calidad del agua dado el aporte de cargas contaminantes, está determinada por la oferta y los procesos de alteración presentes en la UHN-II cuenca de la Quebrada Las Guacamayas - Guaduala.

7.4.4.1. Sectores usuarios del recurso que generan aguas residuales (puntuales)

El diagnóstico de la demanda, identificó usos para, abrevadero, riego, pesca, consumo humano y otras donde se resalta la recreación. Estas últimas dos generan vertimientos puntuales y significativos que serían objeto de priorización para la determinación de la presión por contaminación.

La presión sobre el recurso hídrico está dada por aquellos vertimientos que se descargan de manera directa sobre las fuentes hídricas, por lo tanto, solo se tienen en cuenta aquellos usuarios que vierten de esta forma. El diagnóstico aportó como resultado, que la mayoría de las aguas servidas (vertimientos generados), de acuerdo con el censo de usuarios del recurso hídrico de la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala, son principalmente residuos de las actividades domésticas, los cuales son tratados en pozo séptico que se encuentran ubicados cerca de la vivienda; el manejo para los 53 usuarios identificados es como se presenta en la siguiente tabla y figura.

Tabla 31. Manejo de aguas servidas de los usuarios de la cuenca de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala.

MANEJO DE AGUAS SERVIDAS	USUARIOS	PORCENTAJE %
DIRECTO AL SUELO	4	7,55
DIRECTO A LA FUENTE	2	3,77
POZO SÉPTICO	45	84,91
PTAR	2	3,77
TOTAL	53	100

Fuente: Censo de usuarios del recurso hídrico de la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala.

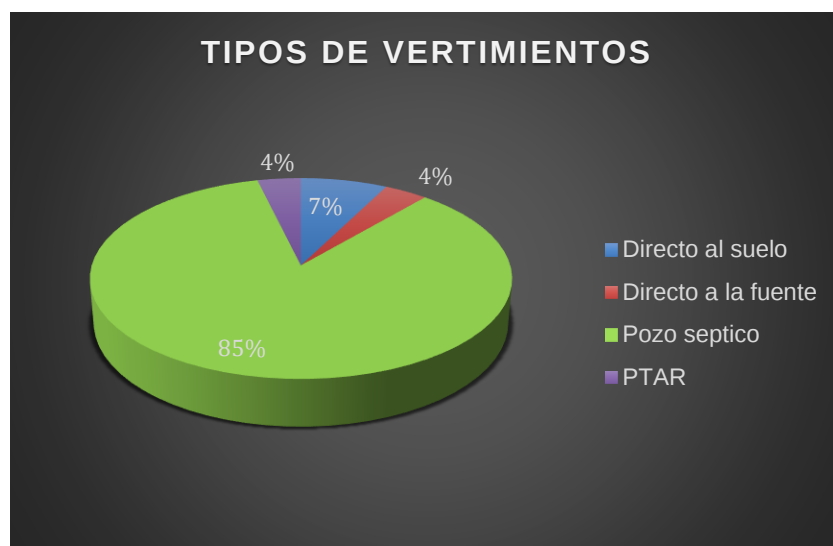


Figura 7. Tipo de vertimientos encontrados en la quebrada Las Guacamayas- Guaduala.

(Censo de usuarios del recurso hídrico de la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas - Guadual, 2017.)

En el censo se evidenció que, entre las principales problemáticas de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala, están directamente relacionadas con el abastecimiento hídrico, se tienen identificadas la reducción de caudales hídricos ocasionados por la pérdida de la cobertura vegetal, principalmente en los nacimientos de las cuencas abastecedoras de agua; así como la pérdida de la calidad de agua, por los vertimientos de aguas servidas y por lixiviados de agroquímicos utilizados en cultivos, también se evidencia una explotación de material de arrastre y cambio de coberturas por deforestación; esta problemática se encuentra relacionada por el PBOT 2016. (Melgar, 2016).

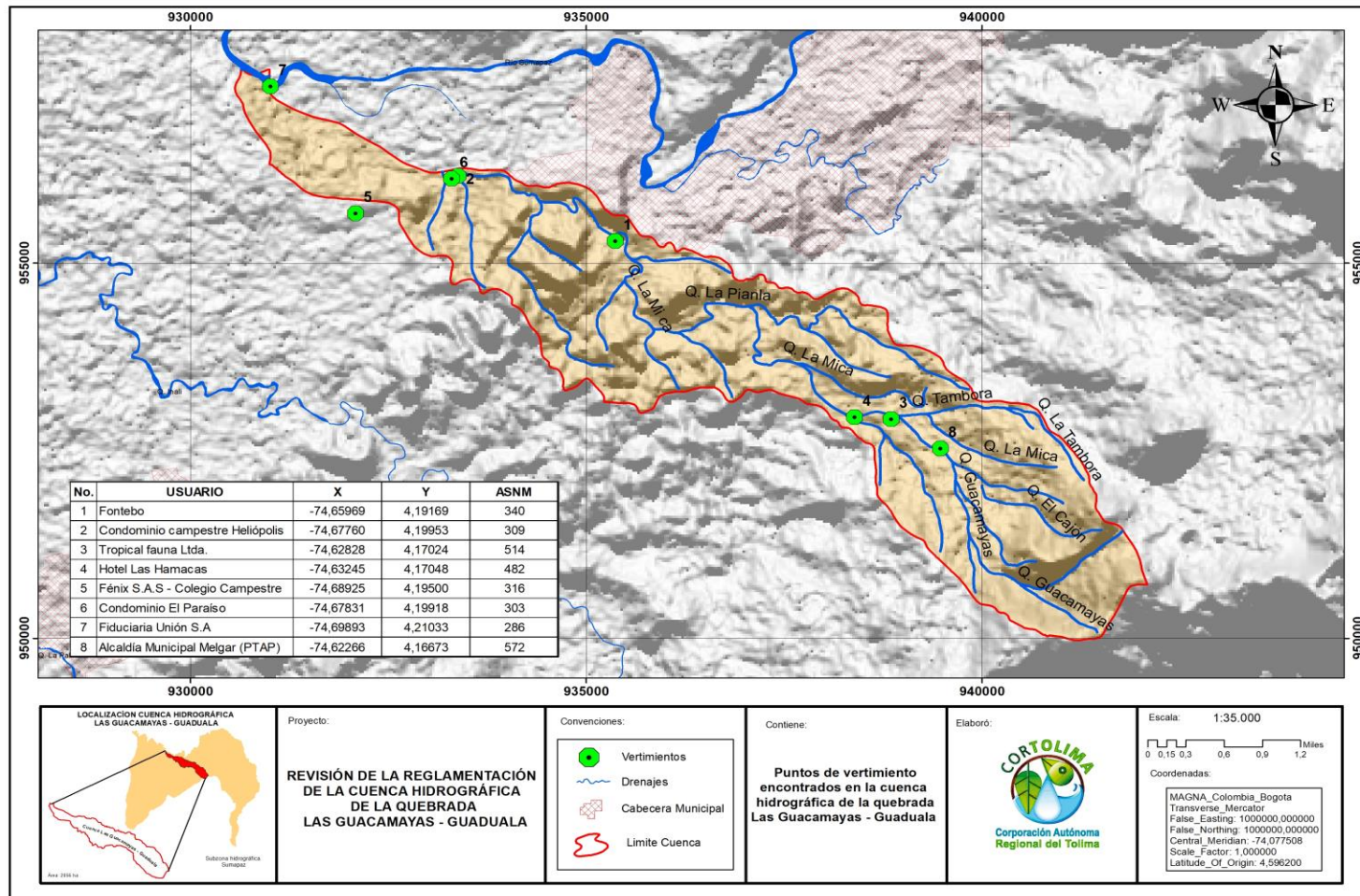
De los 8 usuarios que tienen una disposición final de las aguas servidas diferente al pozo séptico (infiltración), se georeferenciaron sus puntos de vertimiento (ver tabla 32 y mapa 11), los cuales serán objeto de validación de su representatividad o de disponibilidad de información para la estimación de la presión por contaminación.

Tabla 32. Localización vertimientos de usuarios concesionados jurídicos de la cuenca quebrada Las Guacamayas - Guaduala.

No. DE USUARIO	USUARIO	COORDENADAS VERTIMIENTOS		
		LATITUD	LONGITUD	ASNM
1	Fontebo	4,19169	-74,65969	340
2	Condominio campestre Heliópolis	4,19953	-74,67760	309
3	Tropical fauna Ltda.	4,17024	-74,62828	514
4	Hotel Las Hamacas	4,17048	-74,63245	482
5	Fénix S.A.S - Colegio Campestre	4,19500	-74,68925	316
6	Condominio El Paraíso	4,19918	-74,67831	303
7	Fiduciaria Unión S.A	4,21033	-74,69893	286
8	Alcaldía Municipal Melgar (PTAP)	4,166728	7462266	572

(Censo de usuarios del recurso hídrico de la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas - Guadual, 2017.).

Mapa 11. Espacialización de vertimientos encontrados en la quebrada Las Guacamayas – Guaduala



Fuente: Censo de usuarios del recurso hídrico de la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala.

Los tensores de contaminación en la unidad entonces, tienen su principal origen en los vertimientos de aguas residuales domésticas, con las características que se aprecian en la tabla 33.

Tabla 33. Características de los usuarios vertedores prioritarios de la cuenca quebrada Las Guacamayas - Guaduala.

No.	Nombre del usuario	Q. Conces (l/s)	Q. uso Dom. (l/s)	No Hab. Perm.	No Hab. Trans.	Población Perm. Equiv. actual	Manejo Aguas Servidas	Estado	Fuente Receptora	Poblac. Futura	Poblac. Perm. Equiv. Futura
1	Centro vacacional Fontebo	3,4	1,65	5	100	30	Pozo Séptico	Bueno	Quebrada	684	171
2	Condominio Campestre Heliópolis	4,0	4,0	50	80	90	PTAR	Bueno	Qda. las Guacamayas	1.659	829
3	Tropical Fauna Ltda (prod. botánicos uso farmacéut)	3,8	0,2	6	10	11	Pozo Séptico	Bueno	Quebrada	63	32
4	Hotel las Hamacas	0,6	0,55	1	40	11	Pozo Séptico	Bueno	Quebrada	228	57
5	Fenix S.A.S - Colegio Campestre	0,8	0,2	200	0	100	Pozo Séptico	Bueno	Qda. La Guaduala-Guacamayas	274	137
6	Condominio el Paraíso	2,0	2,0	30	80	70	Vertimient Directo	-----	Qda. La Guaduala-Guacamayas	829	415
7	Hacienda Sumapáz - Fiduciaria Union S.A	2,2	2,2		890	445	PTAR	Bueno	Qda. La Guaduala-Guacamayas	3.200	1.600

Fuente: Censo de usuarios del recurso hídrico y registros de concesiones de la cuenca hidrográfica de la quebrada las Guacamayas – Guaduala.

La población equivalente corresponde a la permanente, asumiendo el nivel de estadía, teniendo en cuenta las características de la actividad, respecto al aporte de cargas.

De la relación final de vertimientos priorizados, nótese que no se tiene en cuenta la PTAP de la vereda Guacamayas, por sus características físico-químicas y vertimiento intermitente o no periódico, de la descarga.

7.4.4.2. Estimación de cargas contaminantes

Las cargas que se estimaron corresponden a las vertidas con y sin tratamiento, tanto para las condiciones actuales como a las futuras, estas últimas calculadas a partir de la ocupación o demanda plena conforme a los caudales concesionados para uso doméstico o a la máxima capacidad de los proyectos, tal como se presentó en la tabla anterior. Los aportes se presentan organizados por tramos de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala como respuesta a la sectorización resultante de los puntos de monitoreo de calidad de la fuente (ver numeral 7.4.5.3. red de monitoreo CORTOLIMA)

- **Actuales:** En las tablas 34 y 35 se presentan los datos de cargas vertidas actuales por cada variable que alimenta el IACAL, para la situación según el censo de demanda con y sin tratamiento. El tramo (1) donde no se reportan vertimientos puntuales significativos objeto de cálculo, no representan limitaciones a la disponibilidad o a la oferta por calidad del agua.

Tabla 34. Cargas actuales sin tratamiento cuenca quebrada Las Guacamayas - Guaduala (UHNII).

