
DEFINICIÓN DE LA RONDA HIDRICA DEL RIO GUALÍ, EN LAS ZONAS URBANAS DE LOS MUNICIPIOS DE HONDA Y SAN SEBASTIÁN DE MARIQUITA, TOLIMA.

TABLA DE CONTENIDO

1	OBJETIVO.....	14
1.1	OBJETIVO GENERAL.....	14
1.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS	14
2	RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA Y AEROFOTOGRAFÉTRICA, EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	15
2.1	Recopilación de información cartográfica.	16
2.1.1	Cartografía existente de la zona.	17
2.1.2	Imágenes de Satélite y Fotografías Aéreas.....	27
3	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y BATIMÉTRICO, EN LAS ZONAS URBANAS DE LOS MUNICIPIOS DE SAN SEBASTIÁN DE MARIQUITA Y HONDA.....	31
3.1	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	32
3.1.1	Área de estudio.....	32
3.1.2	Metodología	33
3.2	LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO.	40
3.2.1	Área de Estudio	40
3.2.2	Metodología	41
4	ANÁLISIS MULTITEMPORAL, DEL COMPORTAMIENTO Y DINÁMICA DEL CAUCE DEL RIO GUALÍ, EN LAS ZONAS URBANAS DE LOS MUNICIPIOS DE SAN SEBASTIÁN DE MARIQUITA Y HONDA, PARA DETERMINAR LA GEOMORFOLOGIA DEL MISMO.	44
4.1	ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAUCE DEL RIO GUALÍ.	45
4.2	METODOLOGIA	46
4.2.1	Identificación de Aerofotografías de interés.	46

4.2.2	Georreferenciación de las imágenes digitalizadas (escaneadas).....	47
4.2.3	Fotointerpretación.....	49
4.3	Análisis Multitemporal.....	53
5	DEFINICIÓN DE LA FAJA DE PROTECCIÓN DEL RIO GUALÍ, EN LA ZONA URBANA DE LOS MUNICIPIOS DE HONDA Y SAN SEBASTIÁN DE MARIQUITA, DEPARTAMENTO DEL TOLIMA.....	55
5.1	MARCO TEÓRICO.....	56
5.1.1	Inundación.....	56
5.1.2	Análisis de amenaza por inundaciones.....	57
5.1.3	Métodos hidrológicos e hidráulicos.....	58
5.2	TÉCNICAS DE MODELACIÓN HIDRÁULICA DE INUNDACIONES.....	59
5.3	METODOLOGÍA.....	63
5.3.1	Información Necesaria.....	63
5.4	CASO DE ESTUDIO E INFORMACIÓN DISPONIBLE.....	64
5.4.1	Avalancha de Armero.....	65
5.4.2	Huella flujo de lodos río Gualí.....	67
5.5	INFORMACIÓN DISPONIBLE.....	69
5.5.1	Fotografía satelital del tramo de estudio.....	69
5.6	INFORMACIÓN HISTÓRICA DE EVENTOS DE INUNDACIÓN, EN EL MUNICIPIO DE SAN SEBASTIÁN DE MARIQUITA.....	70
5.6.1	Cuerpo de bomberos municipio San Sebastián de Mariquita.....	71
5.6.2	Defensa Civil.....	72
5.6.3	Secretaria de Gobierno.....	73
5.6.4	Biblioteca Municipal San Sebastián de Mariquita.....	73
5.6.5	Administrador predio afectado por inundaciones del río Gualí.....	73

5.6.6	Levantamiento de puntos para la Georreferenciación de Faja de Inundación.	76
5.7	INFORMACIÓN HISTÓRICA DE EVENTOS DE INUNDACIÓN, EN EL MUNICIPIO DE HONDA.	79
5.7.1	Información suministrada por el Cuerpo de Bomberos Honda-Tolima	79
5.7.2	Información suministrada por la Dirección de Gestión del riesgo Honda-Tolima.	81
5.7.3	Información suministrada por ASOCOMUNAL.....	82
5.7.4	Información histórica suministrada por los Ribereños.....	83
5.8	INFORMACIÓN HIDROLÓGICA.....	84
5.8.1	Información Hidrológica del Municipio San Sebastián De Mariquita y Honda.	84
5.8.2	Análisis Hidrológico Río Gualí	86
5.9	ELABORACIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO	102
5.9.1	Modelo hidráulico del Río Gualí Unidimensional	102
5.10	manchas de inundación del río gualí, en las zonas urbanas de honda y san sebastián de mariquita	108
6	COMPONENTE ECOSISTÉMICO: IDENTIFICACIÓN DE COBERTURAS VEGETALES, LOCALIZADAS EN LA ZONA ALEDAÑA DEL CAUCE PERMANENTE DEL RIO GUALÍ, EN LAS ZONAS URBANAS DE LOS MUNICIPIOS DE SAN SEBASTIÁN DE MARIQUITA Y HONDA.	126
6.1	CARACTERIZACIÓN DE LA COMUNIDAD VEGETAL.	129
6.1.1	Metodología	129
6.2	RESULTADOS.....	133
6.2.1	Cobertura y Uso del Suelo	133
6.2.2	Riqueza específica S = 21	135
6.2.3	Estructura de la vegetación.....	136

6.2.4	Índice de Valor de Importancia (IVI).....	136
6.2.5	Altura del dosel.....	139
6.2.6	Estado de conservación de la vegetación.	140
6.2.7	Rehabilitación, Recuperación y Restauración Ecológica.	141
7	PROPUESTA DE ZONIFICACIÓN AMBIENTAL DE LAS FAJAS DE PROTECCIÓN, EN LAS ZONAS URBANAS DE LOS MUNICIPIOS DE HONDA Y SAN SEBASTIÁN DE MARIQUITA.	159
7.1	ZONIFICACIÓN AMBIENTAL, DE LAS FAJAS DE PROTECCIÓN EN LAS ZONAS URBANAS DE LOS MUNICIPIOS DE HONDA Y SAN SEBASTIÁN DE MARIQUITA, DEPARTAMENTO DEL TOLIMA.	160
7.1.1	Zonas para la conservación.	160
	Corresponde a zonas en donde existen los elementos claves de la estructura ecológica de la ronda hídrica (bosques nativos).	160
7.1.2	Zona para recuperación	160
7.2	ZONIFICACIÓN DE LA RONDA HÍDRICA, EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE HONDA (TOLIMA).	161
7.3	ronda hídrica zona urbana del municipio de San Sebastián de Mariquita (Tolima). 163	
8	IDENTIFICACIÓN Y ESPACIALIZACIÓN DE LOS PREDIOS LOCALIZADOS, EN LAS ZONAS URBANAS DE LOS MUNICIPIOS DE SAN SEBASTIÁN DE MARIQUITA Y HONDA.....	166
8.1	ÁREA DE ESTUDIO	167
8.2	METODOLOGIA	168
8.2.1	Consulta de información predial en las zonas de interés.....	168
8.2.2	Planeación del Trabajo de Campo.....	169
8.2.3	Formato de recolección de información.....	169
8.2.4	Descripción de la visita.....	169

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Rio Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



8.2.5	Procesamiento de la Información.....	170
8.3	RESULTADOS.....	171
8.3.1	Municipios del Área de Influencia del censo predial.....	172
□	Municipio de San Sebastián de Mariquita	172
9	RECOMENDACIONES	175
10	BIBLIOGRAFIA.....	184

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Especificaciones técnicas de las imágenes RapidEye.	27
Figura 2. Especificaciones técnicas, de las imágenes RapidEye.	28
Figura 3. Localización del área de estudio donde se desarrolló el levantamiento topográfico.	32
Figura 4. Índice de planchas escala 1:25000 IGAC de la zona de estudio.	34
Figura 5. Placa Geodésica IGAC.	35
Figura 6. Equipo de topografía y representación gráfica del método de radiación.	38
Figura 7. Secciones transversales sobre el Rio Gualí.	41
Figura 8. Representación de la batimetría realizada en el área de estudio.	42
Figura 9. Representación del uso de la ecosonda para la realización de la Batimetría. ...	43
Figura 10. Mosaico de aerofotografías del periodo comprendido entre 2008-2011, en el casco urbano del municipio de Honda.	49
Figura 11. Comparación del cauce actual y cauce del rio en el año de 1940, en la zona urbana del municipio de Honda.	50
Figura 12. Cauce actual y cauce del rio en el año de 1940, en la zona urbana del municipio San Sebastián de Mariquita.	50
Figura 13. Cauce actual y cauce del rio Guali en el año de 1950, en la zona urbana del municipio de Honda.	51
Figura 14. Cauce actual y cauce del rio Guali en el año de 1950, en la zona urbana del municipio de San Sebastián de Mariquita.	51
Figura 15. Cauce actual y cauce del rio Guali en el año de 1985, en la zona urbana del municipio de San Sebastián de Mariquita.	52
Figura 16. Cauce actual del rio Guali, en la zona urbana del municipio de San Sebastián de Mariquita.	52
Figura 17. Cauce actual del rio Guali, en la zona urbana del municipio de Honda.	53
Figura 18. Criterios para definir la amenaza de una inundación.	57
Figura 19. Cuadro sinóptico de los principales métodos para el análisis de inundaciones.	58
Figura 20. Mapa sinóptico de la información necesaria para la elaboración del análisis de inundaciones.	63

Figura 21. Localización de la Cuenca río Gualí.....	64
Figura 22. Zonas de Riesgo por influencia del Nevado del Ruiz	66
Figura 23. Afectación causada por el flujo de lodo.....	67
Figura 24. Huella de flujo de lodos de la avalancha de Armero.....	67
Figura 25. Imágenes de antes y después del evento de Armero en el municipio San Sebastián de Mariquita.....	68
Figura 26. Imagen satelital del tramo de estudio Mariquita.....	70
Figura 27. Estaciones Hidrológicas, Municipio de San Sebastián de Mariquita	85
Figura 28. Estaciones hidrológicas, Municipio de Honda.....	85
Figura 29. Análisis de caudales máximos anuales históricos.	87
Figura 30. Gráfico de ajuste de probabilidad.....	88
Figura 31. Preprocesamiento y posprocesamiento del Modelo Hidráulico HEC-RAS ...	106
Figura 32. Preprocesamiento de la información con HEC-GeoRAS.....	107
Figura 33. Modelo Hidráulico unidimensional HEC-RAS	107
Figura 34. Inundación generada para un período de retorno de 1.1 años, en la zona urbana de Honda.....	109
Figura 35. Inundación generada para un período de retorno de 2.33 años, en la zona urbana de Honda.....	110
Figura 36. Inundación generada para un período de retorno de 15 años, en la zona urbana de Honda.....	111
Figura 37. Inundación generada para un período de retorno de 50 años, en la zona urbana de Honda.....	112
Figura 38. Inundación generada para un período de retorno de 100 años, en la zona urbana de Honda.....	113
Figura 39. Perfil Longitudinal, río Gualí, periodo de retorno 2,33 años, en la zona urbana de Mariquita.....	114
Figura 40. Perfil Longitudinal, río Gualí, periodo de retorno 15 años, en la zona urbana de Mariquita.....	115
Figura 41. Perfil Longitudinal, río Gualí, periodo de retorno 50 años, en la zona urbana de Mariquita.....	116
Figura 42. Perfil Longitudinal, río Gualí, periodo de retorno 100 años, en la zona urbana de Mariquita.....	117

Figura 43. Manchas de inundación para cada período de retorno.....	118
Figura 44. Desbordamiento margen izquierda del Río Gualí	119
Figura 45. Estructura y funcionamiento de River2D.....	120
Figura 46. Resultados preliminares del modelo hidráulico River2D.....	125
Figura 47. Representación de Transectos de dimensiones de 30 x 4 metros, realizado en el área de estudio.	130
Figura 48. Índice de valor de importancia, dominancia, abundancia y frecuencia relativa de las especies de la vegetación.	139
Figura 49. Altura, cobertura y DAP de las especies	140
Figura 50. Ficha informativa de la especie <i>Anacardium excelsum</i>	143
Figura 51. Ficha informativa de la especie <i>Stemmadenia grandiflora</i>	145
Figura 52. Ficha informativa de la especie <i>Zanthoxylum monophyllum</i>	147
Figura 53. Ficha informativa de la especie <i>Trichilia pallida</i>	149
Figura 54. Ficha informativa de la especie <i>Phoebe cinnamomifolia</i>	151
Figura 55. Ficha informativa de la especie <i>Cordia alliodora</i>	153
Figura 56. Ficha informativa de la especie Cupaina americana	155
Figura 57. Ficha informativa de la especie Ceiba pentandra	157
Figura 58. Distribución de las áreas definidas para la faja de protección.....	161
Figura 59. Zonificación ambiental de la faja de protección, en la zona urbana del municipio de Honda.....	162
Figura 60. Distribución de las áreas definidas para la faja de protección.....	163
Figura 61. Zonificación ambiental de la faja de protección, en la zona urbana del municipio de San Sebastián de Mariquita.....	164
Figura 62. Zona urbana norte, del municipio de San Sebastián de Mariquita, donde se realizó el censo predial.....	167
Figura 63. Tramo nororiental del casco urbano del municipio de Honda, donde se desarrollo el censo predial.	168
Figura 64. Distribución de predios censados en los municipios de San Sebastián de Mariquita y Honda.	171
Figura 65. Barrios censados, en el Municipio San Sebastián de Mariquita.....	172
Figura 66. Representación de la distribución del total censado en el municipio de Honda, en los diferentes barrios o sectores, objeto de interés.	173

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Afectaciones casas ribereñas barrio antiguo matadero.....	72
Ilustración 2. Punto de restricción Hidráulica – paso por el puente y barreras de protección para el puente.....	74
Ilustración 3. Zona de represamiento.....	75
Ilustración 4. Cauce del río-Finca Vao de las vacas.....	75
Ilustración 5. Construcción de jarillones para la protección de la Finca Vao de las Vacas	76
Ilustración 6. Caída de puente Pearson, Enero 2006.....	79
Ilustración 7. Barrio las Delicias.	80
Ilustración 8. Infraestructura construida dentro del cauce del río Gualí.	81
Ilustración 9. Represa # 2, localizada en las coordenadas N:0925821, E:1066815.	82
Ilustración 10. Predios afectados, durante la creciente del 17 febrero de 2013.....	83
Ilustración 11. Socavación presentada en el río Gualí en el barrio las Delicias	84
Ilustración 12. Muestras botánicas recolectadas para su identificación o confirmación de las especies.....	131
Ilustración 13. Coberturas vegetales en el área de estudio: A: Bosque secundario en zona de ganadería, B y C pastos doble función (Ganadería y recreación), D: Rastrojo alto.	134
Ilustración 14. Fotos de levantamiento de información en campo.	135
Ilustración 15. Desarrollo de las Visitas de campo, durante el censo predial en los municipios de San Sebastián de Mariquita y Honda.	170

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Cartografía Temática de la zona de estudio.....	18
Tabla 2. Cartografía base de la zona de estudio.....	23
Tabla 3. Georreferenciación de los puntos iniciales y finales del trayecto donde se desarrolló la Topografía y Batimetría.	32
Tabla 4. Georreferenciación de los puntos iniciales y finales del trayecto donde se desarrolló la Batimetría.	40
Tabla 5. Amenaza en términos de profundidad y velocidad del flujo.....	57
Tabla 6. Descripción general de los tipos de modelos hidráulicos existente	61
Tabla 7. Composición de la cuenca del río Gualí.....	65
Tabla 8. Levantamiento de la faja de inundación registrada.	77
Tabla 9. Georreferenciación de los Barrios en riesgo en el Municipio de Honda..	82
Tabla 10. Estaciones limnimétricas y limnigráficas cuenca Río Gualí	86
Tabla 11. Análisis de frecuencia de caudales máximos.	89
Tabla 12. Caudales de diseño considerados.	89
Tabla 13. Resultados para Períodos de Retorno.	92
Tabla 14. Coordenadas de los transectos realizados.....	130
Tabla 15. Implementos utilizados, para el levantamiento de información en campo.	131
Tabla 16. Índices de diversidad (Simpson) y riqueza (Margalef) de la vegetación en la población evaluada.	136
Tabla 17. Índice de Valor de Importancia de la vegetación en la población evaluada.	137
Tabla 18. Tipos de zonas ambientales, definidas en la faja de protección del río Gualí, en la zona urbana del municipio de Honda.	161
Tabla 19. Tipos de zonas definidas en la faja de protección del río Gualí, en la zona urbana del municipio de San Sebastián de Mariquita.	163

INTRODUCCIÓN

Es bien sabido que las inundaciones son uno de los desastres naturales con la mayor repercusión socioeconómica sobre cualquier población a nivel mundial, y es por tanto que la acción de las entidades encargadas de la atención y prevención de desastres debe encaminarse hacia una adecuada gestión del riesgo, tratando de minimizarlo y manejar sus consecuencias (Instituto Geológico y Minero de España, 2008).

Dado lo anterior, a nivel mundial se han venido desarrollando metodologías para elaborar análisis de amenaza por inundación, en donde la modelación hidráulica tiene un papel importantísimo, ya que permite, a través de su integración con Sistemas de Información Geográfica (SIG), generar mapas de velocidades y profundidades, los cuales son la base para elaborar mapas de amenaza por inundación, que son un insumo base para cualquier proyecto que pretenda evaluar riesgos o amenazas por inundación.

Un requerimiento clave para un análisis de amenaza por inundación es que los modelos hidrodinámicos y los procedimientos para actualizar los mapas de amenaza para cualquier sistema de ríos deben ser flexibles, de tal manera que se puedan evaluar escenarios adicionales dando información sobre pronósticos en una situación de emergencia.