SECTOR	TRAMO	NOMBRE_USUARIO	DBO Tonver/año	SST Tonver/año	DQO Tonver/año	NT Tonver/año	PT Tonver/año
Nacimiento - Confluencia Qdas Guacamayas y el Cajón	Guaduala_1						
Confluencia Qdas Guacamayas y el Cajón - Qda La Tambora	Guaduala_2	Tropical Fauna Ltda (productos botánicos uso farmacéutico)	0,20	0,10	0,46	0,04	0,01
Qda La Tambora - Casco Urbano	Guaduala_3	Centro vacacional Fontebo	0,56	0,27	1,27	0,10	0,02
		Condominio Campestre Heliópolis	1,68	0,82	3,80	0,30	0,06
		Hotel las Hamacas	0,20	0,10	0,46	0,04	0,01
		SUBTOTAL TRAMO 3	2,44	1,20	5,54	0,44	0,09
Carco Urbano - Desembocadura la Guaduala	Guaduala_4	Fenix S.A.S - Colegio Campestre	1,86	0,91	4,23	0,34	0,07
		Condominio el Paraíso	1,30	0,64	2,96	0,24	0,05
		Hacienda Sumapáz - Fiduciaria Union S.A	8,28	4,06	18,80	1,51	0,30
		SUBTOTAL TRAMO 4	11,45	5,61	25,99	2,08	0,41

Revisión de la reglamentación de la quebrada Las Guacamayas- Guaduala y sus afluentes

TOTAL CUENCA	14,09	6,91	31,99	2,56	0,51
--------------	-------	------	-------	------	------

Fuente: Presente estudio

Tabla 35. Cargas actuales con tratamiento cuenca quebrada Las Guacamayas - Guaduala (UHNII).

SECTOR	TRAMO	NOMBRE_USUARIO	DBO Tonver/año	SST Tonver/año	DQO Tonver/año	NT Tonver/año	PT Tonver/año
Nacimiento - Confluencia Qdas Guacamayas y el Cajón	Guaduala_1						
Confluencia Qdas Guacamayas y el Cajón - Qda La Tambora	Guaduala_2	Tropical Fauna Ltda (productos botánicos uso farmacéutico)	0,04	0,02	0,09	0,03	0,00
Qda La Tambora - Casco Urbano	Guaduala_3	Centro vacacional Fontebo	0,11	0,05	0,25	0,09	0,01
		Condominio Campestre Heliópolis	0,34	0,16	0,76	0,26	0,04
		Hotel las Hamacas	0,04	0,02	0,09	0,03	0,00
		SUBTOTAL TRAMO 3	0,49	0,24	1,11	0,37	0,05
Carco Urbano - Desembocadura la Guaduala	Guaduala_4	Fenix S.A.S - Colegio Campestre	0,37	0,18	0,85	0,28	0,04
		Condominio el Paraíso	0,26	0,13	0,59	0,20	0,03
		Hacienda Sumapáz - Fiduciaria Union S.A	1,66	0,81	3,76	1,27	0,18
		SUBTOTAL TRAMO 4	2,29	1,12	5,20	1,75	0,25
TOTAL CUENCA			2,82	1,38	6,40	2,15	0,30

Fuente: Presente estudio

- Futuras: En las tablas 36 y 37 se presentan los datos de cargas vertidas futuras por cada variable que alimenta el IACAL, para la situación según el censo de demanda proyectado con y sin tratamiento. El tramo (1) donde no se reportan vertimientos puntuales significativos objeto de cálculo, no representan limitaciones a la disponibilidad o a la oferta por calidad del agua.

Revisión de la reglamentación de la quebrada Las Guacamayas- Guaduala y sus afluentes

Tabla 36. Cargas futuras sin tratamiento cuenca quebrada Las Guacamayas- Guaduala (UHNII).

SECTOR	TRAMO	NOMBRE_USUARIO	DBO Tonver/año	SST Tonver/año	DQO Tonver/año	NT Tonver/año	PT Tonver/año
Nacimiento - Confluencia Qdas Guacamayas y el Cajón	Guaduala_1						
Confluencia Qdas Guacamayas y el Cajón - Qda La Tambora	Guaduala_2	Tropical Fauna Ltda (productos botánicos uso farmacéutico)	0,60	0,29	1,35	0,11	0,02
Qda La Tambora - Casco Urbano	Guaduala_3	Centro vacacional Fontebo	3,18	1,56	7,23	0,58	0,11
		Condominio Campestre Heliópolis	15,43	7,56	35,03	2,81	0,56
		Hotel las Hamacas	1,06	0,52	2,41	0,19	0,04
		SUBTOTAL TRAMO 3	19,68	9,65	44,66	3,58	0,71
Carco Urbano - Desembocadura la Guaduala	Guaduala_4	Fenix S.A.S - Colegio Campestre	2,55	1,25	5,79	0,46	0,09
		Condominio el Paraíso	7,73	3,79	17,54	1,41	0,28
		Hacienda Sumapáz - Fiduciaria Union S.A	29,78	14,60	67,61	5,42	1,07
		SUBTOTAL TRAMO 4	40,06	19,64	90,94	7,29	1,44
TOTAL CUENCA			60,33	29,57	136,95	10,98	2,17

Fuente: Presente estudio

Tabla 37. Cargas futuras con tratamiento, quebrada Las Guacamayas - Guaduala (UHNII).

SECTOR	TRAMO	NOMBRE_USUARIO	DBO Tonver/año	SST Tonver/año	DQO Tonver/año	NT Tonver/año	PT Tonver/año
Nacimiento - Confluencia Qdas Guacamayas y el Cajón	Guaduala_1						
Confluencia Qdas Guacamayas y el Cajón - Qda La Tambora	Guaduala_2	Tropical Fauna Ltda (productos botánicos uso farmacéutico)	0,12	0,06	0,27	0,09	0,01

Revisión de la reglamentación de la quebrada Las Guacamayas- Guaduala y sus afluentes

Qda La Tambora - Casco Urbano	Guaduala_3	Centro vacacional Fontebo	0,64	0,31	1,45	0,49	0,07
		Condominio Campestre Heliópolis	3,09	1,51	7,01	2,36	0,33
		Hotel las Hamacas	0,21	0,10	0,48	0,16	0,02
		SUBTOTAL TRAMO 3	3,94	1,93	8,93	3,01	0,43
Carco Urbano - Desembocadura la Guaduala	Guaduala_4	Fenix S.A.S - Colegio Campestre	0,51	0,25	1,16	0,39	0,06
		Condominio el Paraíso	1,55	0,76	3,51	1,18	0,17
		Hacienda Sumapáz - Fiduciaria Union S.A	5,96	2,92	13,52	4,55	0,64
		SUBTOTAL TRAMO 4	8,01	3,93	18,19	6,12	0,87
TOTAL CUENCA			12,07	5,91	27,39	9,22	1,30

Fuente: Presente estudio

La representatividad del aporte de cargas en cada uno de los tramos respecto a la situación actual y futura, se aprecian en la tabla 38, notándose que los usuarios localizados en el tramo tres (3), actualmente tienen un menor desarrollo comparado con los localizados en los restantes tramos. Lo anterior, demanda que la proporción de la presión se incrementará en el futuro en el tramo tres (3), siendo el escenario de análisis predominante para la reducción de la oferta por calidad en dado caso.

Tabla 38. Representatividad de las cargas actuales y futuras en la quebrada Las Guacamayas - Guaduala (UHNII)

SECTOR	TRAMO	ACTUAL	FUTURA
Nacimiento - Confluencia Qdas Guacamayas y el Cajón	Guaduala_1	0,0%	0,0%
Confluencia Qdas Guacamayas y el Cajón - Qda La Tambora	Guaduala_2	1,5%	1,0%
Qda La Tambora - Casco Urbano	Guaduala_3	17,3%	32,6%
Carco Urbano - Desembocadura la Guaduala	Guaduala_4	81,2%	66,4%

Fuente: Presente estudio

7.4.4.3. Escenarios de presión en la cuenca

En la siguiente tabla se consolidan las cargas totales de la cuenca bajo los cuatro escenarios considerados. En términos para efectos de la reglamentación, el escenario futuro con tratamiento es el relevante y aplicable para el análisis, señalando que los niveles de reducción de la presión se proyectaron en función de las tecnologías de tratamiento y teniendo presente lo normado en la materia.

Tabla 39. Escenarios de presión en la quebrada Las Guacamayas – Guaduala (UHNII).

ESCENARIO DE PRESIÓN	CARGAS VERTIDAS (Ton/Año)					
	DBO	DQO	DQO-DBO	Sol_Sus	N_tot	P_tot
ACTUAL SIN TRATAMIENTO	14,092	31,988	17,896	6,908	2,565	0,507
ACTUAL CON TRATAMIENTO	2,818	6,398	3,579	1,382	2,154	0,304
FUTURA SIN TRATAMIENTO	60,331	136,952	76,621	29,574	10,980	2,172
FUTURA CON TRATAMIENTO	12,066	27,390	15,324	5,915	9,223	1,303

Fuente: Presente estudio

7.4.4.4. Oferta Hídrica

La oferta hídrica de interés y los escenarios hidrológicos (año medio o normal y caudal ambiental) base para la reglamentación y consecuente análisis de la alteración de la calidad del agua y de presión, se aprecia en la tabla 42, donde se hace referencia a la oferta hídrica superficial total multianual, obtenida a través de la metodología de balance hídrico de largo plazo, dando como resultado para la cuenca hidrográfica de la Quebrada Las Guacamayas - Guaduala, un caudal medio de 455 l/s y un caudal ambiental de 133.5 l/s.

Tabla 40. Oferta hídrica superficial total y caudal ambiental año medio.

MESES	CAUDAL (L/s)	CAUDAL (m³/s)	CAUDAL AMBIENTAL 75 (l/s)
ENERO	320,8	0,32	94,1
FEBRERO	351,8	0,35	103,2
MARZO	598,4	0,60	175,5

Revisión de la reglamentación de la quebrada Las Guacamayas- Guaduala y sus afluentes

ABRIL	593,6	0,59	174,1
MAYO	653,4	0,65	191,6
JUNIO	357,3	0,36	104,8
JULIO	235,0	0,23	68,9
AGOSTO	132,7	0,13	38,9
SEPTIEMBRE	263,4	0,26	77,2
OCTUBRE	660,4	0,66	193,7
NOVIEMBRE	800,6	0,80	234,8
DICIEMBRE	493,3	0,49	144,7
ANUAL	455,0	0,46	133,5

Fuente: Presente estudio

La oferta hídrica total es referente de la cantidad de agua sin presión por efecto de la demanda que no retorna a la unidad correspondiente; por lo tanto, su respuesta en términos de capacidad de dilución obedece a sus condiciones naturales de amortiguación.

Si bien la oferta hídrica total es la referente base, a efectos de evaluar la presión sobre la calidad del agua, se incorporan los siguientes escenarios para el análisis de la calidad del agua a saber:

- La determinación de la Oferta hídrica regional, concebida como la oferta real (oferta total afectada por la demanda consuntiva o descontando la demanda consuntiva), que a nivel regional está disponible para la dilución de cargas contaminantes.
- El caudal ambiental, que para el caso corresponde al caudal base mínimo no aprovechable, requerido para alcanzar o mantener las condiciones de calidad asociadas a los criterios de calidad para la destinación del recurso; por lo tanto, corresponderá al crítico al momento de evaluar la presión sobre el recurso. Se considerará, el medio anual, el medio para época seca y el crítico correspondiente al del mes más seco.

Para efectos del análisis de la presión, se dispondrá de las cargas aguas arriba de cada punto de monitoreo de la calidad del agua y del IACAL al cierre de la UHNII.

En la tabla 41, se presentan los escenarios hidrológicos sobre los cuales se realizará el análisis de presión (IACAL) sobre la quebrada La Guaduala.

Tabla 41. Escenarios hidrológicos para el análisis de la presión y calidad del agua.

OFERTA HÍDRICA CUENCA QUEBRADA LAS GUACAMAYAS - GUADUALA	AÑO MEDIO				DEMANDA CONSUNTIVA	
	OHT		OHR			
	m³/s	MMC/Año	m³/s	MMC/Año	m³/s	MMC/Año
UHNII - QUEBRADA LAS GUACAMAYAS - GUADUALA	0,455	14,35	0,434	13,69	0,021	0,66

Tabla 42. Escenarios hidrológicos para el análisis de la presión y calidad del agua.

OFERTA HÍDRICA CUENCA QUEBRADA LAS GUACAMAYAS - GUADUALA	CAUDAL AMBIENTAL (QA)		QA EPOCA SECA		QA MES MÁS SECO	
	m³/s	MMC/Año	m³/s	MMC/Año	m³/s	MMC/Año
UHNII - QUEBRADA LAS GUACAMAYAS - GUADUALA	0,133	4,19	0,070	2,21	0,039	1,23

Es de resaltar que el caudal ambiental para para los meses de monitoreo Marzo – Abril es de 175 l/s, y julio de 68,9 l/s.

7.4.4.5. Estimación de la alteración potencial de la calidad del agua (IACAL)

La alteración potencial de la calidad del agua por medio del índice se constituye en una medida de la presión ejercida en la cuenca. La evaluación de la alteración de la calidad del agua, entonces tiene dos componentes:

El primero, recae en la estimación de las cargas vertidas al año de DBO, DQO, SST, NT y PT por cada UHN-II como se presentó en las tablas de escenarios de presión. El segundo componente lo constituye la oferta hídrica de acuerdo con los escenarios ya señalados. Los resultados del IACAL se pueden apreciar en la tabla 43.

Tabla 43. IACAL para UHN-IIs con presión representativa y para la UHNI.

ESCENARIO DE PRESIÓN	OFERTA HÍDRICA	DBO		DQO-DBO		SST		NT		PT		IACAL	
	(MMC/Año)	Carga/Oferta	Descrip.	Carga/Oferta	Descrip.	Carga/Oferta	Descrip.	Carga/Oferta	Descrip.	Carga/Oferta	Descrip.	Prom. Cat.	Descrip.
OFERTA HIDRICA REGIONAL (OHR)													
ACTUAL SIN TRATAMIENTO	13,690	1,03	MEDIA ALTA	1,31	ALTA	0,5	MODERADA	0,19	ALTA	0,037	ALTA	3,4	MEDIA ALTA
ACTUAL CON TRATAMIENTO	13,690	0,21	MODERADA	0,26	MODERADA	0,1	BAJA	0,16	ALTA	0,022	MEDIA ALTA	2,4	MODERADA
FUTURA SIN TRATAMIENTO	13,690	4,41	ALTA	5,6	ALTA	2,2	ALTA	0,8	MUY ALTA	0,159	MUY ALTA	4,4	ALTA
FUTURA CON TRATAMIENTO	13,690	0,88	MEDIA ALTA	1,12	MEDIA ALTA	0,4	MODERADA	0,67	MUY ALTA	0,095	ALTA	3,4	MEDIA ALTA
CAUDAL AMBIENTAL MEDIO ANUAL													
ACTUAL SIN TRATAMIENTO	4,190	3,36	ALTA	4,27	ALTA	1,6	MEDIA ALTA	0,61	MUY ALTA	0,121	ALTA	4	ALTA
ACTUAL CON TRATAMIENTO	4,190	0,67	MEDIA ALTA	0,85	MEDIA ALTA	0,3	BAJA	0,51	ALTA	0,073	ALTA	3	MEDIA ALTA
FUTURA SIN TRATAMIENTO	4,190	14,4	MUY ALTA	18,29	MUY ALTA	7,1	ALTA	2,62	MUY ALTA	0,518	MUY ALTA	4,8	MUY ALTA
FUTURA CON TRATAMIENTO	4,190	2,88	ALTA	3,66	ALTA	1,4	MEDIA ALTA	2,2	MUY ALTA	0,311	MUY ALTA	4,2	ALTA
CAUDAL AMBIENTAL MEDIO ÉPOCA SECA													
ACTUAL SIN TRATAMIENTO	2,210	6,38	MUY ALTA	8,1	MUY ALTA	3,1	ALTA	1,16	MUY ALTA	0,23	MUY ALTA	4,8	MUY ALTA
ACTUAL CON TRATAMIENTO	2,210	1,28	ALTA	1,62	ALTA	0,6	MODERADA	0,97	MUY ALTA	0,138	MUY ALTA	4	ALTA
FUTURA SIN TRATAMIENTO	2,210	27,3	MUY ALTA	34,67	MUY ALTA	13,4	MUY ALTA	4,97	MUY ALTA	0,983	MUY ALTA	5	MUY ALTA
FUTURA CON TRATAMIENTO	2,210	5,46	MUY ALTA	6,93	MUY ALTA	2,7	ALTA	4,17	MUY ALTA	0,59	MUY ALTA	4,8	MUY ALTA
CAUDAL AMBIENTAL CRÍTICO (MES MÁS SECO)													

Revisión de la reglamentación de la quebrada Las Guacamayas- Guaduala y sus afluentes

ACTUAL SIN TRATAMIENTO	1,230	11,46	MUY ALTA	14,55	MUY ALTA	5,6	ALTA	2,09	MUY ALTA	0,412	MUY ALTA	4,8	MUY ALTA
ACTUAL CON TRATAMIENTO	1,230	2,29	ALTA	2,91	ALTA	1,1	MEDIA ALTA	1,75	MUY ALTA	0,247	MUY ALTA	4,2	ALTA
FUTURA SIN TRATAMIENTO	1,230	49,05	MUY ALTA	62,29	MUY ALTA	24	MUY ALTA	8,93	MUY ALTA	1,766	MUY ALTA	5	MUY ALTA
FUTURA CON TRATAMIENTO	1,230	9,81	MUY ALTA	12,46	MUY ALTA	4,8	ALTA	7,5	MUY ALTA	1,059	MUY ALTA	4,8	MUY ALTA

7.4.4.6. Estimación de la presión por Patógenos

Como se indicó metodológicamente, a continuación, en la tabla 44, se presentan los resultados de la presión por coliformes fecales al cierre de la cuenca para los escenarios contemplados en el cálculo del IACAL. Los resultados en rojo indican valores superiores al criterio de calidad para uso agrícola sin restricciones y para consumo humano cuando se requiere tratamiento adicional a la desinfección (para potabilización).

Tabla 44. Presión por patógenos al cierre de la quebrada Las Guacamayas- Guaduala.

MICROCUENCAS Y UNHI	NMP - C.F. DESEMBOLCADURA UH			
	OHR	CAUDAL AMBIENTAL (QA)	QA EPOCA SECA	QA MES MÁS SECO
ACTUAL SIN TRATAMIENTO	4.035	13.056	24.582	43.476
ACTUAL CON TRATAMIENTO	404	1.306	2.458	4.348
FUTURA SIN TRATAMIENTO	17.075	54.128	99.211	168.121
FUTURA CON TRATAMIENTO	1.708	5.413	9.921	16.812

De los datos anteriores, se puede interpretar que, para la oferta media anual actual, tratando las aguas residuales convencionalmente (sistemas secundarios sin desinfección), la presión no imposibilitaría la destinación para los usos previstos; sin embargo, el escenario con el caudal ambiental en un futuro o cuando actualmente el caudal se reduzca a tal proporción, imposibilitaría su destinación o aprovechamiento.

7.4.5. Condiciones de calidad del recurso hídrico

La caracterización de la línea base de calidad del agua, identificando las redes o puntos de monitoreo disponibles, permite consolidar el diagnóstico del cuerpo de agua principales de la Quebrada Las Guacamayas - Guaduala.

La estimación de la disponibilidad hídrica por calidad del agua dado el uso del recurso, en escenarios temporales y espaciales, está determinada por las condiciones intrínsecas o naturales del recurso, por la oferta y los procesos de alteración o el aprovechamiento antrópico (usos) presentes, y por lo tanto, asociada a los criterios de calidad para la destinación del recurso.

En la identificación de las características de la calidad del agua en cuencas intervenidas, es pertinente partir del conocimiento de los factores de alteración, principalmente los asociados a la acción antrópica de manera puntual por la generación de vertimientos de residuos líquidos, que son eminentemente de origen doméstico en la cuenca.

7.4.5.1. Parametrización: Selección de variables características de la cuenca

La definición de variables (básicas) a considerar está en función de los índices, en razón a que las características de los vertimientos por ser de origen doméstico, permiten seleccionar los parámetros atribuibles tanto al IACAL como al ICA, consolidando la parametrización del monitoreo de la calidad del agua, así:

- ✓ Conductividad
- ✓ pH
- ✓ SST
- ✓ NT
- ✓ PT
- ✓ Coliformes Fecales (E. Coli)
- ✓ OD
- ✓ DQO
- ✓ (*) DBO (No hace parte del ICA; se incluye por ser constitutiva de la DQO y por su relación con el OD)

Como Variables Complementarias, la selección obedece a las más características por el tipo de agua residual predominante en la cuenca y que disponen de referencias normativas principalmente en función de criterios ambientales, y es la siguiente:

- ✓ Coliformes Totales
- ✓ Nitrógeno Amoniacal
- ✓ Nitritos
- ✓ Nitratos
- ✓ Fosfatos (orto-fosfatos)
- ✓ Hierro
- ✓ Plomo
- ✓ Fenoles
- ✓ Grasas y/o Aceites

Se consideró el plomo, dado que en monitoreos de la cuenca del Sumapáz, este elemento se ha detectado, sin razones atribuibles a presión antrópica.

Además de las variables asociadas a las aguas residuales de origen doméstico como DBO, Coliformes, Nutrientes (indicadores también de aporte de cargas

distribuidas por actividad agrícola principalmente), se dispone de resultados en los monitoreos realizados, lo cuales abarca una caracterización que incluye variables como Alcalinidad, Dureza, Cloruros, Sulfatos, y el Níquel con valores muy bajos y otros metales y elementos como Cianuro, Plata, Bario, Cadmio, Cobre, Cromo, Mercurio, Selenio, Vanadio, Zinc, Detergentes y pesticidas organoclorados que reportaron valores menores a los límites de detección o cuantificación.

En el monitoreo realizado en época húmeda se detectaron concentraciones significativas de Hidrocarburos Totales, los cuales pueden estar asociados a las encontradas de Grasas y/o Aceites, lo cual debe ser objeto de seguimiento puesto que no se encuentran tensores de contaminación asociados a estos elementos.

7.4.5.2. Destinación del recurso: criterios de calidad

En CORTOLIMA; se han expedido actos administrativos con la clasificación de los usos del agua y parámetros de calidad. Si bien, para la cuenca de la quebrada La Guaduala no se han asignado objetivos de calidad asociados a los usos de los cuerpos de agua, se destacan y se tendrán como referencia las siguientes clasificaciones establecidas para el río Sumapaz en la Resolución 601 de 2006 de CORTOLIMA, (en el área de influencia de la SZH a la cual pertenece Las Guacamayas - Guaduala), las cuales están acordes con los usos por demanda de la cuenca en estudio, a excepción del uso agropecuario:

- USOS MÚLTIPLES (sectores 2 y 3): Consumo humano y doméstico; preservación de flora y fauna; recreativo contacto primario; asimilación y dilución.

Como Referente normativo, la destinación del recurso hídrico (usos - Dec. 1076/15) se tiene establecida de la siguiente manera:

- Consumo humano y doméstico.
- Preservación de flora y fauna.
- Pesca, maricultura y acuicultura.
- Agrícola.
- Pecuario.
- Recreativo (contacto primario, contacto secundario).
- Uso industrial.
- Navegación y transporte acuático.
- Uso estético.

En la tabla 45, se relacionan los criterios de calidad y referencias normativas, teniendo como base la clasificación ya indicada y la destinación del recurso según usos prioritarios identificados en el análisis de demanda.

Tabla 45. Criterios de calidad CORTOLIMA aplicables a la quebrada Las Guacamayas- Guaduala.

REFERENCIA	CLASE (Destinación del recurso)	OBJETIVOS - CRITERIOS DE CALIDAD (Parámetros prioritarios)						OBJETIVOS - CRITERIOS DE CALIDAD (Parámetros complementarios)						
		pH	OD	DBO	SST	CT	CF	NH ₃	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ⁻	Fe total	Pb	Fenoles
		UN	mg/l	mg/l	mg/l	NMP	NMP	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
CORTOLIMA	USOS M. (2)		6	10	30	20000	2000							
	USOS M. (3)		5	10	50	20000	2000							
D.1076/15	CONSUMO HUMANO	5 - 9				1000 - 20000	2000	1	1	10			0,05	0,002
	AGROPECUARIO	4,5 - 9				5000*	1000*		10			5	0,1 - 5	
	PRESERVACIÓN DE FLORA Y FAUNA	6,5 - 9	5											
R. 2115/07	CONSUMO HUMANO	6,5 - 9							0,1	10	0,5	0,3	0,01	

Fuente: Resolución CORTOLIMA 601 de 2006; Decreto 1076 de 2015 y Resolución 2115 de 2007 Minambiente

Los valores de patógenos (con asterisco) para uso agropecuario (Dec 1076/15), corresponden a riego de frutas que se consuman sin quitar la cáscara y para hortalizas de tallo corto.