Para lograr obtener información sobre pronósticos es necesario que se tenga implementada una infraestructura que permita realizar análisis en tiempo real, de tal manera que en una emergencia los escenarios puedan ser calculados y mapificados dentro de las 24 horas de aviso y estén disponibles en formato

electrónico de SIG para las entidades encargadas de la atención y prevención de emergencias (Flood Site, 2009).

En el presente documento se presenta la metodología y resultados de la definición de la faja de inundación en el componente hidrológico para el río Gualí, a su paso por las zonas urbanas de las poblaciones de Mariquita y Honda, e información base como levantamiento topobatimetrico de estas áreas, identificación de coberturas vegetales y estimación de índice de Valor Importancia, en las zonas urbanas de los municipios en estudio y censo predial.

1 OBJETIVO

1.1 OBJETIVO GENERAL

Definir la ronda hídrica del Rio Gualí, en los municipios de Mariquita y Honda en la zona urbana con periodo de retorno de 2.33, 15 y 100 años, con el fin de establecer las medidas de protección y conservación a que se refiere el artículo 83, literal d) del Decreto Ley 2811 de 1974, Decreto 1541 de 1978 y Art. 206 de la Ley 1450 de 2011.

1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Recopilar y analizar de la información cartográfica existente de la zona.
- Realizar los levantamientos topográficos y batimétricos necesarios para las zonas de estudio (Zona urbana Mariquita y Honda).
- Definir el cauce mínimo y principal del rio Gualí en la Zona urbana de los municipios de Mariquita y Honda.
- Definición de la ronda hídrica del rio Gualí para la Zona urbana e los municipios de Mariquita y Honda, en función de la metodología propuesta por el MADS, para los periodos de retorno 2.33, 15 y 100 años
- Presentar una propuesta de zonificación de las rondas identificadas a escala 1:25.000 en función de la metodología propuesta por el contratista adoptando los lineamientos del MADS y aprobada por CORTOLIMA.
- Identificar y espacializar los predios localizados en la Zona urbana Mariquita y Honda.

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Rio Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



2 RECOPILOCION Y ANÁLISIS DE LA INFORMACION CARTOGRAFICA Y AEROFOTOGRAFICA, EN EL AREA DE ESTUDIO.

2.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA.

La cartografía existente de la zona de estudio, comprende la información generada en el área de la cuenca hidrográfica del río Gualí, que presenta una extensión aproximada de 78.598,24 Ha, y conformada por siete municipios de la zona norte del departamento del Tolima como son: Honda, San Sebastián de Mariquita, Fresno, Falan, Palocabildo, Casabianca y Herveo. Esta zona cuenta con muy buena información cartográfica a escala 1:25.000 en toda su extensión.

Cartografía base compuesta por:

- **Curvas zona:** líneas imaginarias que describen los niveles del terreno, describen la forma del terreno.
- **Cabeceras Municipales:** delimitación de las zonas urbanas según los POTs, PBOT o EOT de la zona.
- **Islas:** zonas de tierra en el cauce del río Gualí.
- **Drenajes Sencillos:** cuerpos de agua de menor cauce, representados por líneas.
- **Drenajes dobles:** Cuerpos de agua representados de un cauce mayor al sencillo con polígonos, se caracterizan por tener área y muestran los ríos más importantes de la zona de estudio (Río Gualí, Río Magdalena etc.)
- **Pantanos:** Se refiere a es una capa de aguas estancadas y poco profundas en la cual crece una vegetación acuática a veces muy densa
- **Lagunas:** es un depósito natural de agua, de menores dimensiones, sobre todo en profundidad, que un lago
- **Canal sencillo:** drenaje artificial representado por línea.
- **Vías:** sistema vial de la zona identificadas por tipos de vías.
- **Puentes:** inventario de los puentes existentes en la zona de estudio.

-
- **Torres:** inventario de torres sobre la línea de transmisión eléctrica.

La cartografía temática compuesta por:

- Suelos
- Geología
- Geomorfología
- Vegetación (CLC_DEF_ORIG_MAY02)
- Amenazas
- Limites
- predial
- Orografía

2.1.1 Cartografía existente de la zona.

A partir de consulta y revisión cartográfica, se presenta a continuación un consolidado de la cartografía temática y base existente de la zona de estudio.

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Río Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



Tabla 1. Cartografía Temática de la zona de estudio.

CARTOGRAFIA TEMATICA						
NOMBRE	ALIAS	CONTENIDO	ÁREA	ESCALA	INSTITUCIÓN	FORMATO
<u>Suelos</u>		UGS (<i>Símbolo</i>)	Cuenca rio Gualí	1:25000	CORTOLIMA	Shape
<u>Geología</u>		SIMBOLO DEPOSITO ROCAS EDAD DESCRIPCION DE UNIDADES	Cuenca rio Gualí	1:25000	CORTOLIMA	Shape
<u>Geomorfología</u>		Paisaje Relieve Terreno Color COD_PAI COD_TR COD_FT Shape_Leng Shape_Area Sim_Geom Ha GEOSTRUCT AMBIENTE_M MATERIAL_P	Cuenca rio Gualí	1:25000	CORTOLIMA	Shape

Dirección: Calle 57 No. 45-45 Of. 402 Barrio Nicolás de Federman Bogotá D.C. Colombia.

Contacto celular 3175024817-3112046943 E-mail interambientales.sa@gmail.com

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Río Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



<p><u>Vegetación</u> <u>(CLC DEF ORIG MAY 02)</u></p>		<p>OBJECTID LEYENDA COD_CORINE Shape_Leng Shape_Area Nivel_1 COD_N1</p>	<p>Cuenca rio Gualí</p>	<p>1:25000</p>	<p>CORTOLIMA</p>	<p>Shape</p>
<p><u>Amenazas</u></p>	<p>amen_poten_volca_cerro_bravo_ccagua li</p>	<p>tip_amen simbol descrip SHAPE_Leng SHAPE_Area</p>	<p>Cuenca rio Gualí</p>	<p>1:25000</p>	<p>CORTOLIMA</p>	<p>Shape</p>
	<p>amen_volca_nevado_santa_isabel2</p>	<p>COD AMENAZA Shape_Leng Shape_Area descripame</p>	<p>Cuenca rio Gualí</p>	<p>1:25000</p>	<p>CORTOLIMA</p>	<p>Shape</p>
	<p>GMF_L_arc_ruiz</p>	<p>FNODE_ TNODE_ LPOLY_ RPOLY_ LENGTH GMF_L_ GMF_L_ID COD NMG (Vacio) Shape_Leng</p>	<p>Cuenca rio Gualí</p>	<p>1:25000</p>	<p>CORTOLIMA</p>	<p>Shape</p>

Dirección: Calle 57 No. 45-45 Of. 402 Barrio Nicolás de Federman Bogotá D.C. Colombia.

Contacto celular 3175024817-3112046943 E-mail interambientales.sa@gmail.com

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Río Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



	Ruiz_gramen_Cca_gualip	COD grado_amen Shape_Leng Shape_Area	Cuenca rio Gualí	1:25000	CORTOLIMA	Shape
	Ruiz_provol_Cca_Gualip	COD SYM proce_volc Shape_Leng Shape_Area	Cuenca rio Gualí	1:25000	CORTOLIMA	Shape
Limites	Cca_Guali_ASOCARS	Shape_Leng Shape_Area	Cuenca rio Gualí	1:25000	ASOCARS	Shape
	limitemuni_Cca	Nom_mpio Shape_Leng Shape_Area	Cuenca rio Gualí	1:25000	ASOCARS	Shape
	Veredal_cca_todos	nom_muni nom_vere Shape_Leng Shape_Area sector	Cuenca rio Gualí	1:25000	ASOCARS	Shape
índice Planchas (IGAC) escala 1:25000	207IA-207IB-207IIA-207IIB 207IC-207ID-207IIC-207IID 206IVA-206IVB-207IIIA-207IIIB 206IVC-206IVD-207IIIC-225IIA-225IIB	AREA PERIMETER PLANCHAS_ PLANCHAS_I PLANCHAS1 ORIGEN GAUSS CIENMILES	Cuenca rio Gualí	1:25000	IGAC	Shape

Dirección: Calle 57 No. 45-45 Of. 402 Barrio Nicolás de Federman Bogotá D.C. Colombia.

Contacto celular 3175024817-3112046943 E-mail interambientales.sa@gmail.com

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Río Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



<u>Índice planchas (IGAC) escala 1:100.000</u>	225- 206-207	AREA PERIMETER PLANCHAS_ PLANCHAS_I PLANCHAS1 ORIGEN GAUSS CIENMILES	Cuenca rio Gualí	1:100000	IGAC	Shape
<u>Predial</u>	HONDA- MARIQUITA-FALAN CASABIANCA- PALOCAVILDO- FRESNO-HERVEO	código vereda_id tipo_avalu condicion_ Reporte Shape_Leng Shape_Area	Cuenca rio Gualí	1:10000	IGAC	Shape
<u>Orografía</u>		CODIGO_NOM PROYECTO SYMBOL FECHA GLOBALID NOMBRE_GEO PK_CUE CODIGO_N_1 SCALE ANGLE	Cuenca rio Gualí	1:25000	CORTOLIMA	Shape

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Río Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



<u>Línea de Transmisión</u>		PROYECTO SYMBOL FECHA GLOBALID PK_CUE Shape_Leng	Cuenca rio Gualí	1:25000	CORTOLIMA	Shape
<u>Puentes</u>		FUNCION_PU PROYECTO SYMBOL FECHA ROTACION GLOBALID NOMBRE_GEO PK_CUE	Cuenca rio Gualí	1:25000	CORTOLIMA	Shape
<u>Torres</u>		FUNCION_PU PROYECTO SYMBOL FECHA ROTACION GLOBALID NOMBRE_GEO PK_CUE	Cuenca rio Gualí	1:25000	CORTOLIMA	Shape

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Río Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



Tabla 2. Cartografía base de la zona de estudio.

CARTOGRAFIA BASE						
NOMBRE	ALIAS	CONTENIDO	AREA	ESCALA	INSTITUCION	FORMATO
<u>Curvas zona</u>		ALTURA_SOB TIPO_CURVA SYMBOL ISVISIBLE GLOBALID Shape_Leng cota_lyt	Cuenca rio Gualí	1:25000	CORTOLIMA	Shape
<u>Cabeceras M/cipales</u>		AREA PERIMETER CPOB2003_ CPOB2003_I OBJECTID DPTO MPIO CLASE SET_R SEC_R C_POB SETRC_SECR SECRC_CP NOM_CPOB	Cuenca rio Gualí	1:25000	POTs	Shape

Dirección: Calle 57 No. 45-45 Of. 402 Barrio Nicolás de Federman Bogotá D.C. Colombia.

Contacto celular 3175024817-3112046943 E-mail interambientales.sa@gmail.com

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Río Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



CARTOGRAFIA BASE						
NOMBRE	ALIAS	CONTENIDO	AREA	ESCALA	INSTITUCION	FORMATO
<u>Islas</u>		PROYECTO SYMBOL FECHA GLOBALID NOMBRE_GEO PK_CUE Shape_Leng Shape_Area	Cuenca rio Gualí	1:25000	CORTOLIMA	Shape
<u>Drenajes Sencillos</u>		PROYECTO SYMBOL FECHA GLOBALID NOMBRE_GEO PK_CUE Shape_Leng	Cuenca rio Gualí	1:25000	CORTOLIMA	Shape
<u>Drenajes dobles</u>		PROYECTO SYMBOL FECHA GLOBALID NOMBRE_GEO PK_CUE Shape_Leng Shape_Area	Cuenca rio Gualí	1:25000	CORTOLIMA	Shape

Dirección: Calle 57 No. 45-45 Of. 402 Barrio Nicolás de Federman Bogotá D.C. Colombia.

Contacto celular 3175024817-3112046943 E-mail interambientales.sa@gmail.com

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Río Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



CARTOGRAFIA BASE						
NOMBRE	ALIAS	CONTENIDO	AREA	ESCALA	INSTITUCION	FORMATO
<u>Pantanos</u>		PROYECTO SYMBOL FECHA GLOBALID NOMBRE_GEO PK_CUE Shape_Leng Shape_Area	Cuenca rio Gualí	1:25000	CORTOLIMA	Shape
Lagunas		PROYECTO SYMBOL FECHA GLOBALID NOMBRE_GEO PK_CUE Shape_Leng Shape_Area	Cuenca rio Gualí	1:25000	CORTOLIMA	Shape
<u>Canal sencillo</u>		PROYECTO SYMBOL FECHA GLOBALID NOMBRE_GEO PK_CUE Shape_Leng	Cuenca rio Gualí	1:25000	CORTOLIMA	Shape

Dirección: Calle 57 No. 45-45 Of. 402 Barrio Nicolás de Federman Bogotá D.C. Colombia.

Contacto celular 3175024817-3112046943 E-mail interambientales.sa@gmail.com

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Río Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



CARTOGRAFIA BASE						
NOMBRE	ALIAS	CONTENIDO	AREA	ESCALA	INSTITUCION	FORMATO
<u>Vías</u>		TIPO_VIA ESTADO_SUP NUMERO_CAR ACCESIBILI PROYECTO SYMBOL FECHA GLOBALID NOMBRE_GEO PK_CUE Shape_Leng tipo_via_m	Cuenca rio Gualí	1:25000	CORTOLIMA	Shape

2.1.2 Imágenes de Satélite y Fotografías Aéreas.

Los sensores remotos hacen parte fundamental en la generación de cartografía, es así que en el desarrollo del proyecto se utiliza esta herramienta, tenemos dos imágenes de satélite y fotografías aéreas de la zona como son:

2.1.2.1 Imágenes de satélite.

- ✓ **RapidEye:** RapidEye AG es una compañía alemana proveedora de información geoespacial, especializada en la gestión de toma de decisiones mediante servicios basados en sus propias imágenes satelitales. La empresa posee una constelación de cinco satélites, diseñados y fabricados por McDonald Dettwiler (MDA) de Richmond, Canadá, que producen imágenes de una resolución espacial de 5 metros.

Para la zona de estudio tenemos tres (3) imágenes:

- 2010-01-04t161455_re4_1b-nac_4516252_96503
- 2010-01-17t160817_re3_1b-nac_4598530_97164
- 2010-02-01t162230_re3_1b-nac_4520421_96663

Figura 1. Especificaciones técnicas de las imágenes RapidEye.

Property	Value
<input type="checkbox"/> Spatial Reference	Transverse Mercator
Linear Unit	Meter (1,000000)
Angular Unit	Degree (0,017453292519943299)
False_Easting	1000000
False_Northing	1000000
Central_Meridian	-74,07750791666666
Scale_Factor	1
Latitude_Of_Origin	4,596200416666666
Datum	Sistema_de_Referencia_Geocentrico_para_America_del_Sur_1995

Property	Value
[-] Raster Information	
Columns and Rows	10722, 10786
Number of Bands	5
Cellsize (X, Y)	7, 7
Uncompressed Size	1,08 GB
Format	IMAGINE Image
Source Type	continuous
Pixel Type	unsigned integer
Pixel Depth	16 Bit
[-] Extent	
Top	1095727,5
Left	861189,5
Right	936243,5
Bottom	1020225,5

✓ **Spot:** Los satélites Spot (Sistema Probatorio de Observación de la Tierra o Satélite Para la Observación de la Tierra) son una serie de satélites de teledetección civiles de observación del suelo terrestre. Tiene una resolución de 10m, en este caso existen cinco imágenes de la zona de estudio.

- sinergy_644_340_050727_5m_b.img
- spot_644_340_050727_m_b.img
- spot_644_340_050727_pan_b.img

Figura 2. Especificaciones técnicas, de las imágenes RapidEye.

Property	Value
[-] Raster Information	
Columns and Rows	7321, 7226
Number of Bands	1
Cellsize (X, Y)	10, 10
Uncompressed Size	50,45 MB
Format	IMAGINE Image
Source Type	continuous
Pixel Type	unsigned integer
Pixel Depth	8 Bit

Property	Value
<input type="checkbox"/> Extent	
Top	1081954
Left	868683
Right	941893
Bottom	1009694

Property	Value
<input type="checkbox"/> Spatial Reference	Transverse Mercator
Linear Unit	Meter (1,000000)
Angular Unit	Degree (0,017453292519943299)
False_Easting	1000000
False_Northing	1000000
Central_Meridian	-74,07750791666668
Scale_Factor	1
Latitude_Of_Origin	4,596200416666668
Datum	D_SIRGAS

2.1.2.2 Fotografías Aéreas.

También se obtuvieron imágenes de fotografías aéreas referenciadas así:

Fotografías aéreas de las décadas de 1940 a 2000:

- 1940 - 1950 mariquita c232-35-41/s1142 (fotografía sobre el área de estudio)
- 1940 - 1950 mariquita c224-35-41/s1126 (fotografía sobre el área de estudio)
- 1940 - 1950 honda c84-33-40/s936 (fotografía sobre el área de estudio).

Fotografías aéreas de las décadas de 1950 a 1960:

- 1950 - 1960 mariquita c881-20-59/s21400 (fotografía sobre el área de estudio)

Fotografías aéreas de las décadas de 1960 a 1970:

- 1960 - 1970 mariquita c1121-22-64/s-22-567 (fotografía sobre el área de estudio)

- 1960 - 1970 honda c1273-105/s24549 (fotografía sobre el área de estudio)

 **Fotografías aéreas de las décadas de 1970 a 1980:**

- 1970 - 1980 mariquita c1699-2770/s28402 (fotografía sobre el área de estudio)

- 1970 - 1980 honda c693-1873/s3885 (fotografía sobre el área de estudio)

 **Fotografías aéreas de las décadas de 1980 a 1990:**

- 1980 - 1990 mariquita c2208-22-85/s3300-18 (fotografía sobre el área de estudio)

- 1980 - 1990 honda r801-29-81/s5087 (fotografía sobre el área de estudio)

 **Fotografías aéreas de las décadas de 1990 a 2000:**

- 1990 - 2000 honda t.e.s.1 (fotografía sobre el área de estudio)

Estas fotografías aéreas son herramienta fundamental en el análisis multitemporal del cauce para ver el comportamiento y tendencias de los mismos, así como la definición de las manchas geomorfológicas para las zonas urbanas de los municipios de Honda y San Sebastián de Mariquita en el departamento del Tolima.

En el Anexo1, se presenta la relación de imágenes (aerofotografías y sensores remotos) existentes en el área de estudio, describiéndose variables como: código y tipo de imagen, subtipo de imagen, tipo de sensor, cubrimiento municipal e información complementaria de las mismas.

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Rio Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



3 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y BATIMETRICO, EN LAS ZONAS URBANAS DE LOS MUNICIPIOS DE SAN SEBASTIÁN DE MARIQUITA Y HONDA.

3.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

3.1.1 Área de estudio

El área de estudio, donde se desarrollaron el conjunto de operaciones para confeccionar la correcta representación gráfica planimétrica, estuvo comprendida entre el Municipio de San Sebastián de Mariquita, iniciando específicamente en el barrio la Paz comprendiendo un trayecto de 2035 m hasta el barrio los Canelos, y en el municipio de Honda, se iniciaron mediciones desde el barrio Brisas del Gualí hasta su desembocadura al río Magdalena representando un trayecto de 5772 m.

Tabla 3. Geroreferenciación de los puntos iniciales y finales del trayecto donde se desarrolló la Topografía y Batimetría.

Trayecto Topografía, Zona Urbana Municipio de Honda			Trayecto Topografía, Zona Urbana Municipio San Sebastián de Mariquita		
Inicio	Norte	Este	Inicio	Norte	Este
Barrio brisas del Gualí	923956,69	1068889,21	Barrio La Paz	908577,92	1067215,52
final			final		
Desembocadura río Magdalena			Barrio Los Canelos	909726,69	1067198,8
Tramo 5772 m			Tramo 2035 m		

Figura 3. Localización del área de estudio donde se desarrolló el levantamiento topográfico.



3.1.2 Metodología

3.1.2.1 Consulta y análisis de la información existente

La Recolección de datos existentes tanto digitales como análogos (papel), se realizó en las entidades: Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), CORTOLIMA, POBT de los municipios San Sebastián de Mariquita y Honda. La información en general está a escala 1:25.000 y ajustada a los estándares IGAC.

3.1.2.2 Edición y consolidación de la cartografía existente de la zona de estudio.

Los parámetros que se tuvieron en cuenta al hacer el filtro para la consolidación de la información fueron:

- **Fuente:** la basada, obtenida o digitalizada con los estándares IGAC
- **Escala:** se concluye que la escala de captura más viables para el estudio es la 1:100.000, cabe anotar que existen escalas 1:500.000, 1:250.000, 1:100.000 y 1:25.000
- **Precisión:** La precisión es importante ya que ésta muestra sobre todo el mejor detalle en curvas de nivel, ya que me permite describir mejor el relieve así como mayor detalle en un mapa de pendientes.
- **Toponimia:** permite obtener con mayor detalle los nombres de los sitios de interés, nomenclatura vial, nombre de centros poblados, accidentes geográficos, orografía etc.

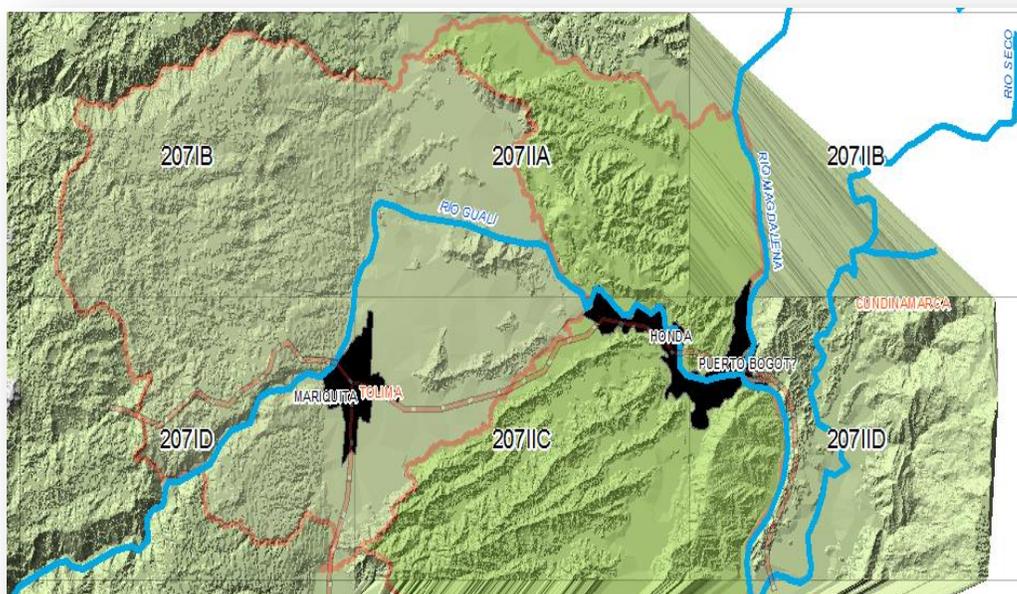
3.1.2.3 Estructuración, homologación y estandarización según IGAC de la información existente.

Las modernas tecnologías SIG, trabajan con información digital, para la cual existen varios métodos utilizados en la creación de datos digitales. El método más utilizado es la digitalización, donde a partir de un mapa impreso o con información tomada en campo, se transfiere a un medio digital por el empleo de un programa de Diseño Asistido por Ordenador (DAO o CAD), con capacidades de georreferenciación. Esta clase de software, está en el grupo de vectores, los cuales se caracterizan principalmente, por la precisión en la información.

3.1.2.4 Traslado de coordenadas de las placas IGAC en campo.

Mediante visita al Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) se localiza la planchas 1:25000 207IIA, 207IIB, 207IIC, 207IID, 207IB, 207ID, , que contienen la información y ubicación de las placas topográficas sobre las cuales se han de realizar el traslado de las coordenadas de los amarres topográficos a los puntos que limitan la cota máxima de inundación del rio Gualí.

Figura 4. Índice de planchas escala 1:25000 IGAC de la zona de estudio



Dirección: Calle 57 No. 45-45 Of. 402 Barrio Nicolás de Federman Bogotá D.C. Colombia.

Contacto celular 3175024817-3112046943 E-mail interambientales.sa@gmail.com

Una vez localizadas las placas en las planchas 1:25000 IGAC, se solicita la certificación ante la misma institución con el fin de adquirir la información básica de estas como son:

- Nombre y localización del sitio de la placa
- Coordenadas planas XY
- Cota sobre el nivel de mar y orientación con respecto al norte, Azimut.

Con el método de levantamiento topográfico de poligonal abierta se traza el eje que me incluyen las placas de referencia del IGAC y se van realizando los cálculos, para saber dónde se colocan las estacas que me indican la localización de los mojones, la placa de amarre de inicio es la localizada en el municipio de San Sebastián de mariquita. (Lat.: 04°04'47" y Long: 73°41'44").

Figura 5. Placa Geodésica IGAC.



Antes de presentar el desarrollo del trabajo, es necesario precisar algunos conceptos básicos de la Topografía, los cuales se definirán en esta sección.

❖ Levantamiento Topográfico.

Es el conjunto de operaciones que se necesita realizar para poder confeccionar una correcta representación gráfica planimétrica, o plano, de una extensión cualquiera de terreno, sin dejar de considerar las diferencias de cotas o desniveles que presente dicha extensión. Este plano es esencial para emplazar correctamente cualquier obra que se desee llevar a cabo, así como lo es para elaborar cualquier proyecto. Es primordial contar con una buena representación gráfica, que contemple tanto los aspectos altimétricos como planimétrico, para ubicar de buena forma un proyecto.

Para realizar un levantamiento topográfico se cuenta con varios instrumentos, como la estación total, trípode y prismas.

❖ Ángulos y direcciones:

- **Meridiano:** línea imaginaria o verdadera que se elige para referenciar las mediciones que se harán en terreno y los cálculos posteriores. Éste puede ser **supuesto**, si se elige arbitrariamente; **verdadero**, si coincide con la orientación Norte-Sur geográfica de la Tierra, o **magnético** si es paralelo a una aguja magnética libremente suspendida.
- **Azimut:** ángulo entre el meridiano y una línea, medido siempre en el sentido horario, ya sea desde el punto Sur o Norte del meridiano, estos pueden tener valores de entre 0 y 360 grados. Los azimutes se clasifican en verdaderos, supuestos y magnéticos, según sea el meridiano elegido como referencia. Los azimutes que se obtienen por medio de operaciones posteriores reciben el nombre de azimutes calculados.

❖ **Altura Instrumental:**

Distancia vertical que separa el eje óptico de la estación total de la estación sobre la cual está ubicado.

❖ **Estación:**

Punto del terreno sobre el cual se ubica el instrumento para realizar las mediciones y a la cual éstas están referidas.

❖ **Desnivel:**

Diferencia de cota o altura que separa a dos puntos.

❖ **Curva de nivel:**

Línea imaginaria que une en forma continua todos los puntos del terreno que poseen una misma cota, también se puede definir como la intersección de un plano horizontal imaginario, de cota definida, con el terreno.

❖ **Nivelación:**

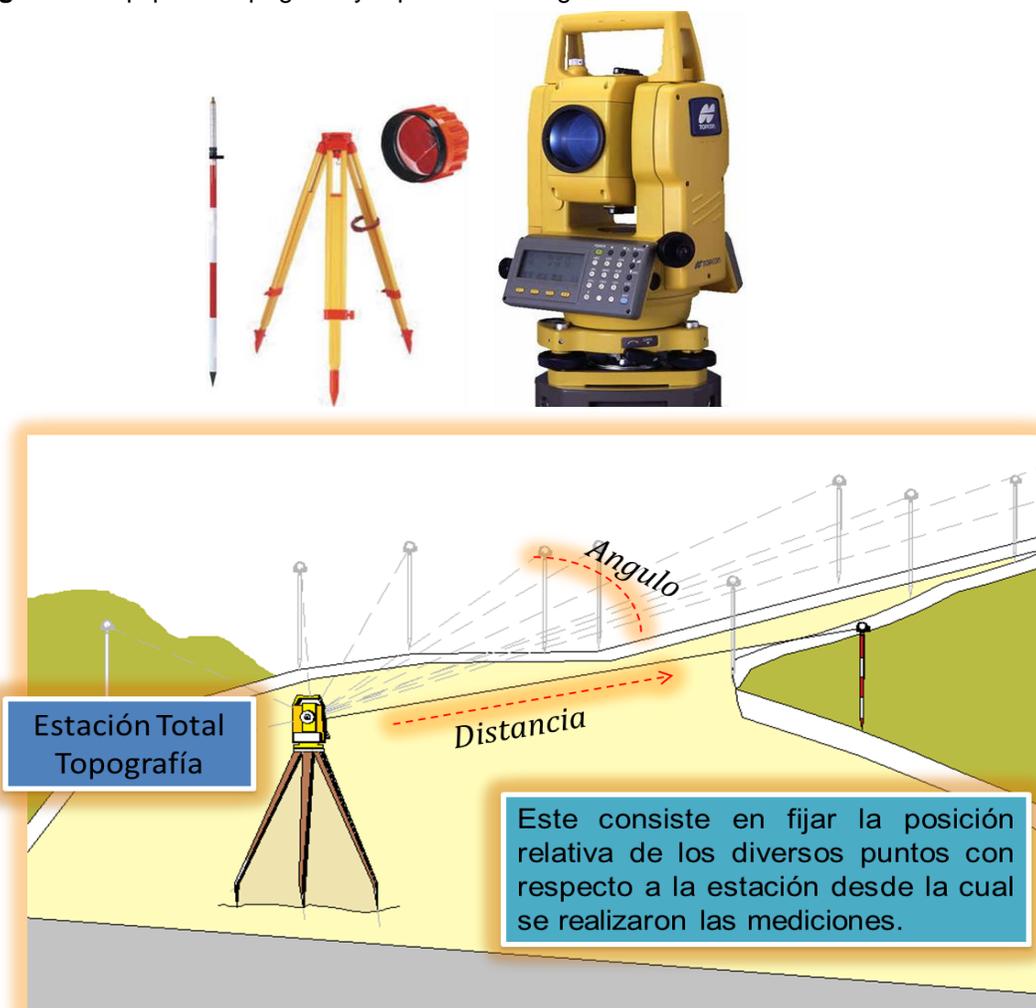
Se denomina **nivelación** al conjunto de operaciones que tienden a determinar las diferencias de altura del lugar físico que se desee estudiar; este lugar puede ser tanto un área, un recorrido rectilíneo o curvo, como un número determinado de puntos específicos.

3.1.2.5 Levantamiento Topográfico por el Método de Radiación.

El método utilizado para realizar el levantamiento topográfico en el área de estudio, fue el método de radiación, el cual es un método Topográfico que permite determinar coordenadas (X, Y, Z), desde un punto fijo llamado polo de radiación. Una vez que se fijó la estación Topcon, se utilizó el método de radiación para establecer las posiciones de los diversos puntos representativos del terreno. Este consiste en fijar la posición relativa de los diversos puntos con respecto a la estación desde la cual se realizaron las mediciones.

Figura 6

Figura 6. Equipo de topografía y representación gráfica del método de radiación.



Los siguientes fueron los pasos a seguir, para el desarrollo del levantamiento de información:

- i)** Se instala la estación total en el delta.
- ii)** Se fija en la estación total el cero del ángulo horizontal y se hace coincidir con alguna de las otras estaciones, quedando como eje de referencia la línea formada por ambas estaciones.
- iii)** Se procede a realizar las diversas lecturas (ángulo vertical, ángulo horizontal, distancia) a los diversos puntos.
- iv)** Se calcula DX y DY con respecto a la estación.

Se calcula las coordenadas norte este de los puntos como sigue:

$$N = N \text{ estación} + DY$$

$$E = E \text{ estación} + DX$$

Una vez obtenidas las coordenadas de los puntos se procede a dibujarlos para obtener la representación planimétrica del terreno. Todo lo referente al cálculo de las cotas de los puntos se realiza de la siguiente forma.

Para un punto radiado desde la estación n se calcula la cota de la siguiente forma.

$$\text{Cpto} = \text{CEn} + \text{HI} - \text{hm} + \text{DV}$$

Los datos de campo, fueron consignados en la memoria del equipo, para posteriormente ser bajados al computador y seguido a esta actividad, dibujar el respectivo plano.

En el anexo 2, se adjunta la cartera de campo, cinco (5) Mapas a escala 1:5.000 del levantamiento Topográfico realizado en las zonas urbanas de los municipios de San Sebastián de Mariquita y Honda y un Mapa general de la zona.

3.2 LEVANTAMIENTO BATIMÉTRICO.

3.2.1 Área de Estudio

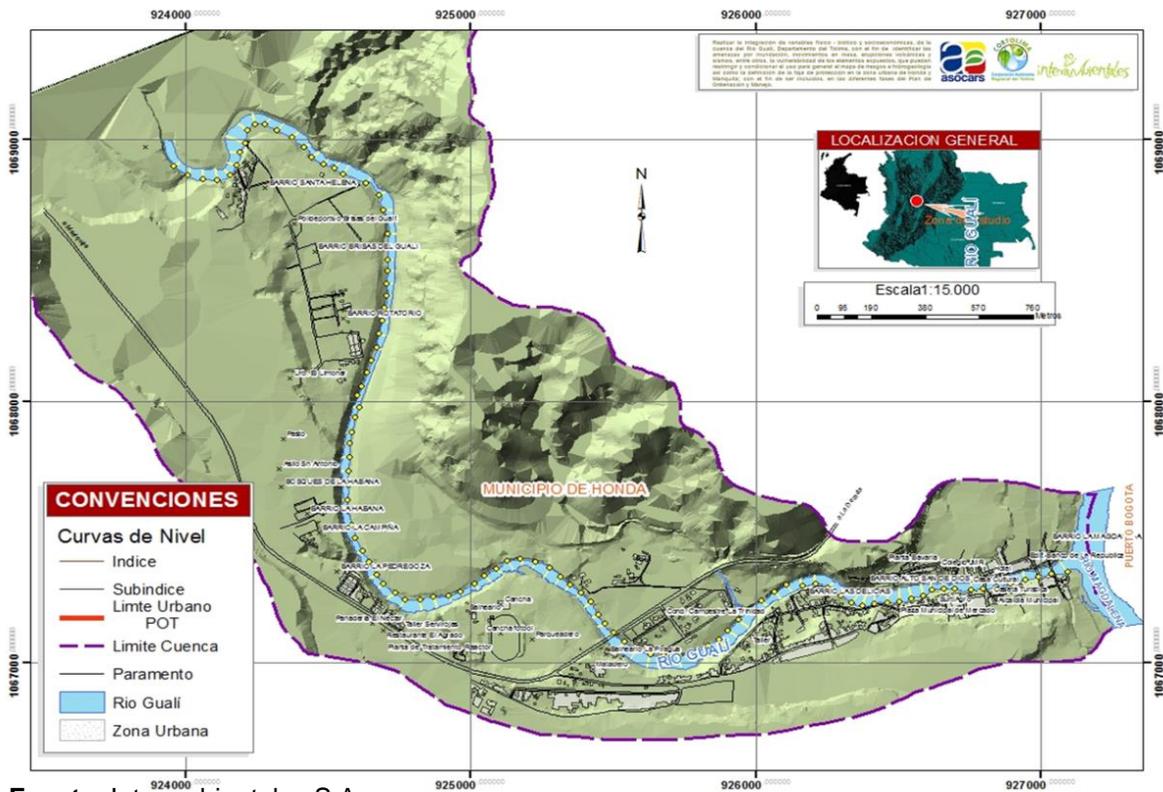
El área de estudio, donde se realizó la batimetría, estuvo comprendida entre el Municipio de San Sebastián de Mariquita, iniciando específicamente en el barrio la Paz comprendiendo un trayecto de 2035 m hasta el barrio los Canelos, y en el municipio de Honda, se iniciaron mediciones desde el barrio Brisas del Gualí hasta su desembocadura al río Magdalena representando un trayecto de 5772 m, con el objetivo de describir el relieve del lecho del río Gualí, en las zonas urbanas de los municipios en mención, para establecer la Cota Máxima de Inundación de ésta corriente hídrica.