7.4.5.3. Red de monitoreo CORTOLIMA

En la tabla 46 y mapa 12, se presentan y aprecian los puntos de referencia, indicando que se dispone de información (monitoreo año 2018) de la quebrada Las Guacamayas-Guaduala en la parte alta, media-alta, media-baja, y en la desembocadura, un monitoreo realizado en ejercicio de formulación del POMCA del río Sumapaz. El punto a la salida o desembocadura de la cuenca corresponde a monitoreo realizado por la CAR – Cundinamarca.

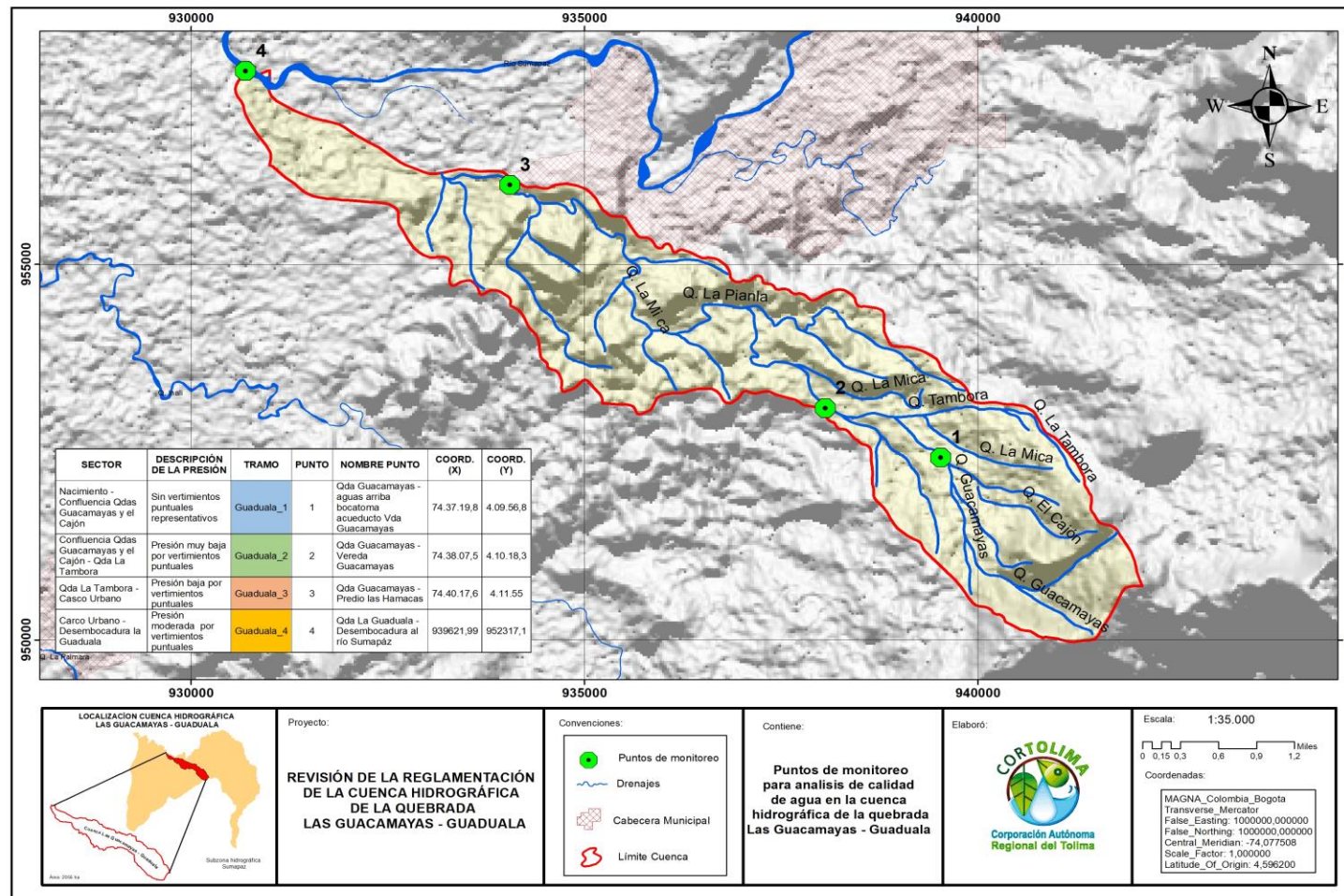
Tabla 46. Puntos de monitoreo quebrada Las Guacamayas- Guaduala.

SECTOR	DESCRIPCIÓN DE LA PRESIÓN	TRAMO	PUNTO	NOMBRE PUNTO	COORD. (X)	COORD. (Y)
Nacimiento - Confluencia Qdas Guacamayas y el Cajón	Sin vertimientos puntuales representativos	Guaduala_1	1	Qda Guacamayas - aguas arriba bocatoma acueducto Vda Guacamayas	74.37.19,8	4.09.56,8
Confluencia Qdas Guacamayas y el Cajón - Qda La Tambora	Presión muy baja por vertimientos puntuales	Guaduala_2	2	Qda Guacamayas - Vereda Guacamayas	74.38.07,5	4.10.18,3
Qda La Tambora - Casco Urbano	Presión baja por vertimientos puntuales	Guaduala_3	3	Qda Guacamayas - Predio las Hamacas	74.40.17,6	4.11.55
Carco Urbano - Desembocadura Las Guacamayas- Guaduala	Presión moderada por vertimientos puntuales	Guaduala_4	4	Qda La Guaduala - Desembocadura al río Sumapaz	939621,99	952317,1

Fuente: Registros monitoreo cuenca río Sumapaz – CORTOLIMA y CAR

Revisión de la reglamentación de la quebrada Las Guacamayas- Guaduala y sus afluentes

Mapa 12. Puntos de monitoreo quebrada Las Guacamayas – Guaduala



Fuente: Registros monitoreo cuenca río Sumapáz – CORTOLIMA y CAR

7.4.5.4. Estimación de las condiciones de calidad del agua (ICA)

En la tabla 47, se pueden observar los resultados paramétricos de las variables complementarias y las épocas hidrológicas correspondientes, de los dos monitoreos realizados durante el año 2018.

En la tabla 48, se pueden observar los resultados del ICA para las épocas hidrológicas en cuestión (los datos de las filas de los tramos sombreados corresponden a la época húmeda, y los restantes a época seca), de los dos monitoreos realizados durante el año 2018.

En color rojo se discriminan los diferentes parámetros que reportan concentraciones o valores que superan los criterios de calidad o las categorías del ICA por debajo de calidad aceptable. Los datos sombreados, corresponden a valores asumidos de acuerdo con los límites de cuantificación o detección; Para el caso de la DQO, se asumió el límite de referencia que tiene la CAR, en razón a la relación con la DBO detectada en la zona, ya que el valor original reportado por el laboratorio según el límite que maneja es muy amplio y daría como resultado una distorsión en el resultado del ICA.

El análisis de resultados, se consolida en el siguiente numeral, correspondiente a las limitaciones, restricciones y reducción de la oferta por calidad del agua.

Tabla 47. Resultados de caracterizaciones parámetros complementarios monitoreos de calidad del agua quebrada Las Guacamayas- Guaduala

TRAMO	No PUNTO	FUENTE Y PUNTO DE MONITOREO	Z	AÑO	MES	Epoca	CAUDAL (lps)	DBO	CT	NH ₃	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	P Orto	Fe total	Pb	Fenoles	G/A
Tram_nom							Q_lps	mg/l	NMP	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Guaduala_1	1	Qda Guacamayas - aguas arriba bocatoma acueducto Vda Guacamayas	569	2018	MARZO	Húmeda	74,0	< 2,0	2,1E+03	< 1	< 0,03	< 0,33	0,49	0,33	< 0,005	< 0,1	66,40
Guaduala_2	2	Qda Guacamayas - Vereda Guacamayas	460	2018	MARZO	Húmeda	92,0	< 2,0	3,5E+03	< 1	< 0,03	< 0,33	0,35	0,29	< 0,005	< 0,1	74,90
Guaduala_3	3	Qda Guacamayas - Predio las Hamacas	299	2018	MARZO	Húmeda	138,0	< 2,0	1,4E+03	< 1	< 0,03	< 0,33	0,16	0,57	< 0,005	< 0,1	26,10
Guaduala_4	4	Qda La Guaduala - Desembocadura al río Sumapáz	290	2018	ABRIL	Húmeda	49,0	< 2,0	2,4E+04	< 0,7	< LDI	0,46	< LCT	< 0,3	0,013	< 0,01	
Guaduala_1	1	Qda Guacamayas - aguas arriba bocatoma acueducto Vda Guacamayas	569	2018	JULIO	Seca	53,0	< 2,0	6,8E+03	< 1	< 0,03	< 0,33	0,55	< 0,15	< 0,005	< 0,1	< 1,96
Guaduala_2	2	Qda Guacamayas - Vereda Guacamayas	460	2018	JULIO	Seca	57,0	< 2,0	6,6E+03	< 1	< 0,03	< 0,33	0,37	< 0,15	< 0,005	< 0,1	< 1,96
Guaduala_3	3	Qda Guacamayas - Predio las Hamacas	299	2018	JULIO	Seca	110,0	< 2,0	1,8E+04	< 1	< 0,03	< 0,33	0,10	0,54	< 0,005	< 0,1	< 1,96

Tabla 48. Resultados ICA quebrada Las Guacamayas- Guaduala.

NOMBRE TRAMO	No PUNTO	FUENTE Y PUNTO DE MONITOREO	Temp. (°C)	OD	Sat.OD	I.OD	DQO	I.DQO	COND	I. COND	P_H	I _{pH}	SST	I _{SST}	NT	PT	N/P	I _{N/P}	CF	I _{CF}	ICA	Descriptor _{ICA}
Tram_nom			°C	mg/l	%	VALOR	mg/l	VALOR	μS/cm	VALOR	UNID	VALOR	mg/l	VALOR	mg/l	mg/l	VALOR	VALOR	NMP	VALOR	VALOR	DESCRIPTOR
Guaduala_1	1	Qda Guacamayas - aguas arriba bocatoma acueducto Vda Guacamayas	24,20	7,68	98	0,98	10,0	0,91	42	0,92	7,04	1,00	31	0,93	5,30	0,430	12,33	0,60	1,6E+02	0,88	0,89	ACEPTABLE
Guaduala_2	2	Qda Guacamayas - Vereda Guacamayas	25,60	7,53	98	0,98	10,0	0,91	38,9	0,93	6,95	0,98	20,0	0,96	5,30	0,300	17,67	0,80	9,1E+01	0,94	0,93	BUENA
Guaduala_3	3	Qda Guacamayas - Predio las Hamacas	27,70	7,41	98	0,98	10,0	0,91	40,3	0,92	7,17	1,00	20,0	0,96	5,30	0,130	40,77	0,15	1,4E+03	0,25	0,74	ACEPTABLE
Guaduala_4	4	Qda La Guaduala - Desembocadura al río Sumapáz	19,80	8,62	98	0,98	16,4	0,91	3,9	1,00	7,59	1,00	35,3	0,91	1,00	0,379	2,64	0,15	1,2E+03	0,31	0,76	ACEPTABLE
Guaduala_1	1	Qda Guacamayas - aguas arriba bocatoma acueducto Vda Guacamayas	24,30	5,13	66	0,66	10,0	0,91	46,5	0,91	7,83	1,00	20,0	0,96	5,30	0,410	12,93	0,60	8,8E+01	0,94	0,85	ACEPTABLE
Guaduala_2	2	Qda Guacamayas - Vereda Guacamayas	24,60	5,0	64	0,64	10,0	0,91	44	0,91	7,36	1,00	20,0	0,96	5,30	0,390	13,59	0,60	2,8E+02	0,78	0,82	ACEPTABLE
Guaduala_3	3	Qda Guacamayas - Predio las Hamacas	25,60	2,50	32	0,32	10,0	0,91	46	0,91	6,91	0,96	22,4	0,95	5,30	0,130	40,77	0,15	1,8E+04	0,10	0,61	REGULAR

7.4.6. Limitaciones, restricciones al uso del recurso y reducción de la oferta por calidad del agua

La calidad del agua de la cuenca de la quebrada Guaduala se ve afectada principalmente y de manera significativa por el vertido puntual de aguas residuales de origen doméstico en la parte baja del tercer tramo y parte alta del cuarto tramo en proporción como se reporta en los resultados de cargas y del IACAL. Además, en la cuenca por sus usos asociados a actividades agropecuarias, se presenta en época de lluvias, escorrentía que aporta un incremento posiblemente en elementos característicos de la cuenca como el hierro; Además, la presencia puntual de plomo o de las grasas y/o aceites que pueden estar asociados con los resultados de los análisis de hidrocarburos, debe atenderse para identificar o ratificar el origen y la posible influencia de la escorrentía (cabe anotar que según el censo de demanda no se presentan otros factores de contaminación como procesos industriales, aportes de sustancias tóxicas o elementos pesados, u otros que alteren la calidad del agua). No se percibe, adicionalmente a los vertimientos puntuales, cargas distribuidas de materia orgánica o nutrientes.

Los patógenos, representan en realidad, la limitación de la oferta o disponibilidad del agua por su calidad, tanto en época seca como húmeda. Los registros ya presentados, indican específicamente que, por las concentraciones de patógenos, en los sectores ya señalados y al cierre de la cuenca, no se podría usar el recurso sin previo tratamiento, incluso para agricultura cuando existe contacto directo con los productos (cultivos).

En época seca, con base en los registros disponibles, se evidencia el impacto o influencia de los vertimientos puntuales por el descenso en la concentración de oxígeno disuelto, que redundaría en la disminución de la calificación del ICA. Esta situación, puede en parte indicar que los sistemas actualmente utilizados para el tratamiento de las aguas residuales, no están siendo eficientes. Los escenarios con cargas tratadas, asumen un funcionamiento óptimo de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, por lo tanto, las medidas en cuanto a la reglamentación del agua, deben incorporar esta condición, de lo contrario las limitaciones al uso deberían incrementarse para salvaguardar las condiciones de salubridad de la población beneficiaria.

Producto del resultado del IACAL y de la presión por patógenos (de acuerdo con las cargas calculadas), la quebrada la Guaduala, cuenta y contaría con una baja capacidad de dilución (muy limitada) y su corto recorrido desde las zonas de vertimiento no permite asimilar o depurar las cargas contaminantes; esto se corroboraría con lo citado en el aparte anterior, así no se esté reportando una mala calidad del agua según el ICA.

Al evaluar el efecto de las cargas y ofertas (escenarios hidrológicos críticos) a la salida de la cuenca (UHNII), se aprecia una presión significativa, con una capacidad de dilución tendiente a baja, sin mayores posibilidades de incrementar su asimilación por el recorrido del curso de agua.

7.4.6.1. Restricciones y limitaciones al uso del recurso

Ante el escenario de caudal ambiental y este crítico en época seca, evidenciándose en los monitoreos realizados caudales actuales que incluso en época húmeda se encuentran bajo este escenario, la presión tenderá a incrementarse por lo que se deberían considerar con mayor rigor, las restricciones y limitaciones al uso del recurso expuestas en la tabla 49, y que más adelante se plantearán, por la alteración potencial de la calidad del agua.

Tabla 49. Restricciones y limitaciones al uso del recurso por calidad del agua.

TRAMO	RESTRICCIONES	LIMITACIONES
Guaduala_1	Ninguna	Se requiere desinfección para su aprovechamiento (consumo humano)
Guaduala_2	Para consumo humano y doméstico, agrícola, pecuario y recreativo aguas abajo de los vertimientos.	Se requiere desinfección para su aprovechamiento
Guaduala_3	Para consumo humano y doméstico, agrícola, pecuario y recreativo aguas abajo de los vertimientos.	Se requiere de tratamiento convencional para su aprovechamiento. Cumplimiento límites permisibles en el vertimiento de las ARD y su desinfección (aguas residuales tratadas aguas arriba)
Guaduala_4	Para consumo humano y doméstico, agrícola, pecuario y recreativo aguas abajo de los vertimientos.	Se requiere de tratamiento convencional para su aprovechamiento. Cumplimiento límites permisibles en el vertimiento de las ARD y su desinfección (aguas residuales tratadas aguas arriba)

7.4.6.2. Reducción de la oferta por calidad del agua

Teniendo en cuenta la presión actual y futura bajo el cumplimiento del tratamiento de las aguas residuales mediante sistemas secundarios, la oferta hídrica producto del balance y los caudales ambientales estimados de la cuenca de la quebrada La Guaduala, se recomienda la siguiente reducción de la oferta por calidad de agua, de acuerdo con la metodología propuesta.

Tabla 50. Reducción de la oferta hídrica por calidad del agua.

ESCENARIO HIDROLÓG.	IACAL CARGAS TRATADAS		PATÓGENOS (NMP) CARGAS TRATADAS		ICA (CONDICIONES ACTUALES)			REDUCCIÓN DE LA OFERTA (%)
	Actuales	Futuras	Actuales	Futuras	É. HÚMEDA	E. SECA	TRAMO	
OHR	MODERADA	MEDIA ALTA	404	1.708	ACEPTABLE	ACEPTABLE	Guaduala_1	0
QA	MEDIA ALTA	ALTA	1.306	5.413	BUENA	ACEPTABLE	Guaduala_2	5
QA MEDIO SECO	ALTA	MUY ALTA	2.458	9.921	ACEPTABLE	REGULAR	Guaduala_3	10
QA MES MÁS SECO	ALTA	MUY ALTA	4.348	16.812	ACEPTABLE		Guaduala_4	25
GUADUALA CIERRE DE CUENCA					ACEPTABLE (0,83)	ACEPTABLE (0,76)	CIERRE DE CUENCA (PROM. ICA)	25

La reducción, además de lo ya expuesto se sustenta y se dirige hacia un control que contemple:

- La presencia de patógenos, tanto para la situación actual como futura, evidencia que a medida que pasa el tiempo y se incrementa la población en la cuenca, las limitaciones o grado de criticidad se va a incrementar. Se presentará un momento en que incluso, manteniendo el caudal ambiental medio anual, se necesita implementar sistemas de tratamiento de aguas residuales, que además de la remoción de materia orgánica, eliminen patógenos.
- La restricción para consumo humano aguas abajo de los vertimientos debería ser total en los meses secos, por lo tanto, en este escenario hidrológico el cual es el más crítico, debe en su momento implementarse medidas para limitar o evitar su aprovechamiento en caso de no tener medido el nivel de la concentración de patógenos, que de acuerdo con los criterios de calidad del agua permitan la destinación y aprovechamiento para consumo humano. En caso contrario, también se pueden implementar medidas en cuanto a los momentos u horarios de captación, de tal forma que no ingresen a los sistemas de abasto, masas de agua influenciadas por las cargas máximas vertidas por usuarios de ARD, aguas arriba.

7.5 Caudal para Distribución

El caudal de distribución es la oferta hídrica neta resultante luego de aplicar los factores de reducción de caudal ambiental y por calidad de agua. Según el concepto de la Organización Meteorológica Mundial, los caudales medios diarios mínimos se caracterizan por la mayor probabilidad de reflejar la situación natural no alterada del régimen hidrológico de las corrientes; de acuerdo a ello, para el cálculo del caudal de distribución se toman en cuenta estos valores.

Luego de calcular el caudal superficial mes a mes, se procede a la aplicación de las metodologías de reducción anteriormente expuestas para así obtener el caudal u oferta hídrica necesaria para distribución. Donde:

Q Mínimo = Caudal medio mensual multianual más bajo de la corriente en estudio.

Q Ambiental = Caudal Ambiental Q75

Q Media = Caudal medio mensual multianual.

Q Distribución = Caudal que se puede extraer del cauce y corresponde al resultado de la diferencia entre el caudal medio y la reducción por caudal ambiental.

De conformidad con los resultados obtenidos, la cuenca de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala para el período de estudio presenta un caudal de distribución de 0,321 m³/s en la tabla 51 se indica el caudal de distribución calculado para la quebrada Las Guacamayas – Guaduala.

Tabla 51. Caudal de distribución para la cuenca de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala

QUEBRADA LAS GUACAMAYAS - GUADUALA													
MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Q mínimo	57,921631	57,921631	63,7137941	67,189092	161,022134	57,921631	57,921631	57,921631	57,921631	189,98295	88,0408791	132,061319	755
Reducción Q Ambiental Q75	94,1	103,2	175,5	174,1	191,6	104,8	68,9	38,9	77,2	193,7	234,8	144,7	133,5
Reducción calidad 25%	14,48	14,48	15,93	16,80	40,26	14,48	14,48	14,48	14,48	47,50	22,01	33,02	188,75
Q Media	320,8	351,8	598,4	593,6	653,4	357,3	235	132,7	263,4	660,4	800,6	493,3	455
Q Distribución	212,22	234,12	406,97	402,70	421,54	238,02	151,62	79,32	171,72	419,20	543,79	315,58	132,75

8. INDICADORES AMBIENTALES

8.1 Índice de Aridez (IA)

Permite medir el grado de suficiencia o insuficiencia de la precipitación para el sostenimiento de los ecosistemas de una región.

Tabla 52. Índice de aridez (IA).

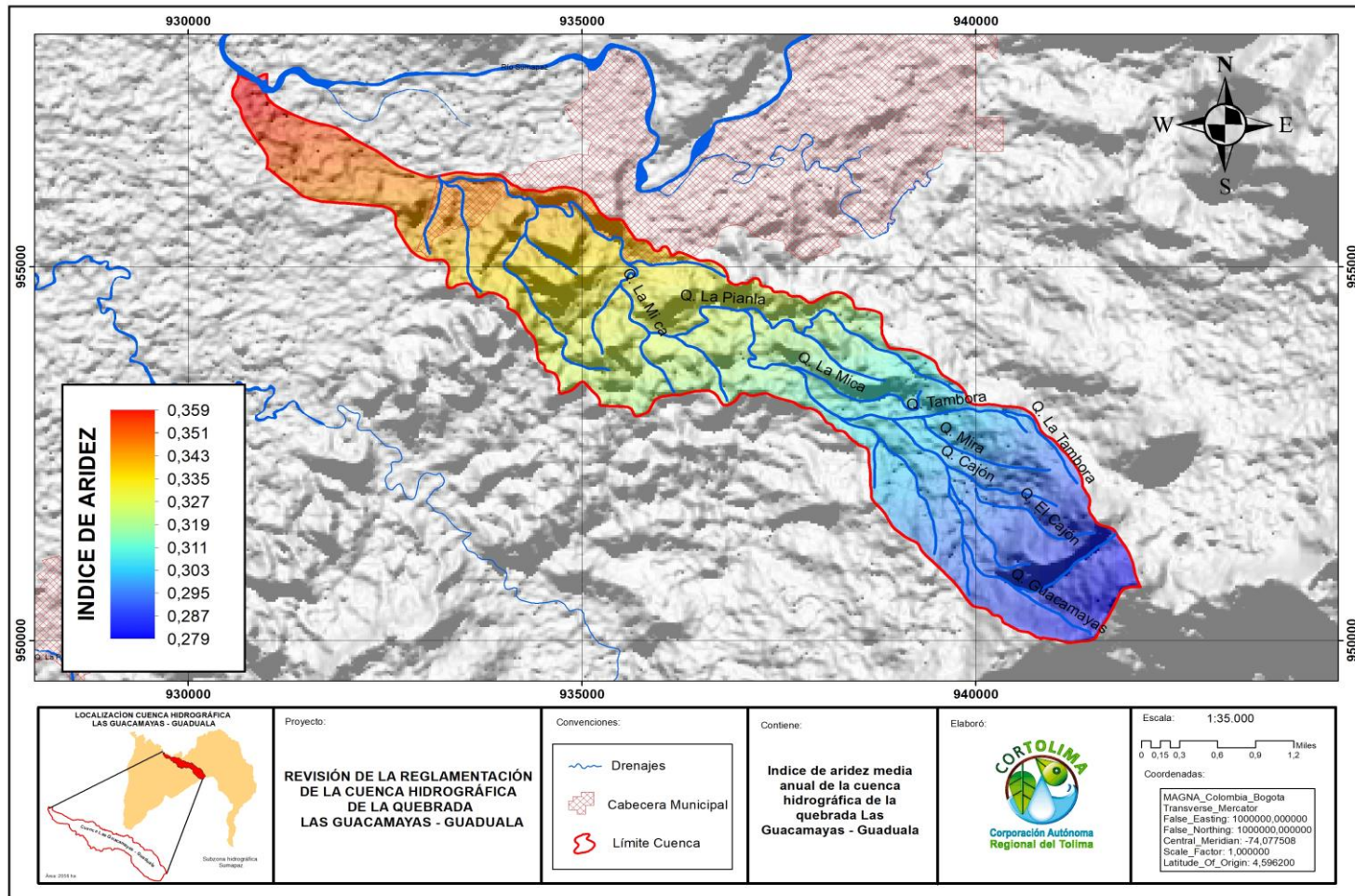
ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Nombre y Sigla	Índice de Aridez (IA)
Objetivo	Estimar la suficiencia o insuficiencia de precipitación para sostenimiento de ecosistemas.
Definición	Es una característica cualitativa del clima, que permite medir el grado de suficiencia o insuficiencia de la precipitación para el sostenimiento de los ecosistemas de una región. Identifica áreas deficitarias o de excedentes de agua, calculadas a partir del balance hídrico superficial. Integra el conjunto de indicadores definidos en el Estudio Nacional del Agua - ENA 2010 (IDEAM)
Fórmula	$Ia = \frac{ETP - ETR}{ETP}$
Variables y Unidades	Dónde: Ia: Índice de Aridez (adimensional) ETP: Evapotranspiración potencial (mm) ETR: Evapotranspiración Real (mm)
Insumos	Se requiere información de las variables: precipitación, temperatura y caudal. Adicionalmente las variables requeridas para el cálculo de la Evapotranspiración potencial "ETP". La principal fuente de datos es el IDEAM con las series históricas de las redes de monitoreo hidrometeorológicas. Adicionalmente las series de datos de redes regionales de monitoreo de autoridades ambientales (CARs, AAU, PNN) y de empresas de servicios de agua potable como EPM Y EAAB. Para la cartografía básica en diferentes escalas la fuente de datos oficial es el IGAC.
Interpretación de la calificación	Calificador
	Ámbito Numérico
	Color
	Altos excedentes de agua
	Excedentes de agua
	Moderado y excedente de agua
	Moderado
	Moderado y deficitario de agua
	Deficitario de agua