Tabla 4. Geroreferenciación de los puntos iniciales y finales del trayecto donde se desarrolló la Batimetría.

Trayecto Batimetría, Zona Urbana Municipio de Honda			Trayecto Batimetría, Zona Urbana Municipio San Sebastián de Mariquita		
Inicio	Norte	Este	Inicio	Norte	Este
Barrio brisas del Gualí	923956,69	1068889,21	Barrio La Paz	908577,92	1067215,52
final			final		
Desembocadura río Magdalena			Barrio Los Canelos	909726,69	1067198,8
Tramo 5772 m			Tramo 2035 m		

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Rio Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.

Figura 7. Secciones transversales sobre el Rio Gualí.



Fuente: Interambientales S.A

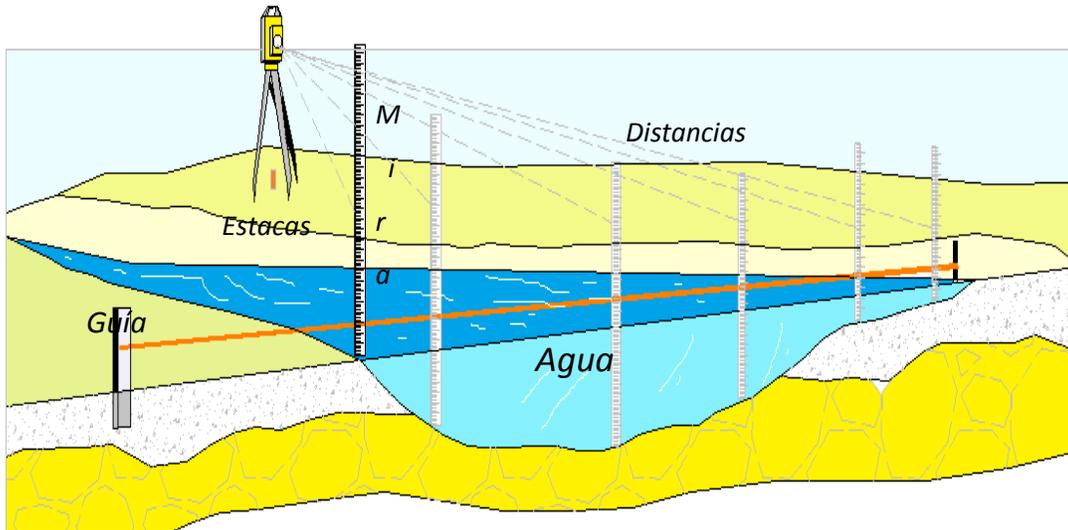
3.2.2 Metodología

La realización del trabajo de batimetría requirió de la recogida de datos (X.Y, Z) en el área de estudio, para lo cual se seleccionó como sistema de referencia, la cartografía del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC.

La batimetría, se llevó a cabo en secciones transversales cada 50m, realizando mediciones a las variables profundidad y ancho de la corriente, en intervalos de aproximadamente 2 m en las transversales. Los instrumentos de medición fueron: Estación Total Topcon C3000, Trípode, Plomada, Cinta métrica, Mira y guía de 60 m y Ecosonda digital marca Furano. Los datos de campo, fueron consignados en

la memoria del equipo, para posteriormente ser bajados al PC y seguido a esta actividad, dibujar el respectivo plano.

Figura 8. Representación de la batimetría realizada en el área de estudio.

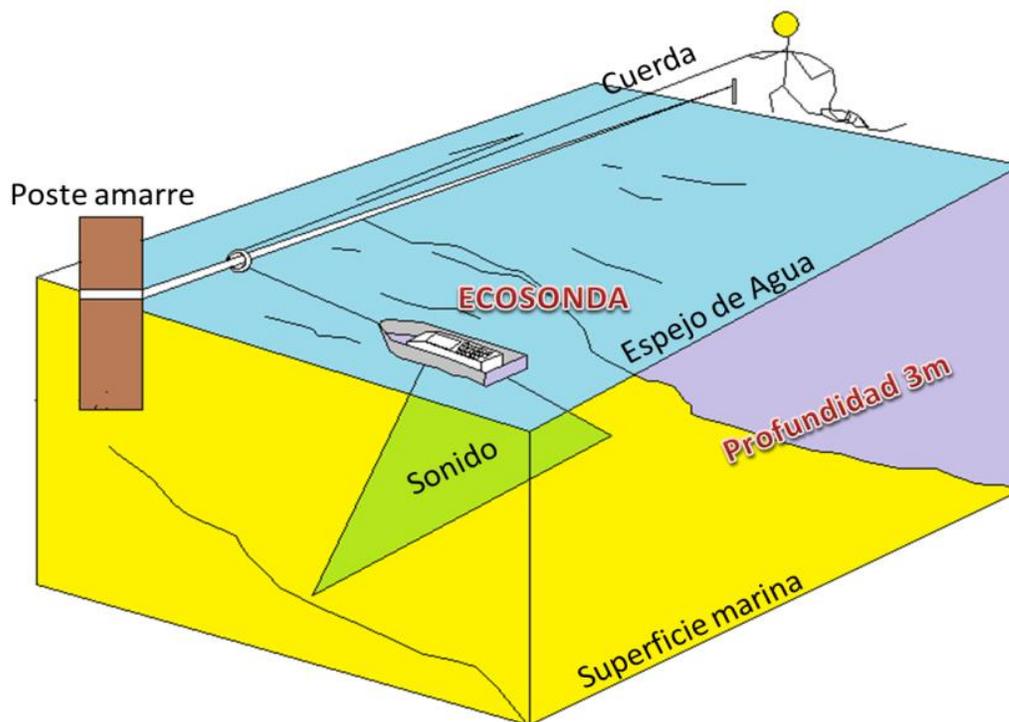


Fuente: Interambientales S.A

El empleo de la ecosonda para la elaboración de batimetrías se ha convertido en la más desarrollada y exacta tecnología actual. Dicho sistema, que permite cumplir las normas estándar de la Organización Hidrográfica Internacional (OHI), proporciona un conocimiento preciso y completo de la profundidad y morfología de los fondos marinos.

Este sistema trata de un conjunto de sondas que emiten varios haces angostos de sonido en diferentes direcciones, ordenados en forma de abanico que barren transversalmente en el sentido que avanza el flotador, a una determinada frecuencia, cubriendo así una mayor zona y posibilitando la corrección de errores mediante la interpolación de los resultados obtenidos.

Figura 9. Representación del uso de la ecosonda para la realización de la Batimetría.



FUENTE: INTERAMBIENTALES S.A

La ecosonda se utiliza en aguas internas con profundidades mayores a 3m como es el caso de la sección del río Guali en la desemboca al río Magdalena (municipio de Honda), donde se justificaba técnicamente tomar la lectura con ECOSONDA.

La batimetría se realizó con estación total dada la profundidad del río (no supera los tres metros), no se utilizó la ecosonda en la mayoría del río ya que por ser tan caudaloso no permite tener precisión en las lecturas, recordemos la ecosonda trabaja con haces de sonido que van y vuelven y el mismo río es una fuente considerable de sonido.

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Rio Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



4 ANÁLISIS MULTITEMPORAL, DEL COMPORTAMIENTO Y DINÁMICA DEL CAUCE DEL RIO GUALÍ, EN LAS ZONAS URBANAS DE LOS MUNICIPIOS DE SAN SEBASTIÁN DE MARIQUITA Y HONDA, PARA DETERMINAR LA GEOMORFOLOGIA DEL MISMO.

4.1 ANALISIS MULTITEMPORAL DEL CAUCE DEL RIO GUALÍ.

Para que un río se comporte en forma estable o inestable, normalmente intervienen una serie de factores. Entre los factores hidrogeomorfológicos que se destacan, están las características hidráulicas propias del río (sedimentos, pendientes, secciones y caudales, entre otros) y el comportamiento hidrológico de la cuenca de aporte. Además, y de manera determinante, para que se produzca la inestabilización de los cauces, intervienen factores que tienen que ver con el grado de afectación antrópica que ha sufrido la cuenca de aporte y el tramo del río en análisis.

Considerando que hoy día se tiene la disponibilidad de recursos importantes como técnicas de percepción remota (aerofotografías digitalizadas), con las cuales se puede evaluar la movilidad del canal a lo largo de la historia y analizar el comportamiento y dinámica que este ha venido presentado en periodos de tiempo considerables. El análisis multitemporal de aerofotografías, es una herramienta importante para monitorear los cambios, en los cauces y zonas aledañas a las corrientes hídricas, dando una visión objetiva en la toma de decisiones en el momento de realizar proyectos sostenibles para conservar los recursos naturales.

En este orden de ideas, mediante el análisis temporal de las aerofotografías del área de estudio, que se presentan en éste informe, se pretende evidenciar el comportamiento histórico del río Gualí, para establecer cambios de curso, sinuosidad, configuración y apariencia general del río.

4.2 METODOLOGIA

El análisis multitemporal en las zonas urbanas de los municipios de San Sebastián de Marquita y Honda, se realizó a partir de la interpretación de aerofotografías del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), a la fecha de entrega del presente informe, se desarrollaron las dos primeras etapas del proceso que se describe a continuación.

4.2.1 Identificación de Aerofotografías de interés.

El material fotográfico utilizado para la generación de mosaicos aerofotográficos en las zonas de estudio, corresponden a imágenes tomadas en diferentes vuelos y años por el IGAC, las cuales presentan las siguientes características:

- ✓ **Tipo de Imagen:** Fotografía Aérea.
- ✓ **Subtipo de Imagen:** Digitalizada
- ✓ **Tipo de Sensor:** Leica Wild RC-30
- ✓ **Cubrimiento Municipal:** Las fotografías aéreas utilizadas, cubren parcialmente los Municipios de San Sebastián de Mariquita y Honda, en el departamento del Tolima.

Se seleccionaron fotografías de vuelos sobre las zonas urbanas, de las cabeceras Municipales de San Sebastián de Mariquita y Honda, de los años 1995, 1998, 2003, 2004, 2008 y 2011, con el fin de realizar el análisis multitemporal. Se tuvo en cuenta para la selección de las aerofotografías la escala aproximada de toma; fueron escogidos aquellos vuelos que presentaban una escala que permitieran superponer la cartografía del IGAC con las aerofotografías ya georeferenciadas. Finalmente, las aerofotografías seleccionadas tienen un cubrimiento aproximado del 80% de la zona de estudio, en el caso más extremo.

4.2.2 Georreferenciación de las imágenes digitalizadas (escaneadas).

La georeferenciación es el proceso mediante el cual se le asignan coordenadas Planas (Magna Sirgas) a las aerofotografías de interés, ajustándolas a un sistema de referencia igual al del mapa base utilizado para este fin (Magna Sirgas), en el presente estudio, se considera, el producto del levantamiento topográfico realizado en las zonas urbanas de los municipios de San Sebastián de Mariquita y Honda, a escala 1:2.000.

Este procedimiento se llevó a cabo con el programa ERDAS Imagine, versión 9.2 mediante los siguientes pasos:

- 1) Conversión digital de los formatos de las aerofotografías de formato JPG a formato IMG, para su visualización en el programa ERDAS Imagine.
- 2) Conversión de la cartografía base, ARGIS (Shape), a formato tipo OVR, en el cual visualiza ERDAS.
- 3) Visualización de las aerofotografías en formato digital (Raster) y del mapa de referencia (mapa o imagen georeferenciada) para efectuar la georeferenciación de las imágenes, mediante la selección de puntos de control. Estos puntos son comunes tanto en la imagen a georeferenciar como en el mapa base y deben ser situados en lugares fácilmente identificables tales como: lugares sobresalientes de la topografía, cruces de calles o caminos, esquinas de manzanas, etcétera; distribuidos uniformemente en toda la imagen. Se debe seleccionar una ecuación de ajuste polinomial, que determine el número de puntos de control que se debe tomar. En este caso se utilizó un ajuste polinomial de 2º orden, el cual requiere como mínimo seis puntos de control por imagen. El error medio

cuadrático (RMS) de ajuste para los puntos de control aceptado en este caso fue inferior a los 0.5.

- 4) Selección del sistema de geroreferenciación, Magna Sirgas.

- 5) Terminada la geroreferenciación de las aerofotografías se procedió a la generación de los mosaicos del Cauce del rio Gualí en su paso, por las zonas urbanas de los municipio de San Sebastián de Mariquita y Honda, , con el fin de tener una visión general del área que, permitiera analizar las características sobresalientes en los diferentes años. Para la elaboración de los mosaicos fotográficos, las imágenes deben ser georeferenciada en el mismo sistema de coordenadas y el vuelo al que pertenecen tener un cubrimiento continuo del área de interés. El programa utilizado para este proceso, fue el ERDAS, puesto que, ofrece diferentes herramientas para sobreponer, interceptar y cortar las áreas de traslape; igualmente, permite realizar balance de colores que hacen menos notorios los contrastes entre fotografías empalmadas.

En la Figura 10, se presenta un mosaico fotográfico realizado a partir del análisis de aerofotografías del periodo comprendido entre los años 2008-2011, realizado durante el proceso de análisis del comportamiento del cauce, para este caso en la zona urbana del municipio de Honda.

Figura 10. Mosaico de aerofotografías del periodo comprendido entre 2008-2011, en el casco urbano del municipio de Honda.



4.2.3 Fotointerpretación.

El desarrollo de esta fase, permitió evidenciar el comportamiento histórico del cauce del río Gualí, a su paso por las zonas urbanas de los municipios de San Sebastián de Mariquita y Honda respectivamente, para realizar un análisis temporal y así poder determinar la dinámica del cauce y sus tendencias. A continuación, se presentan imágenes comparativas del cauce del río Gualí presentadas en la actualidad y en los años 1940, 1950, 1985 y 2013, en las zonas urbanas de los municipios de Honda y San Sebastián de Mariquita.

Figura 11. Comparación del cauce actual y cauce del rio en el año de 1940, en la zona urbana del municipio de Honda.

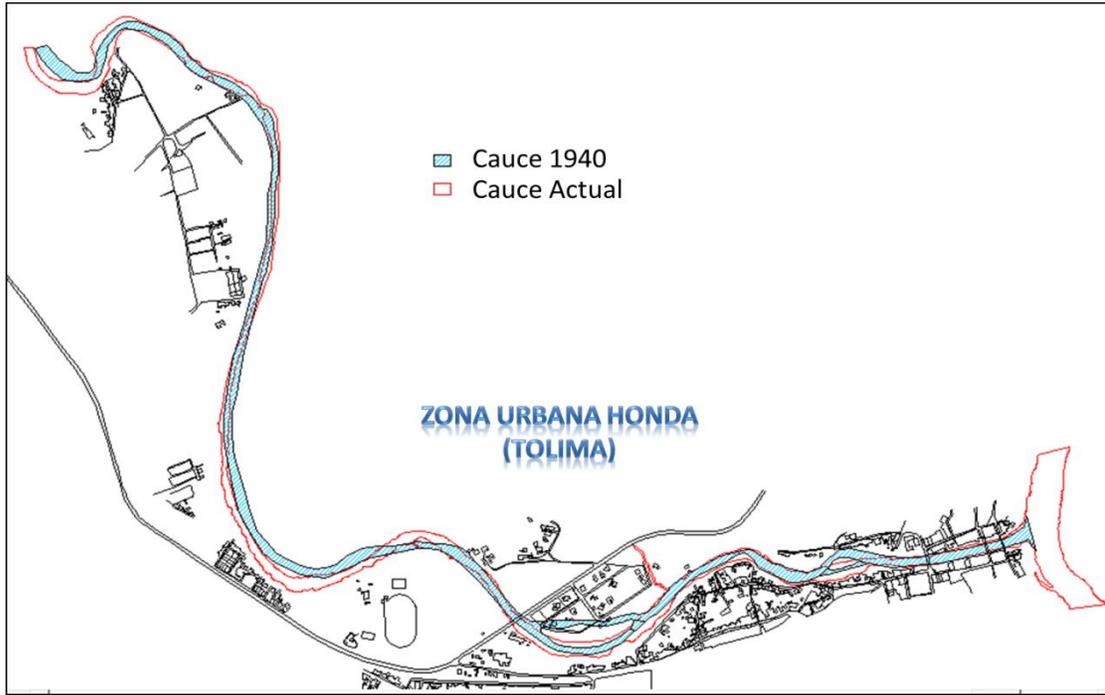
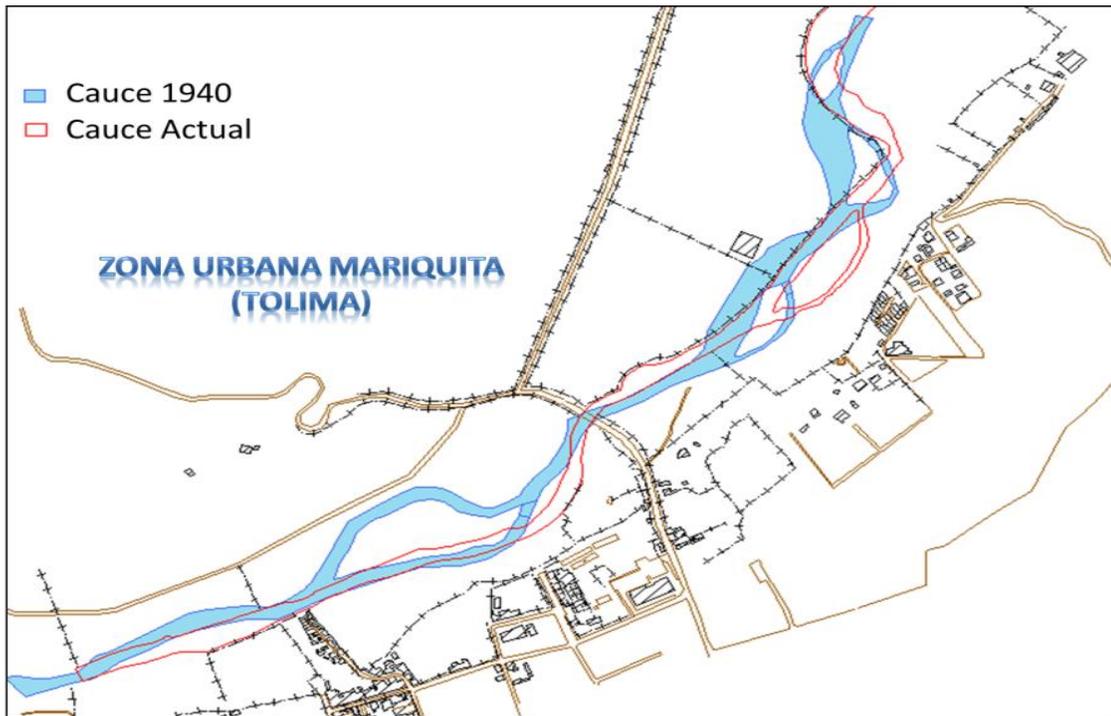


Figura 12. Cauce actual y cauce del rio en el año de 1940, en la zona urbana del municipio San Sebastián de Mariquita.



Dirección: Calle 57 No. 45-45 Of. 402 Barrio Nicolás de Federman Bogotá D.C. Colombia.

Contacto celular 3175024817-3112046943 E-mail interambientales.sa@gmail.com

Figura 13. Cauce actual y cauce del rio Gualí en el año de 1950, en la zona urbana del municipio de Honda.

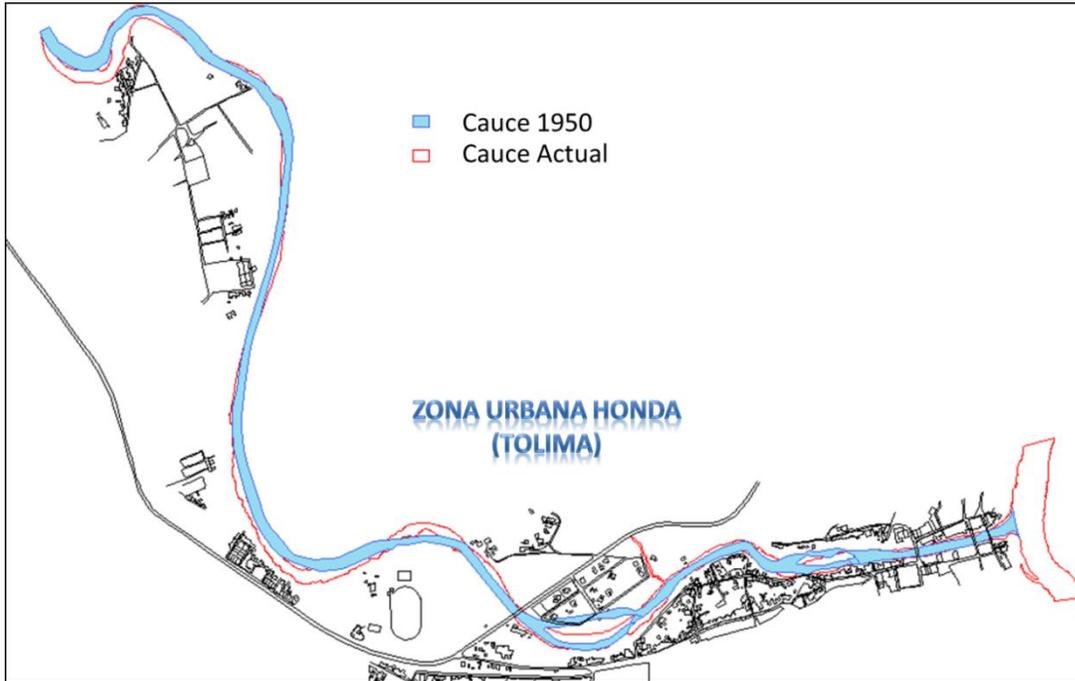


Figura 14. Cauce actual y cauce del rio Gualí en el año de 1950, en la zona urbana del municipio de San Sebastián de Mariquita.

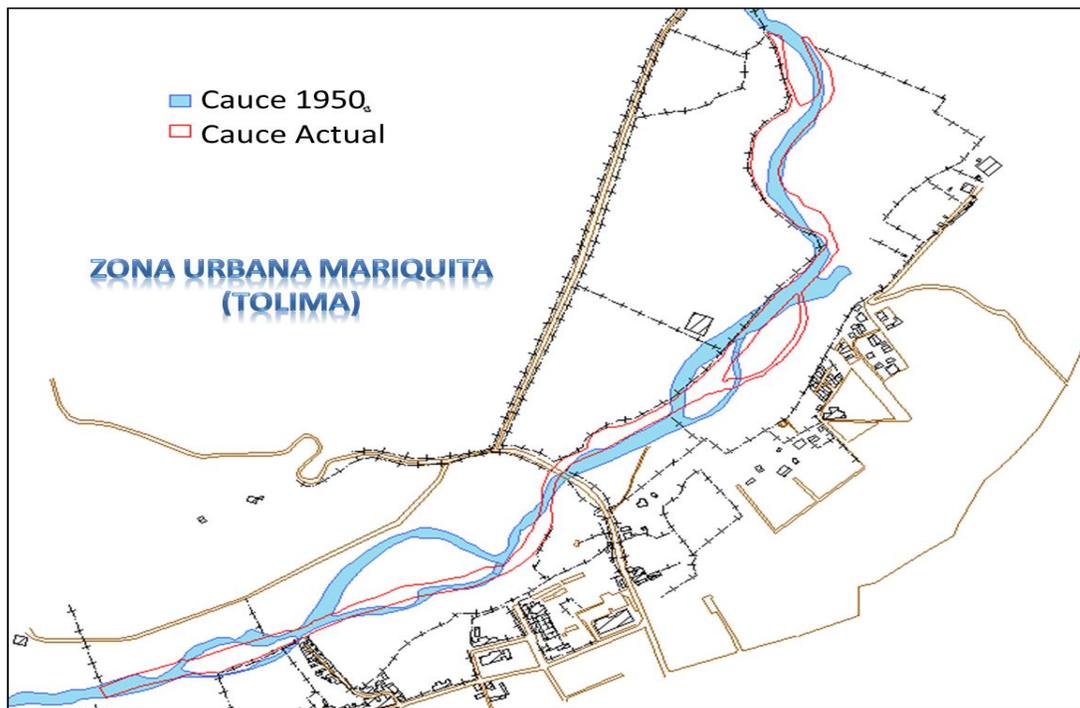


Figura 15. Cauce actual y cauce del rio Gualí en el año de 1985, en la zona urbana del municipio de San Sebastián de Mariquita.

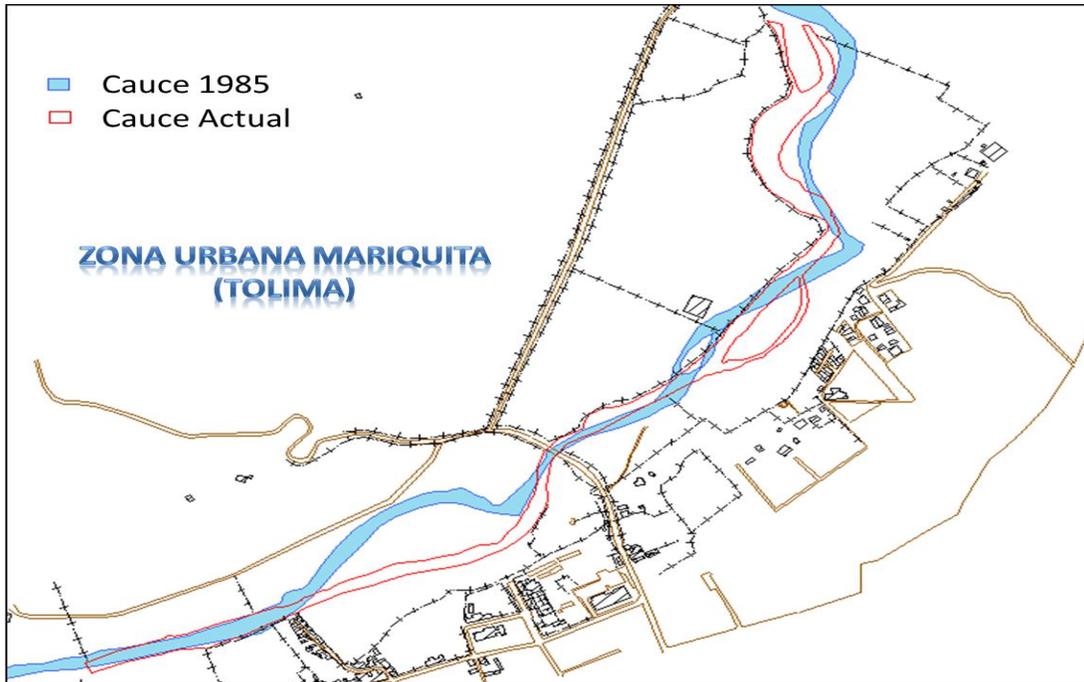


Figura 16. Cauce actual del rio Gualí, en la zona urbana del municipio de San Sebastián de Mariquita.

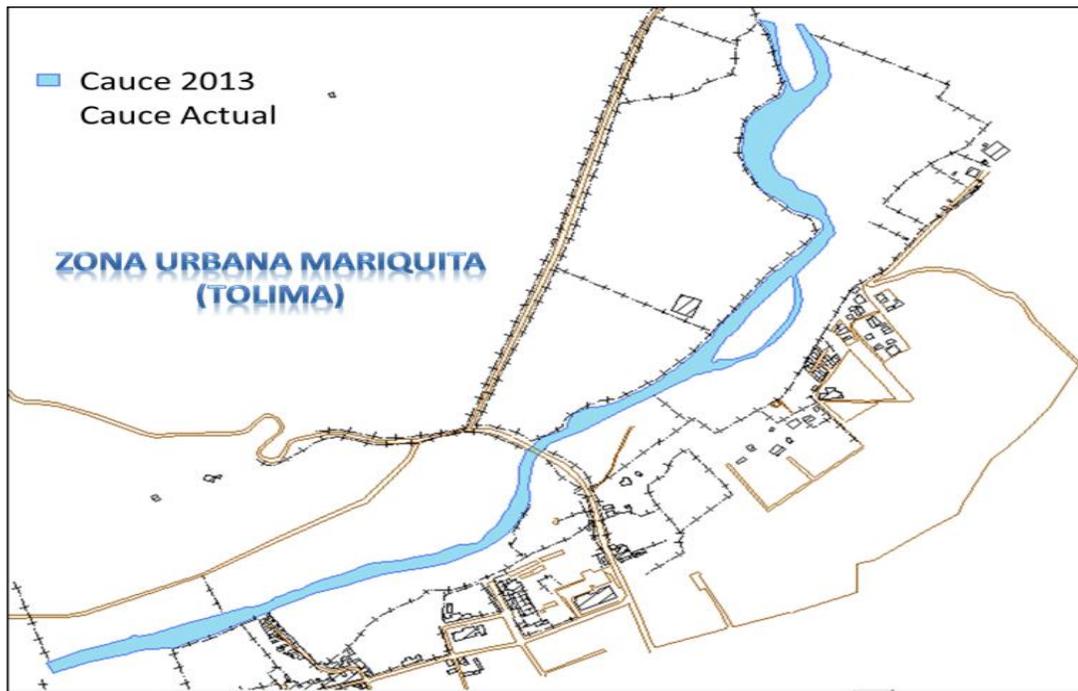
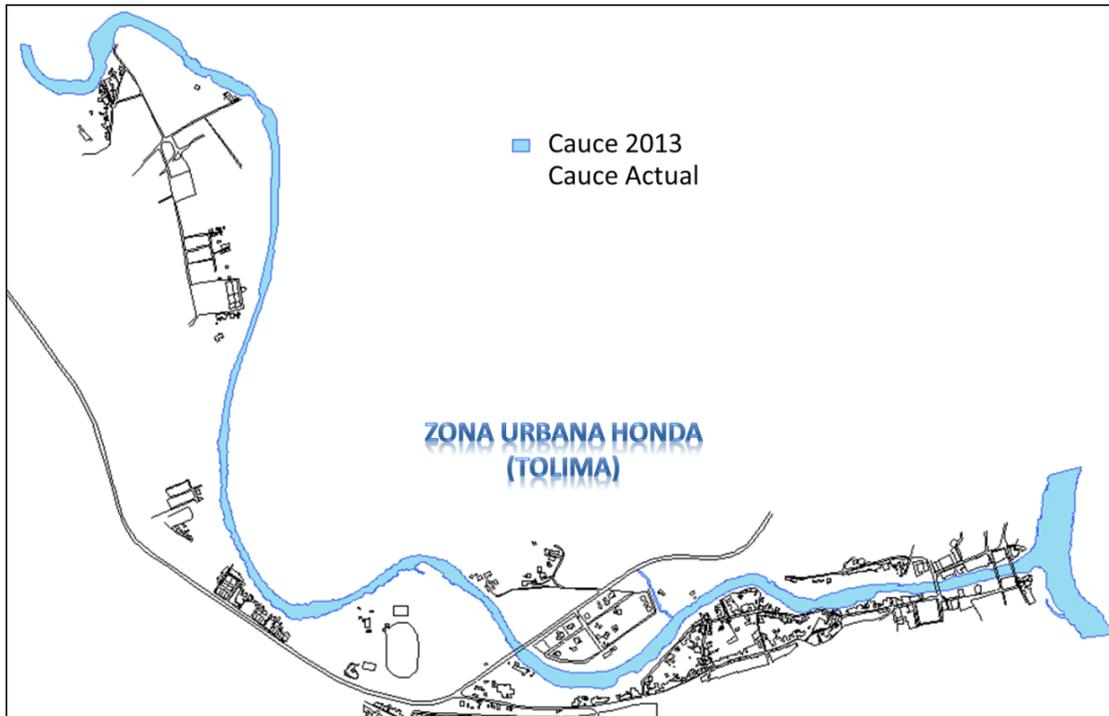


Figura 17. Cauce actual del río Gualí, en la zona urbana del municipio de Honda.



4.3 ANALISIS MULTITEMPORAL

A partir del análisis multitemporal del cauce del río Gualí, a su paso por las zonas urbanas de los municipios de Honda y San Sebastián de Mariquita, se pueden identificar la siguiente clasificación para esta corriente hídrica:

➤ **Según Su edad:**

Se puede establecer, que es un río joven, cuyas características principales son que se encuentra en cauce de montaña, pendientes altas y sus secciones transversales son tipo "V" es un río muy irregular y está siempre en proceso de degradación.

➤ **Por condición de estabilidad:**

Este río presenta una estabilidad ***dinámica***, con variaciones de la corriente, los materiales de las orillas y los sedimentos transportados han formado una pendiente y una sección que no cambian apreciablemente año con año. En esta condición el río sufre desplazamientos laterales continuos en las curvas, con erosiones en las márgenes exteriores y depósitos de sedimentos en las interiores.

➤ **Según grado de libertad:**

Este río se clasifica en tres grado de libertad, ya que el tirante y la pendiente alteran las márgenes y además se ajusta al ancho.

➤ **Por geometría:**

Este río se establece como meándrico ya que su sinuosidad supera el 1.5, entendida la sinuosidad como la relación entre la distancia en línea recta entre los dos puntos, y la longitud medida en el cauce del río. La sinuosidad es de 1.55, este cauce presenta erosión en las márgenes exteriores de las curvas, principalmente en los tramos aguas abajo. Su cauce podría clasificarse como curvas superficiales ya que cambia en el transcurso del tiempo.

En el anexo 3, se adjunta en formato digital cuarenta (40) aerofotografías georreferenciadas en el Sistema Magna Sirgas, para establecer faja de inundación geomorfológica del río Gualí, así como el análisis multitemporal para caracterizar y analizar el comportamiento de esta corriente hídrica.

5 DEFINICIÓN DE LA FAJA DE PROTECCIÓN DEL RIO GUALÍ, EN LA ZONA URBANA DE LOS MUNICIPIOS DE HONDA Y SAN SEBASTIÁN DE MARIQUITA, DEPARTAMENTO DEL TOLIMA. (ANÁLISIS HIDROLÓGICO, CLIMATOLÓGICO E HIDRAÚLICO).