	Altamente Deficitario de agua	(> 0.60)	
Observaciones	El índice de aridez está asociado a factores meteorológicos, bióticos, donde se muestra de manera cualitativa, los lugares con excedentes y déficit de agua (IDEAM, 2010). Los componentes del indicador de aridez son la evapotranspiración potencial y la evapotranspiración real. Este índice de aridez está asociado con la cobertura de la superficie terrestre y de la dinámica del agua en el suelo y el sub suelo, y determinada por factores meteorológicos y bióticos. El diagnóstico acertado de las sequías, la modelación de la aridez y la determinación del balance del agua, son indispensables para una adecuada planeación del recurso agua. Existen diversos métodos para detectar los intervalos de sequía, estimar la magnitud de la aridez y definir la ruta hidrológica en el balance del agua en cuencas, sin embargo, deben adaptarse y calibrarse en cada región (Abraham et al. 2006). La aridez es un concepto sinónimo de sequedad. Traduce la ausencia o escasa presencia de agua o bien de humedad en el aire y suelo. Los factores que la definen son complejos: escasez de precipitaciones, tanto en cantidad como en intensidad y regularidad, alta radiación solar, lo que origina altas temperaturas y una evapotranspiración superior al volumen de agua disponible, así como una baja humedad atmosférica, entre otros. (Salinas-Zavala et al. 1998). El cálculo de índices numéricos facilita el manejo del concepto de sequía y aridez, sobre todo en momentos de planeación y manejo de recursos naturales, principalmente del recurso agua. Para diferenciar los términos aridez y sequía, el primero se refiere a una condición hidro-climática permanente, en tanto que el segundo describe una disminución del valor normal de la precipitación para un período de tiempo dado. Así, las tierras áridas y semiáridas que disponen de menor disponibilidad hidro-ambiental, son más vulnerables al deterioro ambiental, causado por procesos naturales y también por actividades y procesos antropogénicos (Sharma 1998).		

(IDEAM, 2010)

El índice de aridez para la quebrada Las Guacamayas – Guaduala medio anual es de 0,31 que se califica como un índice moderado.

Mapa 13. Distribución espacial del Índice de aridez de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala



8.2 Índice de Uso del Agua.

Estimar la relación porcentual entre la demanda de agua con respecto a la oferta hídrica disponible.

Tabla 53. Índice de uso de agua superficial (IUA).

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN		
Nombre y Sigla	Índice de Uso de Agua Superficial (IUA)		
Objetivo	Estimar la relación porcentual entre la demanda de agua con respecto a la oferta hídrica disponible.		
Definición	El Índice de uso del agua (IUA) corresponde a la cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores usuarios, en un periodo de tiempo t (anual, mensual) y en una unidad espacial de referencia j (área, zona, subzona, etc.) en relación con la oferta hídrica superficial disponible para las mismas unidades de tiempo y espaciales.		
Fórmula	Relación porcentual de la demanda de agua en relación a la oferta hídrica disponible. $IUA = (Dh / OH) * 100$		
Variables y Unidades	Dónde: IUA: Índice de uso del agua Dh: Demanda hídrica sectorial que corresponda OH: oferta hídrica superficial disponible.		
Insumos	Los insumos para el cálculo de este índice son las demanda hídrica sectorial por subcuenca (Consumos por sectores) y series históricas de caudal diario y mensuales con longitud temporal mayor a 15 años.		
Interpretación de la Calificación	Rango (Dh/Oh)*100 IUA	Categoría IUA	Significado
	> 100	Crítico	La presión supera las condiciones de la oferta
	50.01 - 100	Muy alto	La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible
	20,01 - 50	Alto	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible
	10,01 - 20	Moderado	La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible

Revisión de la reglamentación de la quebrada Las Guacamayas- Guaduala y sus afluentes

	1.0 - 10	Bajo	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible
	≤ 1	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
Observaciones	El índice se calcula únicamente para fuentes de agua superficial tales como ríos y quebradas. No incluye en la oferta la disponibilidad de aguas subterráneas o de cuerpos de agua tales como lagunas, ciénagas o lagos. El cálculo del índice para algunas áreas está limitado por la disponibilidad de la información necesaria para su cálculo, por lo tanto, se hacen aproximaciones con factores de consumo de zonas semejantes, lo cual dificulta la estimación de la demanda potencial de agua. Metodología sugerida Estudio Nacional del Agua - ENA (IDEAM, 2010) la cual podrá ser modificada por los Lineamientos conceptuales y metodológicos para las Evaluaciones Regionales del Agua ERAS a ser publicados por el IDEAM		

(IDEAM, 2010)

El ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial a través de la resolución No. 865 de 2004 adopta la metodología para el cálculo del índice de uso del agua para aguas superficiales desarrollada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Esta metodología se basa en la relación de demanda de agua y oferta hídrica superficial.

$$IUA = (Dt / oh) * 100$$

De donde:

IUA: Índice de uso del agua (%)
Dt: Demanda de agua total (m³/s)
Oh: Oferta hídrica disponible (m³/s)
IUA= (0,074 / 0,132) * 100
IUA = 56,06 %

La oferta hídrica superficial neta de la cuenca de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala calculada por el método SOUIL en un periodo de (1990 - 2016) es de 0,455 m³/s. El índice de uso del agua para la cuenca de la quebrada las Guacamayas – Guaduala es de 56,06 % indicando que la oferta hídrica superficial en su área natural se considera de categoría de índice muy alto, esto indica que la presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible.

Tabla 54. Índice de uso de agua para la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala.

CUENCA	OFERTA HIDRICA L/S	DEMANDA L/S	CAUDAL AMBIENTAL L/S	DESCUENTO POR CALIDAD L/S	OFERTA DISPONIBLE L/S	INDICE DE ESCACEZ %	CATEGORIA IUA
Quebrada Las Guacamayas - Guaduala	455	74,3	133,5	188,75	132,75	56,12	Muy alto

La demanda se obtuvo de los datos registrados en el maestro de aguas de CORTOLIMA, a la fecha agosto de 2018 y la información que se consolidó en el censo de 2017 para los usuarios que captan agua y que aún no tienen concesión legalizada, en total la demanda se consolidó de 78 usuarios entre concesionados y no concesionados.

8.3. Índice de Retención y Regulación Hídrica

Permite estimar la capacidad de retención y regulación hídrica de la Subzona de mantener los regímenes de caudales.

Tabla 55. Índice de retención y regulación hídrica (IRH).

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Nombre y Sigla	Índice de retención y regulación hídrica (IRH)
Objetivo	Estimar la capacidad de la subzona de mantener los regímenes de caudales
Definición	Para el IDEAM, 2010, el Índice de Retención y Regulación Hídrica, evalúa la capacidad de la cuenca para mantener un régimen de caudales, producto de la interacción del sistema suelo-vegetación con las condiciones climáticas y con las características físicas y morfológicas de la cuenca; este indicador permite evaluar la capacidad de regulación del sistema en su conjunto. Este índice se calcula con base en la curva de duración de caudales medios diarios, curva de frecuencias que permite reconocer las condiciones de regulación de la cuenca y los valores característicos de caudales medios e interpretar, de manera general, las características del régimen hidrológico de un río y el comportamiento de la retención y la regulación de la humedad en la cuenca. Las curvas de duración o distribución de frecuencias acumuladas de los caudales medios diarios indican el porcentaje de tiempo durante el cual los caudales igualan o exceden un valor dado; la forma y pendiente de estas curvas refleja la capacidad de regulación de la cuenca en la unidad de tiempo considerada, además, generan información sobre el porcentaje

	del tiempo en el que el río lleva un caudal superior o inferior a un determinado valor, pero no reflejan la distribución o secuencia de dicho periodo ni el momento del año en que se produce (IDEAM, 2010); Este índice se mueve entre un rango de 0 y 1, donde los valores más bajos, se interpretan como de menor regulación hídrica; además, la estimación de este índice resulta de la relación entre el volumen representado por el área que se encuentra por debajo de la línea de caudal medio y el área total debajo de la curva de duración de caudales diarios. Para Gotta ingeniería, 2014, a partir de la estimación del IRH el valor típico del caudal ambiental correspondiente al Q85% de la curva de duración, éste valor característico se aplica para un IRH superior a 0,7 (alta retención y regulación), para valores de IRH inferiores a 0,7, se adopta el valor Q75% de la curva de duración de caudales medios diarios en la determinación del caudal ambiental. En resumen, el valor típico de caudal ambiental deberá ser calculado como el Q85% de la curva de duración para IRH superiores a 0.7 (alta retención y regulación), en caso contrario será adoptado el valor Q75%.
Fórmula	$IRH = V_p/V_t$
Variables y Unidades	Dónde: IRH: Índice de Retención y Regulación Hídrica. Vp: Volumen representado por el área que se encuentra por debajo de la línea de caudal medio. Vt: Volumen total representado por el área bajo la curva de duración de caudales diarios. El IRH es el producto de la relación entre el volumen representado por el área que se encuentra por debajo de la línea de caudal medio y el correspondiente al área total bajo la curva de duración de caudales diarios
Insumos	La principal fuente de datos es el IDEAM con las series históricas de caudales provenientes de la red de monitoreo de referencia nacional. Algunas series de datos de caudal de redes regionales de monitoreo de las autoridades ambientales (CARs, AAU, PNN) y de empresas de servicios de agua potable como EPM Y EAAB. Así como la cartografía básica del IGAC en diferentes escalas.

Interpretación de la calificación	Rango IRH	Calificación	Descripción
	>0.85	Muy alta	Muy alta retención y regulación de humedad
	0.75-0.85	Alta	Alta retención y regulación de humedad
	0.65-0.75	Moderada	Media retención y regulación de humedad
	0.50-0.65	Baja	Baja retención y regulación de humedad
	<0.50	Muy baja	Muy baja retención y regulación de humedad
Observaciones	Los datos disponibles de caudales medios y diarios de series históricas mayores de 15 años, de estaciones representativas. La limitación principal para obtener este indicador es la carencia de estaciones hidrológicas y densidad de la red de monitoreo en las unidades hidrográficas representativas en la región. Metodología sugerida Estudio Nacional del Agua - ENA (IDEAM, 2010) la cual podrá ser modificada por los Lineamientos conceptuales y metodológicos para las Evaluaciones Regionales del Agua ERAS a ser publicados por el IDEAM.		
Resultados	El IRH es el producto de la relación entre el volumen representado por el área que se encuentra por debajo de la línea de caudal medio y el correspondiente al área total bajo la curva de duración de caudales diarios. El IRH es de 0,66 lo cual indica una moderada retención y regulación de humedad.		