5.1 MARCO TEÓRICO

5.1.1 Inundación

Una inundación se define como una “sumersión temporal de terrenos normalmente secos, como consecuencia de la aportación inusual y más o menos repentina de una cantidad de agua superior a la que es habitual en una zona determinada” (Aldana Valverde, 2006). Es así como dicho evento puede causar daños tales como: pérdida de vidas humanas, animales, anegamiento de cultivos y destrucción de infraestructura.

Dado lo anterior, la acción de las entidades encargadas de la atención y la prevención de desastres debe encaminarse hacia una adecuada gestión del riesgo relacionado con las inundaciones, tratando de minimizarlo y manejar sus consecuencias. Para ello a nivel mundial se han desarrollado en general tres grupos clásicos de medidas para la gestión del riesgo: medidas predictivas, preventivas y correctivas (Instituto Geológico y Minero de España, 2008).

Todas las medidas, particularmente las preventivas de tipo no estructural, precisan como paso previo y fundamento de la gestión la realización de un análisis de riesgo de inundaciones, lo que supone el estudio pormenorizado de los elementos de riesgo (Instituto Geológico y Minero de España, 2008), lo cual incluye la realización de modelos de tipo hidrológico e hidráulico con el fin de determinar el comportamiento de las corrientes frente a eventos de aumento del caudal y su posterior mapificación, para determinar principalmente las zonas que van a ser anegadas por dicho evento.

5.1.2 Análisis de amenaza por inundaciones

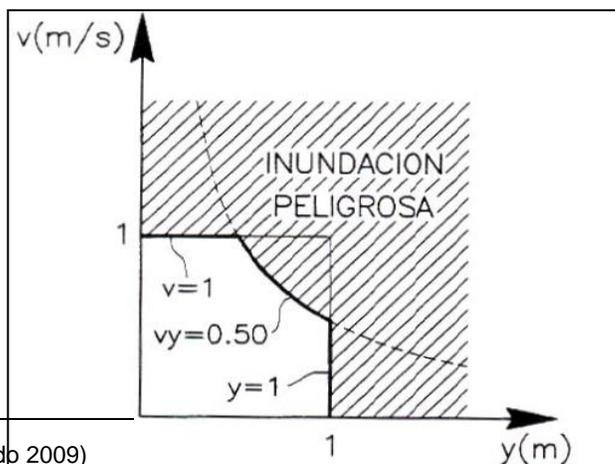
Tal como se planteó en el numeral anterior una inundación genera un inminente riesgo para cualquier sistema expuesto, ya sea éste una población o terrenos cultivados y es por tanto que debe realizarse un análisis de amenaza, lo cual incluye evaluar variables representativas de una inundación tales como: altura de la lámina de agua, velocidad del flujo de agua, tiempo de permanencia de la inundación y aportación de material sólido por efecto de la misma.

Algunos de los criterios que se han tenido en cuenta para realizar un análisis de inundaciones son los propuestos por la American Society of Civil Engineering (ASCE) los cuales se resumen en la Tabla 5 y Figura 18.

Figura 18. Criterios para definir la amenaza de una inundación

AFECTACIÓN	CRITERIO		
	ALTURA (m)	VELOCIDAD (m/s)	ALTURA (m)*VELOCIDAD (m/s)
Vidas humanas	>1	>1	>0.7
Edificios y estructuras	>3.6	--	>6

Tabla 5. Amenaza en términos de profundidad y velocidad del flujo¹



¹ Fuente: (Díaz, Granado 2009)

Tal como se puede apreciar cuando la altura de la lámina de agua supera 1.0 m de profundidad y/o la velocidad es mayor a 1.0 m/s, el evento de inundación se clasifica como peligroso.

Con el fin de determinar los parámetros mencionados anteriormente, a nivel mundial se han empleado de forma combinada y complementaria diferentes métodos para el análisis de inundaciones, que a grandes rasgos pueden agruparse en: métodos históricos y paleohidrológicos, métodos geológicos y geomorfológicos y métodos hidrológicos e hidráulicos (Instituto Geológico y Minero de España, 2008). Figura 19

Figura 19. Cuadro sinóptico de los principales métodos para el análisis de inundaciones



5.1.3 Métodos hidrológicos e hidráulicos

Con los métodos hidrológicos e hidráulicos lo que se pretende es estimar los caudales generados en una cuenca o corriente con el fin de ser transitados sobre

el cauce de interés y así poder determinar las velocidades y las alturas de la lámina de agua.

Los métodos hidrológicos pueden partir de datos de caudales, aplicando análisis estadístico de los valores máximos, o de los datos de precipitación, mediante modelos hidrometeorológicos de transformación lluvia-escorrentía basados en fórmulas y métodos como el racional, hidrograma unitario, Precipitación Máxima Probable (PMP), onda cinemática entre otros (Instituto Geológico y Minero de España, 2008).

Los métodos hidráulicos parten de diferentes aproximaciones al flujo de agua en la naturaleza (unifásico, bifásico, unidimensional, bidimensional, tridimensional, permanente, no permanente), que simplifican las ecuaciones físicas que lo modelan, cuya resolución permite estimar parámetros tales como profundidad, velocidad y energía (Instituto Geológico y Minero de España, 2008).

5.2 TÉCNICAS DE MODELACIÓN HIDRÁULICA DE INUNDACIONES

La primera decisión que se debe tomar cuando se pretende desarrollar un modelo hidráulico de inundaciones es el tipo de modelo a utilizar, para lo cual existen diferentes tipos de modelos según la complejidad espacial de las ecuaciones que soluciona el mismo: unidimensionales, bidimensionales y tridimensionales (1D, 2D, 3D).

Para la solución de dichos modelos existen diferentes programas computacionales, tanto de distribución gratuita como comerciales. Luego de seleccionar el tipo de modelo y el programa computacional a utilizar, el modelador necesita decidir la esquematización del modelo (por ejemplo resolución y esquematización de las edificaciones y otras características tales como puentes,

etc.) y los procesos tenidos en cuenta (afectación de los vientos, evaporación, etc.).

En la Tabla 6, se presenta una variedad de modelos disponibles para realizar la modelación de inundaciones. Dicha tabla presenta claramente cada una de las características que deben ser tenidas en cuenta para la selección apropiada de un modelo hidráulico en particular, tales como la escala del problema, los recursos computacionales disponibles y las necesidades del usuario.

Tal como se observa en la Tabla 6, los modelos hidráulicos para canales compuestos se dividen en clases de acuerdo a la dimensionalidad de los procesos representados y la adición u omisión de otros procesos del flujo.

Tabla 6. Descripción general de los tipos de modelos hidráulicos existente²

MÉTODO	DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN	EJEMPLO DE MODELOS	DATOS DE ENTRADA	DATOS DE SALIDA	TIEMPO COMPUTACIONAL (AÑO 2006)
0D	No es físicamente basado	Evalúa la extensión de la inundación y las profundidades de inundación	AgcGIS Delta mapper	MDE (DEM) Altura de lámina de agua arriba Altura de lámina de agua abajo	Extensión de la inundación y profundidad del agua a través de la intersección entre la lámina de agua y el MDE.	Segundos
1D	Soluciona las ecuaciones de Saint Venant 1D	Diseño a escala del modelo, la cual puede ser del orden de 10s a 100s de km dependiendo del tamaño de la cuenca	Mike 11 HEC-RAS SOBEK-CF Infoworks RS (ISIS)	Secciones transversales del cauce ppal y la llanura de inundación. Hidrogramas de caudal aguas arriba. Hidrógrafas de altura aguas abajo.	Profundidad del agua y velocidad media en cada sección transversal. Extensión de la inundación por la intersección de la profundidad del agua simulada con el MDE. Hidrograma de salida aguas abajo.	Minutos
1D+	Enfoque 1D+ con celdas de almacenamiento para la simulación del flujo en las llanuras inundación	El diseño de la escala del modelo puede ser del orden de 10s a 100s de km dependiendo del tamaño de la cuenca, con potencial de aplicación en escalas mayores si se utilizan datos escasos de secciones transversales	Mike 11 HEC-RAS SOBEK-CF Infoworks RS (ISIS)	Igual a los modelos 1D	Igual a los modelos 1D	Minutos a horas
2D-	Ley de conservación de momentum 2D- para la llanura de inundación	Gran escala de modelación para inundaciones urbanas dependiendo de las dimensiones de las celdas	LISFLOOD-FP	MDE (DEM) Hidrogramas de caudal aguas arriba. Hidrógrafas de altura aguas abajo.	Extensión de la inundación y profundidad del agua. Hidrograma de caudal de salida aguas abajo.	Horas

² Adaptada de (Flood Site, 2009).

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Rio Guali, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.

MÉTODO	DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN	EJEMPLO DE MODELOS	DATOS DE ENTRADA	DATOS DE SALIDA	TIEMPO COMPUTACIONAL (AÑO 2006)
2D NC	Soluciona las ecuaciones de onda poco profunda bidimensionales en la forma no conservativa	Diseño de la escala del modelo del orden de 10s km. Podría tener el potencial para ser usado en modelación de escalas amplias si se aplica con mallas secundarias. No es adecuado para simulaciones de modelos transcríticos y flujos de rompimiento de presas.	TUFLOW	MDE Hidrogramas de caudal aguas arriba. Hidrografas de altura aguas abajo.	Extensión de la inundación Profundidades Velocidades promedio en la vertical en cada nodo computacional Hidrograma de caudal de salida aguas abajo	Horas a días
2D C	Soluciona las ecuaciones de onda poco profunda bidimensionales en la forma conservativa	La misma que 2D NC más la capacidad de modelar exactamente flujos transcríticos, rompimiento de presas y flujos de transientes rápidos	Mike 21 TELEMAC SOBEK-OF Delft-FLS Infoworks	Igual que 2D NC	Igual que 2D NC	Horas a días
2D+	Solución 2D plus para las velocidades en la vertical usando sólo la ecuación de continuidad	Modelación de costas donde los perfiles de velocidad 3D son importantes. Ha sido también aplicado para modelación de rios en proyectos de investigación	TELEMAC 3D Delft-3D	MDE Hidrogramas de caudal aguas arriba. Distribución de velocidades de entrada. Hidrografas de altura aguas abajo.	Extensión de la inundación Profundidades de la lámina de agua Velocidades u, v y w para cada celda computacional. Hidrograma de caudal de salida aguas abajo.	Días
3D	Solución 3D de las ecuaciones tridimensionales de Navier Stokes y Reynolds promedio	Predicciones tridimensionales de campos de velocidades en los cauces principales y llanuras de inundación	CFX FLUENT PHEONIX	MDE Hidrogramas de caudal aguas arriba. Distribución de velocidades de entrada y distribución de energía cinética turbulenta Hidrografas de altura aguas abajo.	Extensión de la inundación Profundidades de la lámina de agua Velocidades u, v y w, energía cinética turbulenta para cada celda computacional. Hidrograma de caudal de salida aguas abajo.	Días

5.3 METODOLOGÍA

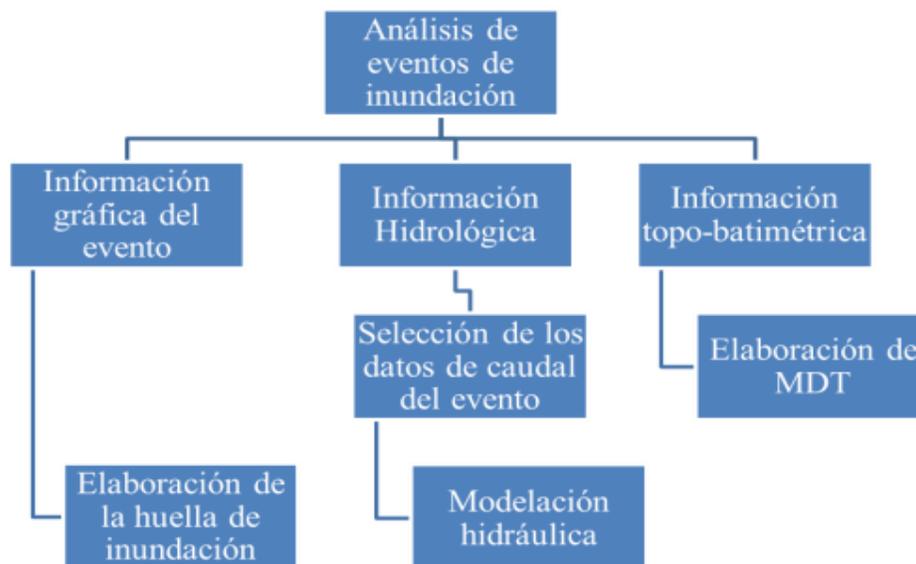
Para analizar desde el punto de vista geomorfológico, histórico e hidráulico los eventos de inundación, se procede a emplear la metodología que parte de la premisa de no contar con información detallada de los eventos de inundaciones pasadas, tales como fotografías satelitales o aéreas georreferenciadas que muestren claramente la huella de inundación del evento particular.

Dado lo anterior y basado en las metodologías presentadas en numerales anteriores, se hizo uso de los registros históricos, gráficos y levantamiento de información en campo con el fin de obtener una aproximación de la huella de inundación de los eventos, con el fin de que dicha huella sirva para la verificación del modelo hidráulico.

5.3.1 Información Necesaria

Dado lo anterior se presenta en la Figura 20, un mapa conceptual de la información necesaria para el análisis del evento de inundación.

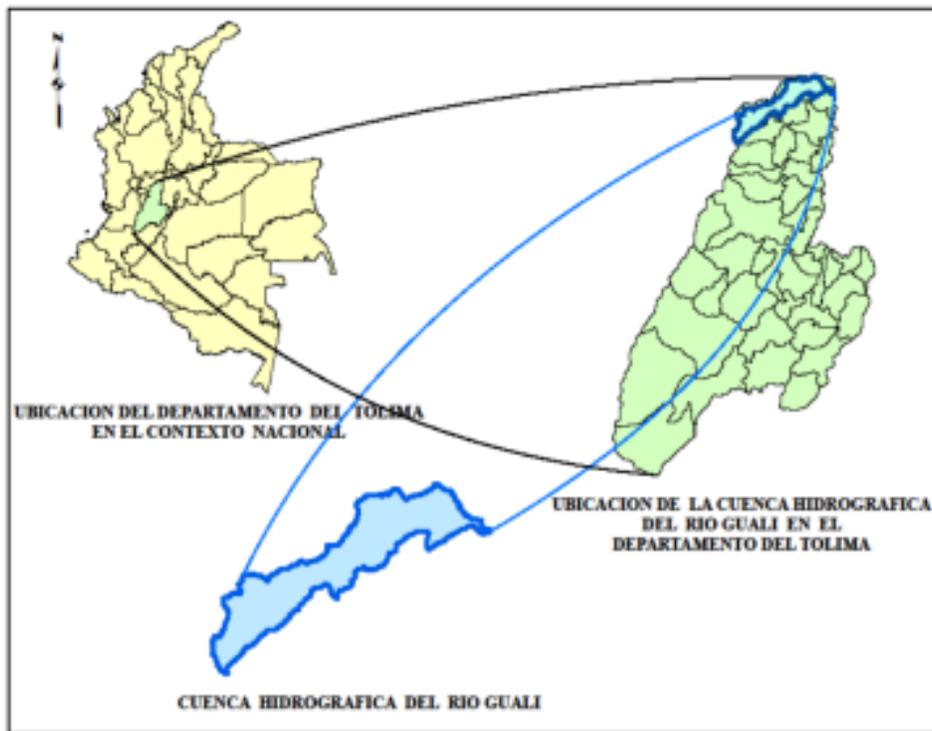
Figura 20. Mapa sinóptico de la información necesaria para la elaboración del análisis de inundaciones.



5.4 CASO DE ESTUDIO E INFORMACIÓN DISPONIBLE

Como caso de estudio se encuentra el río Gualí a su paso por los municipios de San Sebastián de Mariquita y Honda Ubicados en el Departamento del Tolima. La cuenca hidrográfica del Río Gualí se encuentra localizada al norte del Departamento del Tolima, limita al norte con la cuenca del río Guarinó, al sur con las cuencas de los ríos Lagunilla y Sabandija, al oriente con el río Grande de la Magdalena.

Figura 21. Localización de la Cuenca río Gualí.



El área total de la cuenca es de 78.598.24 ha, que se distribuye entre los municipios de Herveo, Mariquita, Fresno, Casabianca, Honda, Palocabildo y Falan. Tabla 7

Tabla 7. Composición de la cuenca del río Gualí.

Municipio	Área (ha)	% de cuenca
Herveo	23.758,2	30,2%
Mariquita	22.616,1	28,7%
Fresno	14.376,1	18,3%
Casabianca	11.980,8	15,2%
Honda	3.166,3	4,0%
Palocabildo	1.605,9	2,0%
Falan	1.166,6	1,5%

El río Gualí nace en el Parque Nacional Natural Los Nevados a una altura de 4.850 m.s.n.m (metros sobre el nivel del mar) en la Vereda Agua Caliente del Municipio Casabianca, sus aguas desembocan a la cuenca del Río grande de La Magdalena, sobre los 200 m.s.n.m en el municipio de Honda.

De la cuenca del río Gualí se benefician importantes acueductos, entre los cuales se destacan los de los municipios de Fresno, Mariquita y Honda. La cobertura de la cuenca del río Gualí está conformada por: 25.848,17 ha (32.86%) en áreas agrícolas (principalmente cultivos de café, caña panelera y aguacate combinados con rastrojos, pastos manejados, plátano, pastos en rastrojados y relictos de bosques de predominancia protectora); 13.924,63 ha (17.70%); 37.722,12 ha (47.95%) vegetación herbácea y/o arbustiva y 1.49% en áreas urbanas.

5.4.1 Avalancha de Armero

El 13 de noviembre de 1985, a las 11:30 Pm, una avalancha del río Lagunilla, ocasionada por la erupción del volcán Arenas del nevado del Ruiz, desapareció a Armero, la más importante ciudad del norte del Tolima, que dejó un saldo de

26.000 muertos, 20.611 damnificados y heridos e incalculables pérdidas económicas (4.400 viviendas, 19 puentes, \$1.400 millones del comercio). Era la tragedia de mayor magnitud en Colombia.

Las poblaciones de Ambalema, Anzoategui, Cambao, Chinchina (la más perjudicada después de Armero), Guarinocito, Guayabal, Honda. Lerida, Libano, Mariquita, Murillo, Santuario y Santa Isabel fueron afectadas; los gases, el humo y las cenizas se levantaron hasta 15 km de altura y provocaron cambios climáticos en la zona central del país.

Figura 22. Zonas de Riesgo por influencia del Nevado del Ruiz

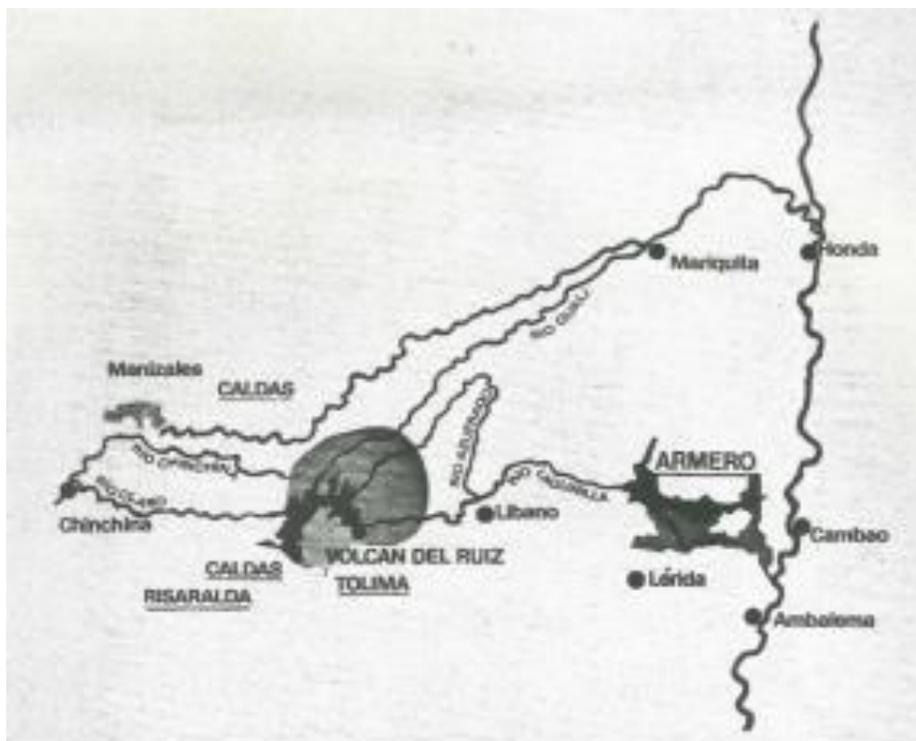


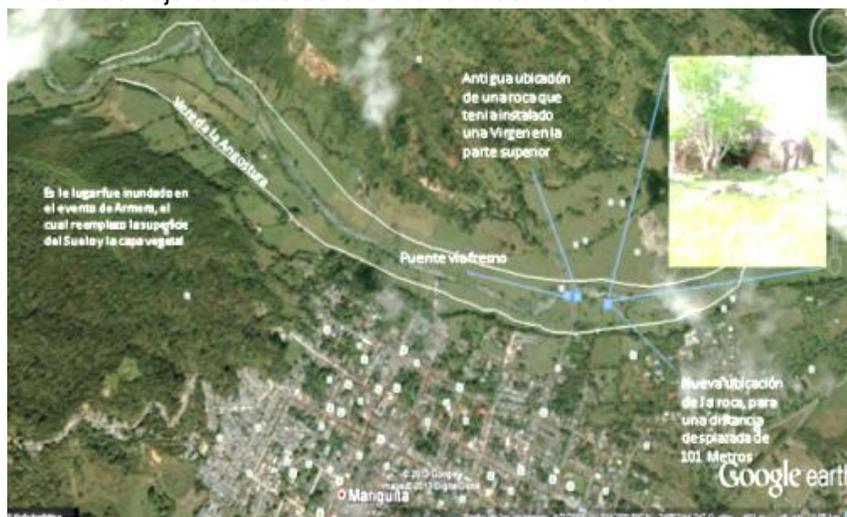
Figura 23. Afectación causada por el flujo de lodo³



5.4.2 Huella flujo de lodos río Gualí

Para el caso de del río Gualí, el cual nace en los macizos volcánicos de la cordillera Central, se levantó la huella georeferenciada del flujo de lodos provocada por el evento de la avalancha de Armero.

Figura 24. Huella de flujo de lodos de la avalancha de Armero.



³ Fuente: http://blogs.elspectador.com/coyuntura_internacional/2010/11/14/armero-una-tragedia-colombiana-en-replica-permanente

Tal como se puede observar esta avalancha afectó en gran medida las riberas del río Gualí, dado lo anterior dicha huella debe ser tomada en cuenta en la definición de las fajas de protección.

En la Figura 25, se presentan las fotografías obtenidas con pobladores de la zona del evento avalancha de Armero, con el fin de localizar dichas imágenes y establecer con más detalle la huella generada por dicho evento.

Figura 25. Imágenes de antes y después del evento de Armero en el municipio San Sebastián de Mariquita.

ANTES

DESPUES



5.5 INFORMACIÓN DISPONIBLE

Dado que el Río Gualí es monitoreado por entidades estatales como el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y la Corporación Autónoma Regional del Tolima (CORTOLIMA), se procedió a obtener a través de estas entidades la información necesaria para la elaboración del presente proyecto.

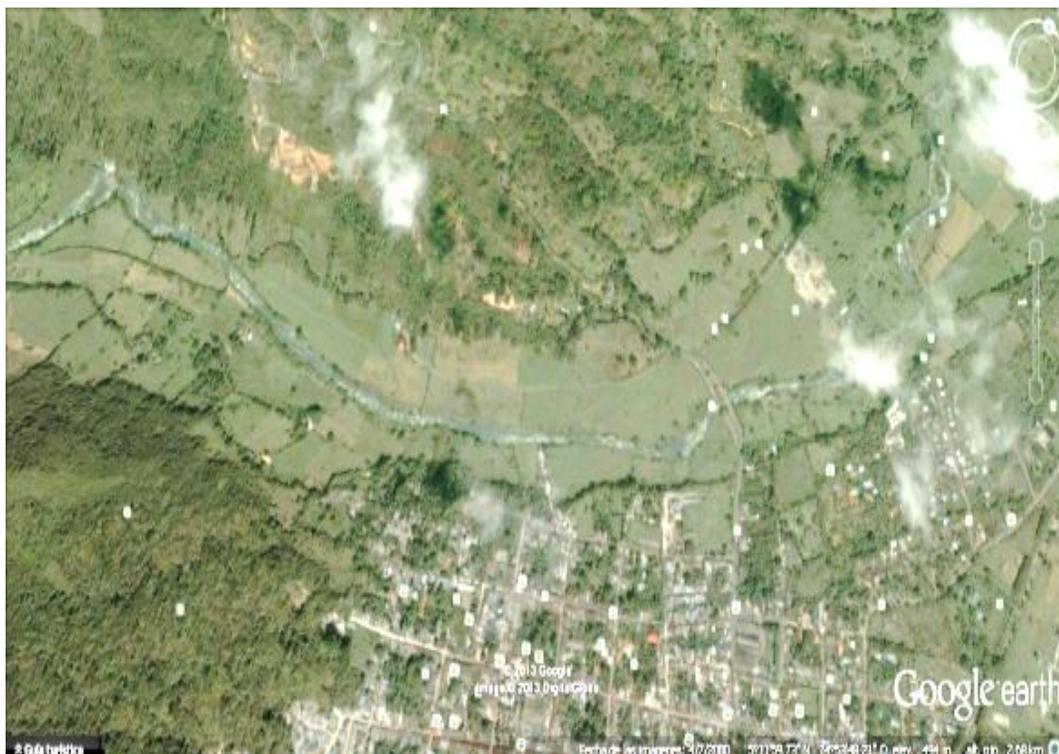
Adicionalmente se realizó una recopilación de información sobre las inundaciones históricas ocurridas en el río, obteniendo de esta manera la huella de inundación que sirve de base para la validación de los resultados que se obtengan a través de la modelación hidráulica.

5.5.1 Fotografía satelital del tramo de estudio

Uno de los aspectos importantes en el análisis de amenaza por inundación es presentar las zonas inundadas lo más detalladamente posible, para lo cual es de vital importancia contar con una referencia gráfica debidamente georreferenciada, ya sea un plano del área de estudio donde se ubiquen los núcleos urbanos o lugares de interés y/o una fotografía satelital o aérea de alta resolución.

Es por tanto que para el caso de estudio se obtuvo a través de Google Earth la fotografía satelital debidamente georreferenciada y con una resolución de 1.0 m (Ver Figura 26).

Figura 26. Imagen satelital del tramo de estudio Mariquita.



5.6 INFORMACIÓN HISTÓRICA DE EVENTOS DE INUNDACIÓN, EN EL MUNICIPIO DE SAN SEBASTIÁN DE MARIQUITA

Se realizó trabajo de campo en el Municipio de San Sebastián de Mariquita, con el fin de reunir la mayor información existente de los eventos de inundación, crecientes, emergencias y demás comportamientos y eventos relacionados que hubiese presentado el Rio Gualí y que hayan sido presenciados por la población o las entidades encargadas de la atención de emergencias.

5.6.1 Cuerpo de bomberos municipio San Sebastián de Mariquita.

Se contactó con **ENRIQUE FONEGRA ROCHA** Comandante de la Estación de Bomberos del Municipio de San Sebastián de Mariquita, a quien se le dirigió un oficio el día 15 de julio de 2013 solicitando información relacionada con emergencias provocadas por crecientes del río Guali registradas en los archivos.

De la información solicitada no se obtuvo respuesta, aduciendo que no había registros en la base de datos acerca de dichos eventos, pues en esas fechas los Bomberos Voluntarios no tenían la disciplina de registrar de forma completa los hechos.

Sin embargo en entrevista con el Teniente de la Estación de Bomberos del Municipio de San Sebastián de Mariquita **JOSE VICENTE RENDON**, este realiza un aporte verbal muy importante acerca del comportamiento de río Guali, describiendo un evento ocurrido el día 25 de Abril de 2005 entre las 12:00am-1:30am, donde dicha entidad tuvo que prestar apoyo a la movilidad en el Puente que comunica la vía entre los Municipios de Fresno y San Sebastián de Mariquita, debido a que la altura de creciente del río, alcanzo la parte inferior del puente y también alcanzo a afectar algunas propiedades ubicadas en el barrio del Antiguo Matadero.

En la Ilustración 1, se presenta en registro fotográfico las afectaciones padecidas en el barrio Antiguo Matadero, localizado en el municipio de San Sebastián de Mariquita.

Ilustración 1. Afectaciones casas ribereñas barrio antiguo matadero.



5.6.2 Defensa Civil

El mismo 15 de julio de 2013, se contactó al señor **DANIEL PARRA** representante de la **Defensa Civil del Municipio de San Sebastián de Mariquita**, quien aporta un documento llamado “PRIMER SIMULACRO POR ERUPCIÓN DE NEVADO DEL RUIZ” evento que se llevará a cabo el día 10 de Noviembre de 2013, donde se encuentra consignado la información básica y su respectivo cronograma.

En la entrevista, manifiesta que el río afecta a la vereda la Angostura y al barrio el antiguo matadero, pero que este último ya fue intervenido y desalojaron unas viviendas y otras están en proceso, pero que en general el río Guali en San

Sebastián de Mariquita no representa una amenaza tan grande como si lo es en el Municipio de Honda-Tolima, debido a que al río Gualí desembocan 2 ríos que acrecientan su caudal: El río Medina y el Río sucio.

5.6.3 Secretaria de Gobierno

El día 16 de julio de 2013, se contacta al personal de la Secretaria de Medio Ambiente del Municipio de San Sebastián de Mariquita, los cuales aseguran no tener información alguna acerca del tema y remitiendo a la Secretaria de Gobierno donde el señor OSCAR MAURICIO SERNA director del CLOPAD, efectivamente se le contactó en su despacho y se le hizo la respectiva contextualización del proyecto pero no se obtuvo ninguna información de parte de la Entidad.

5.6.4 Biblioteca Municipal San Sebastián de Mariquita

El día 18 de julio de 2013, se hace contacto con la **Biblioteca Municipal**, donde no se encontró información y la funcionaria encargada, remite a la Secretaria de Gobierno.

5.6.5 Administrador predio afectado por inundaciones del río Gualí.

Se entrevistó al Señor **MIGUEL MEJIA, Administrador de la Finca Vao de las vacas** quien describe las diferentes afectaciones que el río Gualí, ha realizado durante los años a esta propiedad, asegura Mejía que se han perdido alrededor de 100 hectáreas de tierra por incidencia del mismo, pues dice que el Puente dejo al río, un espacio muy pequeño para pasar, lo que genera durante una creciente que el material vegetal, rocas y los lodos obstruyan el paso del río y este se atasque formando un represa de agua (Ilustración 3) y cuando revienta, inunda y afecta a

toda la propiedad. Además comenta que con la instalación de las barreras para la protección de la estructura del puente, disminuye un poco más el paso del río.

Ilustración 2. Punto de restricción Hidráulica – paso por el puente y barreras de protección para el puente



Dado lo anterior se han construido jarillones, en piedra y costales para proteger los potreros de la finca, pero que siguen siendo destruidos por el Paso del río en cada uno de los eventos de creciente.

Ilustración 3. Zona de represamiento

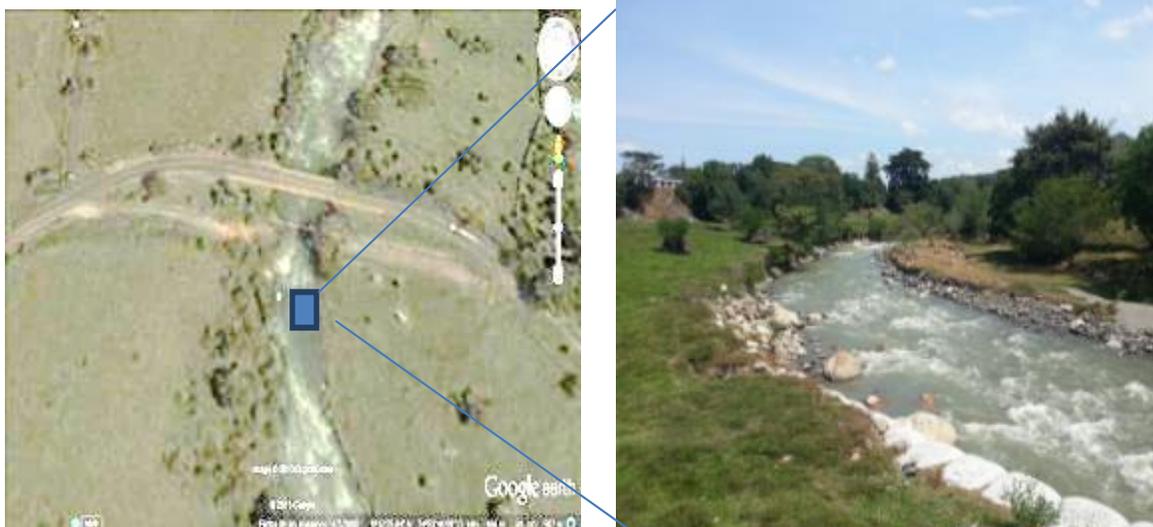


Ilustración 4. Cauce del rio-Finca Vao de las vacas



Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Rio Guali, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.

Ilustración 5. Construcción de jarillones para la protección de la Finca Vao de las Vacas



5.6.6 Levantamiento de puntos para la Geroreferenciación de Faja de Inundación.

Durante el recorrido por las riberas del rio se fueron levantando diferentes puntos o coordenadas que son necesarios para la geroreferenciación de las imágenes y la faja de inundación.

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Rio Guali, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.

Tabla 8. Levantamiento de la faja de inundación registrada.

LEVANTAMIENTO DE PUNTOS DE GEO-REFERENCIACIÓN		
COORD X	COORD Y	COORD Z
906623	1066635	549
906777	1066642	540
907761	1066903	522
908708	1066849	517
908102	1066875	515
907993	1066981	513
908116	1066948	513
908261	1066916	509
908692	1066871	508
909337	1067152	508
908635	1066922	507
908670	1066878	506
908567	1066906	505
909502	1067303	504
909000	1067075	498
909405	1067423	497
909506	1067482	495
909314	1067196	495
909397	1067249	495
909117	1067131	494
909502	1067452	492
909474	1067424	491
909872	1067693	490
909523	1067465	489
909517	1067407	488
909582	1067528	488

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Rio Guali, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



LEVANTAMIENTO DE PUNTOS DE GEO-REFERENCIACIÓN

909549	1067477	488
909818	1067686	487
909614	1067555	486
909791	1067655	486
909470	1067613	485
909474	1067415	484
909574	1067497	489
909521	1067495	484
909502	1067474	488
909388	1067423	500
909345	1067372	494
909328	1067291	497
909264	1067218	490
909158	1067194	494
909082	1067165	499
908865	1067070	499
908737	1067018	508
908650	1066968	499
909411	1067457	492

5.7 INFORMACIÓN HISTÓRICA DE EVENTOS DE INUNDACIÓN, EN EL MUNICIPIO DE HONDA.

El día 01/08/2013 se realizó un recorrido por las riberas del Rio Gualí a su paso por el Municipio de Honda, departamento del Tolima, con el fin de reunir la mayor información disponible de los eventos de inundación, crecientes, emergencias y demás comportamientos y eventos relacionados que hubiese presentado el Rio Gualí y que hayan sido presenciados por la población o las entidades encargadas de la atención de emergencias.