(IDEAM, 2010)

El índice se calcula con base en la curva de duración de caudales medios mensuales, según la metodología contenida en los lineamientos conceptuales y metodológicos para la evaluación regional del agua, como se indica a continuación:

Se ubica toda la serie historia en una hoja de excel, se calculan los medios de cada uno de los doce meses, y se calcula el valor medio de los caudales medios.

$$I.R = AP/AT$$

$$I.R = 0,66$$

$$I.R + I.V (+ o -) = 1$$

$$0,66 + 0,34 = 1$$

La relación del I.R + I.V da como resultado 1 esto indica que la retención hídrica y la variabilidad son coherentes.

Donde:

I.R: Índice de Retención y regulación hídrica.

I.V: Índice de Variabilidad

AP: Volumen representado por el área que se encuentra por debajo de la línea de caudal medio.

AT: Volumen total representado por el área bajo la curva de duración de caudales mensuales.

Cuando el valor de IRH está dentro del rango de 0,65 a 0,75 indica que la cuenca tiene una moderada capacidad de retención y regulación hídrica, se cuenta con agua durante el año.

8.4 Índice de Vulnerabilidad

Permite determinar la fragilidad del sistema hídrico para mantener la oferta de agua para abastecimiento.

Tabla 56. Índice vulnerabilidad por desabastecimiento (IVH).

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN		
Nombre y Sigla	Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico (IVH)		
Objetivo	Determinar la fragilidad de mantener la oferta de agua para abastecimiento		
Definición	Grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta para el abastecimiento de agua, que ante amenazas –como periodos largos de estiaje o eventos como el Fenómeno cálido del Pacífico (El Niño) – podría generar riesgos de desabastecimiento.		
Fórmula	El IVH se determina a través de una matriz de relación de rangos del Índice de regulación hídrica (IRH) y el Índice de uso de agua (IUA) (Ver ENA, Capítulo 8, numeral 8.1.4)		
Variables y Unidades	Adimensional		
Insumos	La información básica requerida para el cálculo de este indicador son los Índices de Regulación Hídrica (IRH) y de Uso de Agua (IUA).		
Interpretación de la calificación	Índice de Uso de Agua - IUA	Índice de Regulación Hídrica - IRH	Categoría de Vulnerabilidad
	Muy bajo	Alto	Muy bajo
	Muy bajo	Moderado	Bajo
	Muy bajo	Bajo	Medio
	Muy bajo	Muy bajo	Medio
	Bajo	Moderado	Bajo
	Bajo	Bajo	Bajo
	Bajo	Bajo	Medio
	Bajo	Muy bajo	Medio
	Medio	Alto	Medio
	Medio	Moderado	Medio
	Medio	Bajo	Alto
	Medio	Muy bajo	Alto
	Alto	Alto	Medio
	Alto	Moderado	Alto

Revisión de la reglamentación de la quebrada Las Guacamayas- Guaduala y sus afluentes

	Alto	Bajo	Alto
	Alto	Muy bajo	Muy alto
	Muy alto	Alto	Medio
	Muy alto	Moderado	Alto
	Muy alto	Bajo	Alto
	Muy alto	Muy bajo	Muy alto
Resultados	El IVH para la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala es de categoría alto, según los resultados obtenidos del índice de uso de agua e índice de regulación y retención hídrica.		

(IDEAM, 2010)

9. REGLAMENTACIÓN DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS

El Decreto Ley 2811 de 1974, Código Nacional de Recursos Naturales Renovables, establece en la Parte III Título II que todas las personas tienen derecho a utilizar las aguas de dominio público para satisfacer sus necesidades elementales, siempre que con ello no se cause perjuicio a terceros; que salvo disposiciones especiales, sólo puede hacerse uso de las aguas en virtud de una concesión y que en caso de escasez, de sequía u otros semejantes, se podrá variar la cantidad de agua y el orden establecido para hacerlo. Dispone que las concesiones otorgadas no serán obstáculo para que con posterioridad a ellas, se reglamente la distribución de las aguas de manera general para una misma corriente o derivación y consagra que las personas que puedan resultar afectadas con la reglamentación del uso de las aguas, es la aplicación de un conjunto de acciones de orden técnico y jurídico, dentro del marco legal vigente, destinadas a obtener una mejor distribución de las aguas de un acuífero, corriente o derivación teniendo en cuenta las condiciones actuales y futuras de su uso y las características biofísicas, sociales y económicas de su zona de influencia; el objetivo final es evitar conflictos entre usuarios por el acceso al recurso y disminuir la presión sobre el mismo, mientras se da un uso eficiente y equitativo estableciendo prioridades de consumo. Se puede suponer que hay tendencia deficitaria y se requiere reglamentar cuando el caudal concesionado o demandado sobrepasa el 50% del caudal total disponible en épocas de sequía (MAVDT, 2005).

9.1 Aspectos técnicos de la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala

Los usos del agua están identificados en el “Libro Maestro de Concesiones de Agua” de la Corporación Autónoma Regional del Tolima CORTOLIMA, donde se encuentran organizados los usuarios del agua, en una base de datos, en la cual se encuentra registrada la información referente al predio y la asignación de agua, entre las cuales se puede citar:

- Litros concesionados
- Uso del agua
- Número correspondiente de la llave
- Número de cédula de ciudadanía
- Nombre del usuario
- Nombre de la fuente
- Cuenca donde se localiza la fuente
- Nombre del predio
- Dirección del predio
- Nombre del departamento donde se localiza el predio
- Nombre del municipio donde se localiza el predio

- Número de expediente del trámite de concesión
- Número de tomos del expediente
- Número de resolución que otorga la asignación
- Fecha de la resolución de concesión
- Fecha de la notificación del acto administrativo
- Fecha de vencimiento de la concesión
- Dirección de envío de correspondencia
- Estado de pago
- Intereses generados por facturación no cancelada

El Decreto No. 1076 del 2015, “*Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*”, entre los artículos 2.2.3.2.13.1 y 2.2.3.2.13.11, concerniente a la reglamentación de una corriente hídrica a su posterior revisión, a lo que CORTOLIMA obedece, sin embargo, aplicando la capacidad residual con la que cuentan las entidades del sector público, ha definido aplicar lo siguiente:

9.2 Procedimiento de la Reglamentación

Según resolución No. 2742 del 22 de agosto de 2017, de CORTOLIMA por medio de la cual se adopta el documento PR_RH versión 01, el cual se titula “Reglamentación de corrientes hídricas superficiales y/o cuencas hidrográficas”. Procedimiento que se muestra a continuación:

Tabla 57. Procedimiento para la reglamentación de fuentes hídricas y/o cuencas hidrográficas.

ITEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	ÁREA RESPONSABLE	CARGO RESPONSABLE
1	Elaboración y presentación del Estudio Preliminar, en donde se exprese el sustento técnico – jurídico, que refleje el análisis técnico relacionado con la oferta y la demanda hídrica que garantice la distribución equitativa, eficiente y suficiente del agua de acuerdo a la oferta, a las necesidades básicas y productivas de la población, así como los requerimientos ambientales para conservar el equilibrio ecológico, y también los antecedentes de la gestión integral	Subdirección de Planeación y Gestión Tecnológica	Subdirector de Planeación y Gestión Tecnológica – Subproceso Recurso Hídrico – Profesional Especializado y Universitario

Revisión de la reglamentación de la quebrada Las Guacamayas- Guaduala y sus afluentes

ITEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	ÁREA RESPONSABLE	CARGO RESPONSABLE
	del recurso en esa sub-área hidrográfica. TIEMPO PARA ESTA ACTIVIDAD: 3 MESES		
2	Realización de visita ocular preliminar en terreno de la subzona hidrográfica y/o nivel subsiguiente en cuestión, conjuntamente con técnicos de la subdirección de Calidad Ambiental y la Dirección Territorial (si hay lugar a ello), <u>para reconocimiento del área</u> y análisis de la situación de la cuenca. Mensaje interno solicitando acompañamiento de la Subdirección de Calidad Ambiental y de la Dirección Territorial competente. TIEMPO PARA ESTA ACTIVIDAD: 10 DÍAS	Subdirección de planeación y Gestión Tecnológica – Subdirección de Calidad Ambiental y Direcciones Territoriales	Subdirector de Planeación y Gestión Tecnológica – Subproceso Recurso Hídrico – Profesional Universitario Subdirector de calidad ambiental – Subproceso– Profesional Universitario Director Territorial – Profesional Universitario
3	Proyección de acto administrativo motivado, ordenando y dando inicio a la reglamentación o revisión de la reglamentación de la corriente. Proyección Mensaje Interno a Oficina Asesora Jurídica remitiendo el proyecto para su aprobación. TIEMPO PARA ESTA ACTIVIDAD: 5 DÍAS	Subdirección de Planeación y Gestión Tecnológica - Oficina Asesora Jurídica - Dirección Territorial – Profesional Universitario	Subdirector de Planeación y Gestión Tecnológica – Subproceso Recurso Hídrico – Profesional Universitario- Oficina Asesora Jurídica - Dirección Territorial –

Revisión de la reglamentación de la quebrada Las Guacamayas- Guaduala y sus afluentes

ITEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	ÁREA RESPONSABLE	CARGO RESPONSABLE
4	Revisión, aprobación y firma del proyecto del acto administrativo que ordena la reglamentación o revisión de la reglamentación de la corriente, para posterior suscripción por parte de la Dirección General. TIEMPO PARA ESTA ACTIVIDAD: 10 DÍAS	Oficina Asesora Jurídica, Dirección General y Dirección Territorial	Jefe de la Oficina Asesora Jurídica – Profesional Especializado – Profesional Universitario
5	Remisión de la copia del acto administrativo que da inicio al proceso de reglamentación o revisión de la reglamentación de una corriente hídrica a la Subdirección Administrativa y Financiera para su publicación. TIEMPO PARA ESTA ACTIVIDAD: 3 DÍAS	Subdirección de Planeación y Gestión Tecnológica	Subdirector de Planeación y Gestión Tecnológica – Profesional Especializado – Profesional Universitario
6	Publicación acto administrativo. Esto se da con el fin de hacer conocer a los interesados la providencia mediante la cual se ordena una reglamentación o revisión de una reglamentación de aprovechamiento de aguas se publicará en un periódico de amplia circulación en el lugar y en la página web de la corporación. TIEMPO PARA ESTA ACTIVIDAD: 10 DÍAS	Subdirección Administrativa y Financiera.	Subdirectora Administrativa y Financiera – Profesional Especializado – Profesional Universitario
7	Recepción de las solicitudes de concesiones de aguas, haciendo la revisión del adecuado diligenciamiento del formulario y de la presentación de la documentación exigida.	Ventanilla Única – Subdirección Administrativa y Financiera o la Territorial con	Subdirector Administrativa y Financiera - Subdirector de Planeación y Gestión

ITEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	ÁREA RESPONSABLE	CARGO RESPONSABLE
	Cargue al sistema VITAL y creación del COR TIEMPO PARA ESTA ACTIVIDAD: 3 MESES	competencia para ello. Subdirección de planeación y Gestión Tecnológica – – Dirección Territorial	Tecnológica – Subproceso Recurso Hídrico – Profesional Universitario – Dirección Territorial
8	Revisión de la solicitud por parte de la subdirección de Planeación y Gestión Tecnológica para que certifique índice de escasez, Uso del suelo respecto al POT, POMCA y determine si se encuentra en área protegida. TIEMPO PARA ESTA ACTIVIDAD: 3 MESES	Subdirección de planeación y Gestión Tecnológica	Subdirector de Planeación y Gestión Tecnológica – Profesional Especializado – Profesional Universitario
9	Expedir concepto técnico estableciendo la viabilidad o no de continuar el trámite, cargándolo al sistema VITAL y remisión con mensaje interno a Ventanilla Ambiental o Dirección Territorial, para que se liquide Tarifa de Evaluación del proyecto. TIEMPO PARA ESTA ACTIVIDAD: 1 MES	Subdirección de planeación y Gestión Tecnológica	Subdirector de Planeación y Gestión Tecnológica – Subproceso Recurso Hídrico – Profesional Universitario
10	Liquidación de tarifa de evaluación y cobro mediante oficio. Los usuarios tendrán 1 mes para cancelar la tarifa de evaluación y	Subdirección Administrativa y Financiera – Dirección Territorial	Subdirectora Administrativa y Financiero – Profesional Especializado -

ITEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	ÁREA RESPONSABLE	CARGO RESPONSABLE
	allegar a Cortolima constancia del pago. Una vez cumplido esto, se remite la solicitud con sus anexos a la Subdirección de Planeación y Gestión Tecnológica. TIEMPO PARA ESTA ACTIVIDAD: 2 MESES		Profesional Universitario
11	Reclamaciones de los usuarios. Se tendrán 2 meses para resolver de fondo las reclamaciones que los usuarios presenten respecto de la liquidación de las tarifas de evaluación y su cobro. TIEMPO PARA ESTA ACTIVIDAD: 2 MESES	Subdirección Administrativa y Financiera – Dirección Territorial	Subdirectora Administrativa y Financiero – Profesional Especializado - Profesional Universitario
12	Proyección del Auto que avoca conocimiento y ordena las visitas, fijando la fecha y lugar de las prácticas de las diligencias. TIEMPO DE LA ACTIVIDAD: 1 MES	Subdirección de Planeación y Gestión Tecnológica – Oficina Asesora Jurídica - Dirección Territorial	Subdirector de Planeación y Gestión Tecnológica – Subproceso Recurso Hídrico – Profesional Universitario – Oficina Asesora Jurídica - Dirección Territorial, Profesional Universitario
13	Revisión, aprobación y firma del proyecto de Auto que avoca conocimiento y ordena las visitas para la reglamentación o revisión de la reglamentación de la corriente.	Oficina Asesora Jurídica, Dirección General y Dirección	Jefe de la Oficina Asesora Jurídica – Profesional Especializado – Profesional Universitario

ITEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	ÁREA RESPONSABLE	CARGO RESPONSABLE
	Numeración del Auto y apertura del expediente. TIEMPO PARA ESTA ACTIVIDAD: 10 DÍAS	Territorial si es el caso.	– Dirección Territorial
14	Remisión del Auto a la Subdirección Administrativa y Financiera para la publicación. TIEMPO PARA ESTA ACTIVIDAD: 3 DÍAS	Subdirección de Planeación y Gestión Tecnológica – Dirección Territorial	Subdirector de Planeación y Gestión Tecnológica – Subproceso Recurso Hídrico – Profesional Universitario – Dirección Territorial, Profesional Universitario
15	Luego de expedido el acto administrativo que ordena las visitas, este debe ser publicado por lo menos con diez (10) días de anticipación a la práctica de la visita ocular, así: a) Copia de la providencia que indique la jurisdicción del lugar donde deben realizar las visitas oculares y se ordene la reglamentación se fijará en un lugar público de la Autoridad Ambiental competente y en la Alcaldía o Inspección de Policía del lugar; b) Aviso por dos veces consecutivas en el periódico de mayor circulación de la región, sobre el lugar y fecha	Subdirección Administrativa y Financiera	Subdirectora Administrativa y Financiero – Profesional Especializado - Profesional Universitario

ITEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	ÁREA RESPONSABLE	CARGO RESPONSABLE
	de la diligencia; si existen facilidades en la zona se publicará este aviso a través de la emisora del lugar. TIEMPO PARA ESTA ACTIVIDAD: 1 MES		
16	Subir el expediente por plataforma de Vital para informar la práctica de las visitas de evaluación de las solicitudes. TIEMPO DE LA ACTIVIDAD: 5 DIAS	Oficina Jurídica o Dirección Territorial	Oficina Asesora Jurídica– Profesional Especializado – Profesional Universitario - Dirección Territorial Profesional Universitario
17	Practica de visita de evaluación ordenada en el auto de inicio y elaboración del concepto técnico. Alimentar el software y VITAL. TIEMPO PARA LA ACTIVIDAD: 4 MESES o el tiempo que demande por el número de usuarios que se hagan presente.	Subdirección de Calidad Ambiental - Dirección Territorial	Subdirector de Calidad Ambiental – Profesional Especializado - Profesional Universitario Director Territorial – Profesional Universitario –
18	Proyección del Auto que corre traslado del concepto técnico. TIEMPO PARA ESTA ACTIVIDAD: 5 DIAS	Oficina Jurídica o Director Territorial – Profesional Universitario	Oficina Jurídica- Profesional Especializado – Profesional Universitario

ITEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	ÁREA RESPONSABLE	CARGO RESPONSABLE
19	Revisión, aprobación y firma del proyecto de Auto que corre traslado del concepto técnico. TIEMPO PARA ESTA ACTIVIDAD: 5 DIAS	Oficina Asesora Jurídica – Dirección Territorial	Oficina Asesora Jurídica – Dirección Territorial - Profesional Universitario
20	Publicación del cuadro de distribución de caudales. Este proyecto se comunicará a los interesados mediante aviso que se publicará por dos (2) veces con intervalo de diez (10) días entre uno y otro, en dos de los periódicos de mayor circulación en el Departamento o Municipio correspondiente, con el fin de que puedan presentar las objeciones que consideren pertinentes dentro de los veinte (20) días siguientes a la publicación del último aviso. TIEMPO PARA ESTA ACTIVIDAD: 2 MESES	Subdirección Administrativa y Financiera	Subdirectora Administrativa y Financiera - Profesional Especializado - Profesional Universitario
21	Resolver las objeciones a los conceptos técnicos a que hubiere lugar. TIEMPO PARA LA ACTIVIDAD: 1 MES	Subdirección de Calidad Ambiental – Dirección Territorial -	Subdirector de Calidad Ambiental – Profesional Especializado – Profesional Universitario - Dirección Territorial- Profesional Universitario
22	Proyección del acto administrativo que resuelve solicitudes de otorgamiento de concesión y		Oficina Asesora Jurídica - Profesional Especializado -

ITEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	ÁREA RESPONSABLE	CARGO RESPONSABLE
	distribución de caudales (Reglamentación). TIEMPO PARA LA ACTIVIDAD: 30 DIAS	Oficina Asesora Jurídica – Dirección Territorial	Profesional Universitario – Dirección Territorial – Profesional Especializado o Universitario
23	Revisión, aprobación y firma del acto administrativo que resuelve de fondo la reglamentación, remitiéndola para numeración y fecha. TIEMPO DE LA ACTIVIDAD: 15 DIAS	Oficina Asesora Jurídica, y Dirección General	Jefe Oficina Asesora Jurídica - Profesional Especializado – Profesional Universitario - Director General - Director Territorial
24	Fechar y numerar la resolución que reglamenta o revisa una reglamentación, publicar su encabezamiento y parte resolutive en el Diario Oficial y/o Gaceta Virtual de la Corporación. TIEMPO DE LA ACTIVIDAD: 15 DIAS	Subdirección Administrativa y Financiera – Dirección Territorial	Subdirectora Administrativa y Financiera - Auxiliar Administrativo Dirección Territorial

10. CONCLUSIONES

La quebrada Las Guacamayas - Guaduala nace en la base del cerro de La Bruja entre las veredas Guacamayas (sector oriental) y Buenavista (sector nor-occidental), a una altitud de 1300 m.s.n.m. y desemboca en el río Sumapaz a los 309 m.s.n.m. En la vereda Chimbí.

Los valores más altos de oferta hídrica superficial para condiciones normales se dan en los meses de mayo con un valor de 0,65 (m³/s) y en noviembre 0,80(m³/s).

La temperatura media alcanza los 23,6 °C, se calculó con la metodología de gradiente altitudinal, el cual se incrementa gradualmente en la medida que se descende por la cuenca hidrográfica hasta alcanzar temperaturas máximas de 28,0 °C.

La evapotranspiración real (ETR), se calculó a través de la ecuación propuesta por Budyko (1974). La ETR anual en la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas – Guaduala, tiene un valor medio de 944.96 mm.

El rendimiento hídrico para la quebrada Las Guacamayas es de 22,12 (l/s*km²), observándose que los mayores rendimientos se presentan en la vereda Buenavista y los menores rendimientos en la desembocadura de la quebrada en el río Sumapaz.

El caudal ambiental utilizado para la cuenca de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala es del Q75, representado en 133,5 l/s del caudal anual de la quebrada.

El índice de regulación hídrica es de 0,66 lo cual indica que la cuenca de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala tiene una capacidad de regulación moderada con retención y humedad media.

Los monitoreos indican que actualmente se está generando una gran demanda sobre el recurso, ya que los caudales aforados reflejan que se está consumiendo el caudal medio anual de distribución, superando la demanda estimada para el año de estudio. Lo anterior, puede estar evidenciando un impacto negativo sobre la calidad del agua, no percibido necesariamente con los resultados del ICA, pero que si se deja entrever con los valores significativos de patógenos y con los bajos valores de oxígeno disuelto en época seca.

La destinación del recurso en especial para consumo humano y agrícola sin restricciones, tanto actual como futura en la medida que se incremente la población producto del crecimiento de los proyectos concesionados en este momento y otros

que se puedan llegar a localizar en la cuenca, se va a ver restringida y limitada si no se implementan sistemas de tratamiento de aguas residuales eficientes y que eliminen el contenido de patógenos hasta los límites establecidos en los criterios de calidad. Esto puede conllevar a que se nieguen concesiones de actividades que generen nuevas aguas residuales de origen doméstico de tipo puntual y/o captaciones aguas abajo de los vertimientos, o que se implementen programas de captación con abastecimiento no continuo o intermitente dependiendo de la calidad de las masas de agua que se aprovechen o no sean susceptibles de aprovechamiento en virtud de la dinámica de las descargas puntuales de aguas residuales de origen doméstico.

Aunque los caudales medidos en época seca no se redujeron significativamente frente a los determinados en época húmeda, sí permitieron tener un referente de una oferta inferior a la determinada como caudal ambiental, lo que ratifica la hipótesis planteada anteriormente con respecto a la sobredemanda actual en la cuenca, haciéndose más sensible la respuesta de asimilación de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala en este escenario hidrológico por un lado y por otro, ratificándose el mayor impacto que se percibe producto de los vertimientos, aunado a un monitoreo que permitió captar los eventos de contaminación asociados.

BIBLIOGRAFIA

BUSTAMANTE, I. D. (2008). *REGLAMENTACIÓN DE CORRIENTES SUPERFICIALES EN LA PARTE TÉCNICA PARA LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO*. Medellín.

Censo de usuarios del recurso hídrico de la cuenca hidrográfica de la quebrada Las Guacamayas - Guaduala, 2017.

Colombia, U. N. (s.f.). *Estudio de uso combinado de fuentes de agua superficial y subterránea para el suministro de agua potable*. Medellín.

Diagnóstico POMCA río Sumapaz (en elaboración).

Eddy, M. a. (2015). *Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización*.

FAO, O. d. (2006). *Evapotranspiracion del Cultivo; Guías para la determinacion de agua de los cultivos*. Roma.

Galvez, J. J. (2011). *Balance Hídrico Superficial*. Lima - Peru.

<http://historiaybiografias.com/suelo1/>.

<http://historiaybiografias.com/suelo1/>.

IDEAM. (2010). *Estudio nacional del Agua*. Bogotá D.C.

IDEAM. (2013). *Hoja metodológica Índice de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL)*.

IDEAM. (2013). *Hoja metodológica índice de calidad del agua en corrientes superficiales (ICA)*.

IGAC. (1997). *Estudio General de Suelos del Departamento del Tolima*);. Ibagué.

Instituto de Hidrología, M. y. (s.f.).

Instituto de Hidrología, M. y.-I. (2017). *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales- IDEAM*.

<http://www.ideam.gov.co/web/entidad/acerca-entidad>

Melgar, A. M. (2015). *Revision y Ajuste al plan basico de ordenamiento territorial*.

olalla, D. J. (1992). *Climatología aplicada a la ingeniería*.

OMM. (2002). *Guía práctica hidrometeorológicas*. Ginebra.

Revisión de la reglamentación de la quebrada Las Guacamayas- Guaduala y sus afluentes

Rojas, R. (1976). *Drenaje Superficial de tierra agrícolas*. .: Centro Internacional de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras.

Sanchez Martinez, F. (2008). CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN AREAL MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. En S. M. Javier, *Master en ingeniería medioambiental y gestión del agua* (pág. 28). Madrid: EOI.

Territorial, M. d. (2010). *Decreto 3930 de 2010*.

Vila, A., Sedano, M., López, A., & Juan, Á. (s.f.). CORRELACIÓN LINEAL Y ANÁLISIS DE REGRESIÓN. *Análisis de regresión y correlación lineal*, 2002.