5.7.1 Información suministrada por el Cuerpo de Bomberos Honda-Tolima

Se realizó una visita a la estación de Bomberos del Municipio de Honda-Tolima, con el fin de recopilar información histórica de inundaciones y emergencias registradas y atendidas por la entidad, suministrándose información fotográfica histórica de emergencias producidas por el comportamiento del Rio Gualí.

Ilustración 6. Caída de puente Pearson, Enero 2006



Entre el 27 y 30 de Mayo de 2005, el barrio las Delicias del municipio de Honda-Tolima, fue afectado por constantes precipitaciones pluviales, el máximo registro fue de 84 mm ver que generaron una serie de crecientes que derribaron la banca de la vía del barrio las delicias y las viviendas construidas sobre la misma inundando aproximadamente 30m de la zona urbana (Ilustración 7).

Ilustración 7. Barrio las Delicias.



Actualmente se está llevando a cabo la construcción de obras de protección con el fin de recuperar la vía del Barrio Las Delicias, la cual ha sido constantemente erosionada por medio de la creciente del Río Gualí.

Ilustración 8. Infraestructura construida dentro del cauce del rio Gualí.



5.7.2 Información suministrada por la Dirección de Gestión del riesgo Honda-Tolima.

Se realizó una visita a la Dirección de Gestión del riesgo Honda-Tolima y se entrevistó al señor **EDWIN BARRAGAN** asistente de esta Institución, quien informó que el Rio Gualí tiene en Emergencia a los siguientes Barrios, debido a la socavación provocada por las crecientes: Bodega Sur, Magdalena, Alto San Juan de Dios, las Delicias, la Pedregosa, algunas viviendas del barrio Versailles, Fundación Rotario, Brisas del Gualí, Santa Elena y el Condominio el Palmar.

Tabla 9. Georreferenciación de los Barrios en riesgo en el Municipio de Honda.

LEVANTAMIENTO DE PUNTOS DE GEO-REFERENCIACIÓN BARRIOS EN RIESGO HONDA			
BARRIO	COORD X	COORD Y	COORD Z
Magdalena	927044	1067175	242
Alto San Juan de Dios	926560	1067081	239
Versalles	925854	1066696	248
Delicias	926206	1067028	238
	926462	1066975	203
	926581	1066977	243
Zona Centro Histórico	926747	1067002	245
La Pedregosa	924721	1067023	279
Rotario	924598	1067985	278
Santa Elena	924314	1068737	259

5.7.3 Información suministrada por ASOCOMUNAL

En esta asociación se obtuvo información por parte del señor **ORLANDO TUESTA BUSTOS** quien remitió al señor **EFRAIN OROZCO** el cual es habitante del barrio Las Delicias y que actualmente se encuentra en zona de alto riesgo. El motivo de la emergencia que ha sufrido el sector del barrio las delicias donde el reside se debe, según él, a la construcción de las represas

Ilustración 9. Represa # 2, localizada en las coordenadas N:0925821, E:1066815.



Tal como lo expresa Efraín Orozco “Cuando el agua se represa empieza a socavar el lado derecho de la ribera que es el terreno donde está ubicada mi vivienda y debido a que no hicieron muros de contención y al lado izquierdo si los construyeron, esas represas han generado que esta zona este en riesgo, pues antes había peligro pero no tanto ya que el rio antes pasaba derecho y no realizaba tantos estragos por estos lados”.

Dice que el 17 de Febrero de 2013, una creciente y por tanto acumulación de agua en las represas, generó que las viviendas que se aprecian en la Ilustración 10, se hayan derrumbado

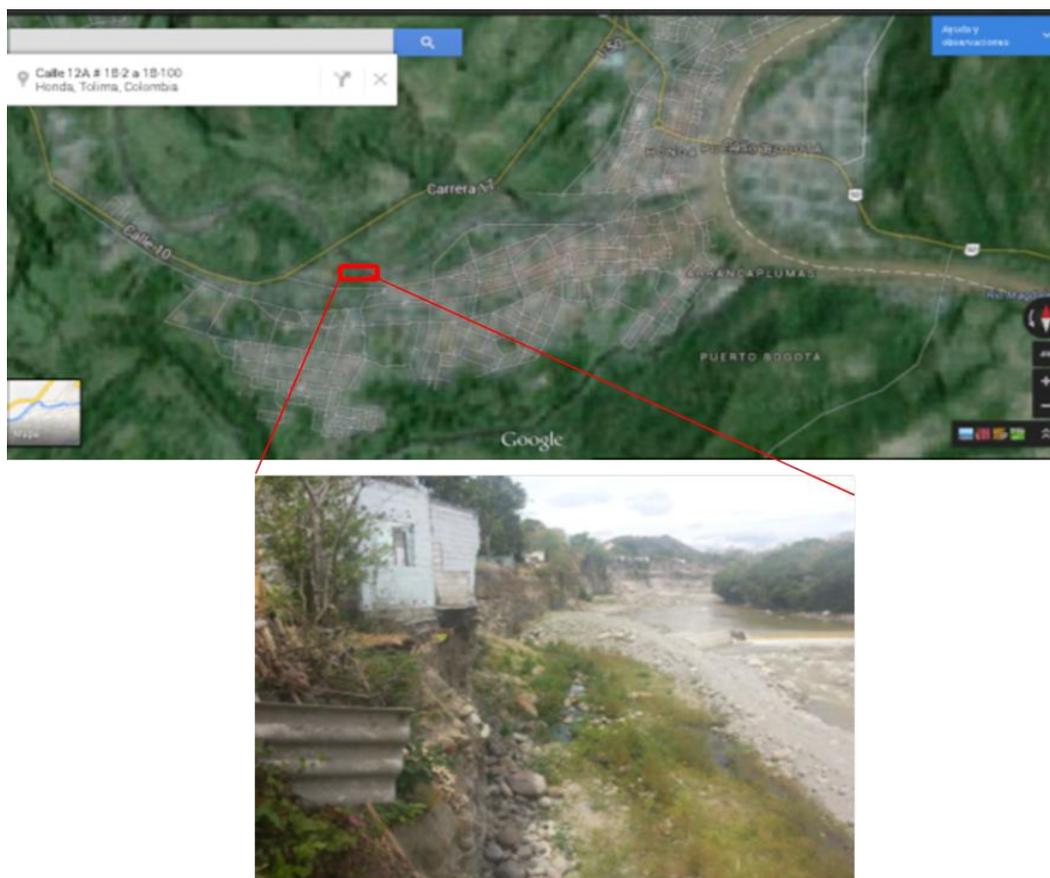
Ilustración 10. Predios afectados, durante la creciente del 17 febrero de 2013.



5.7.4 Información histórica suministrada por los Ribereños

El señor **JUAN BAUTISTA ROJAS**, asegura también que la construcción de las represas ha acelerado la socavación del rio Gualí sobre el barrio Las Delicias y que en ese punto es donde deben de centrar los esfuerzos y recursos para construir un muro de contención que evite que el Rio continúe socavando el barrio y el centro histórico del Municipio de Honda.

Ilustración 11. Socavación presentada en el río Gualí en el barrio las Delicias



5.8 INFORMACIÓN HIDROLÓGICA.

5.8.1 Información Hidrológica del Municipio San Sebastián De Mariquita y Honda.

La cuenca Hidrográfica del Río Gualí cuenta con una buena cantidad de estaciones hidrológicas, pluviométricas, pluviográficas, limnimétricas y limnigráficas, a lo largo de toda la cuenca. Dado lo anterior se localizaron las estaciones limnimétricas, limnigráficas y pluviométricas ubicadas en las zonas urbanas de los municipios de Honda y Mariquita (Figura 27 y 28).

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Rio Guali, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.

Figura 27. Estaciones Hidrológicas, Municipio de San Sebastián de Mariquita

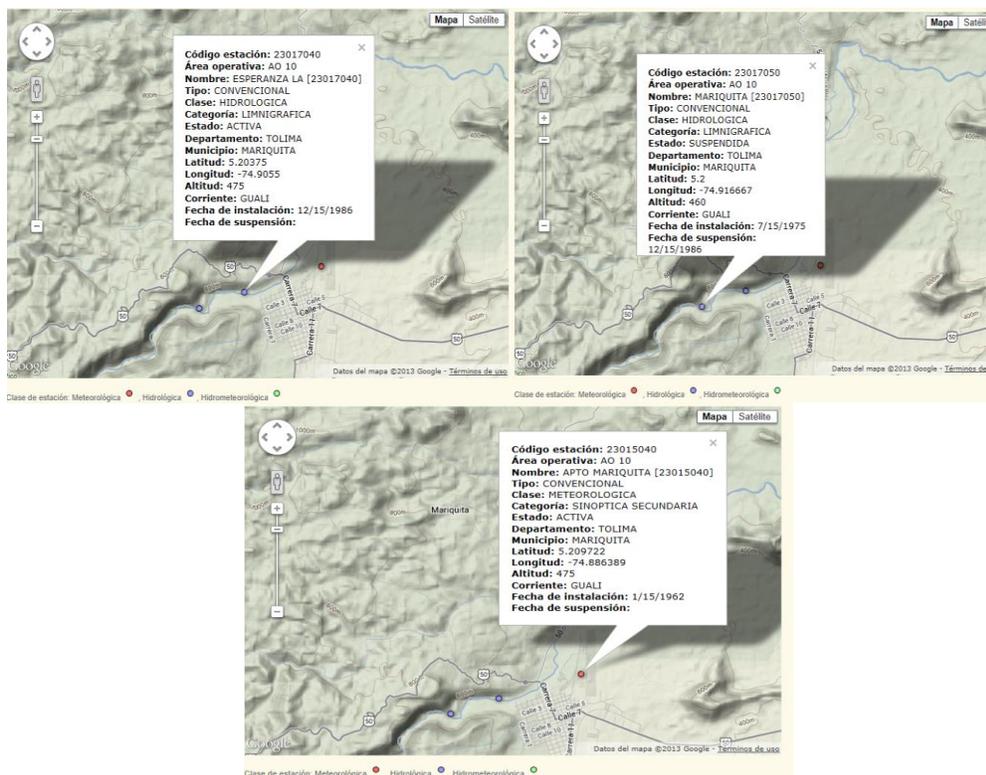
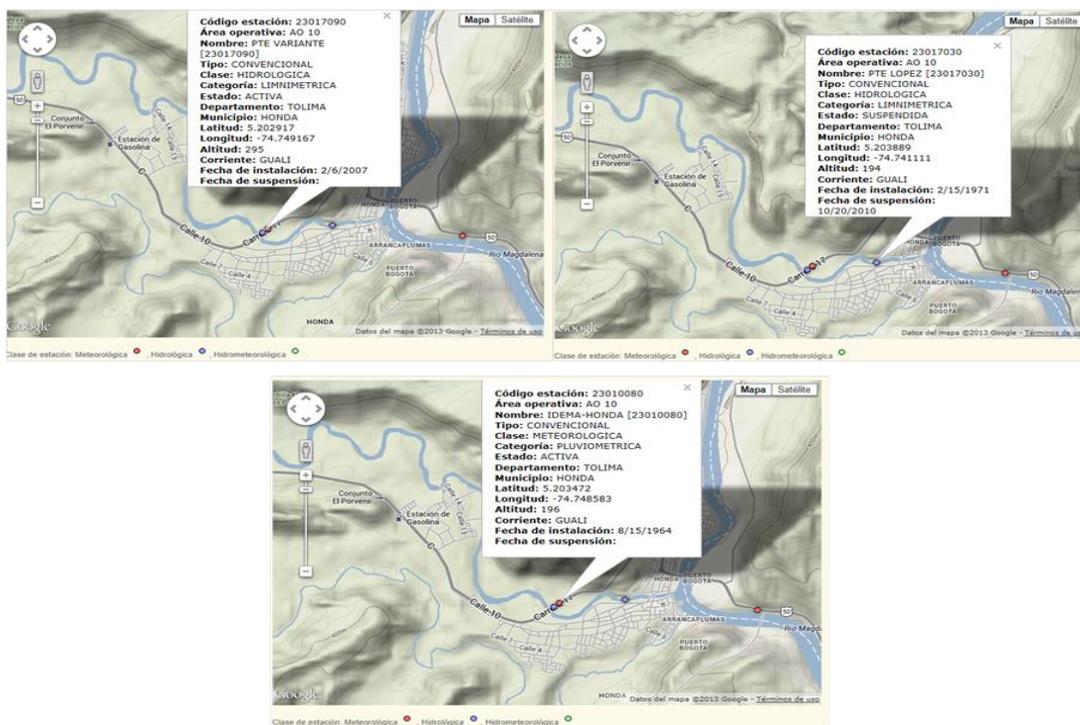


Figura 28. Estaciones hidrológicas, Municipio de Honda



Dirección: Calle 57 No. 45-45 Of. 402 Barrio Nicolás de Federman Bogotá D.C. Colombia.

Contacto celular 3175024817-3112046943 E-mail interambientales.sa@gmail.com

En la Tabla 10, se presentan las estaciones limnimétricas y limnigráficas con su respectiva localización.

Tabla 10. Estaciones limnimétricas y limnigráficas cuenca Río Gualí

Código	Tipo de estación	Nombre	Municipio	Registro de caudal líquido QL (m ³ /s)
23017090	LIMINIMÉTRICA	Puente Variante	Honda	Desde 2007
23017030	LIMINIMÉTRICA	Puente López	Honda	Desde 1971
23017040	LIMNIGRÁFICA	La Esperanza	Mariquita	Desde 1986
23017050	LIMNIGRÁFICA	Mariquita	Mariquita	Desde 1975 hasta 1986

5.8.2 Análisis Hidrológico Río Gualí

5.8.2.1 Municipio de Honda.

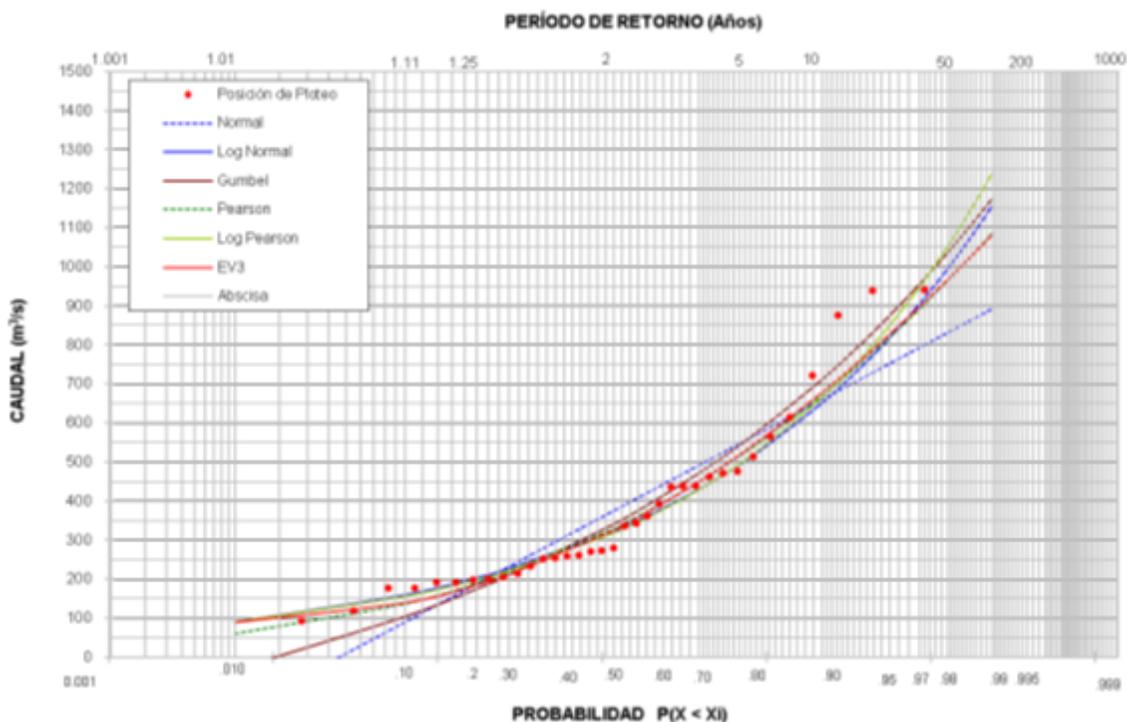
Tal como se presentó en numerales anteriores, el municipio de Honda cuenta con las estaciones limnimétricas de Puente Variante y Puente López. Dado que la estación de Puente López cuenta con información desde el año 1971, se seleccionó esta estación con el fin de realizar el análisis de caudales para cada período de retorno necesario.

Figura 29. Análisis de caudales máximos anuales históricos.

PLAN DE ORDENAMIENTO Y MANEJO DE LA CUENCA DEL RÍO GUALÍ													
ANÁLISIS DE CAUDALES MÁXIMOS ANUALES HISTÓRICOS													
ESTACIÓN PUENTE LÓPEZ													
FECHA DE PROCESO 29/04/2013							ESTACION 23017030 PTE LOPEZ						
LATITUD: 0512 N		TIPO EST: LM		DEPTO TOLIMA		FECHA-INSTALACION 1971-FEB							
LONGITUD: 7444 W		ENTIDAD: 01 IDEAM		MUNICIPIO HONDA		FECHA-SUSPENSION 2010-OCT							
ELEVACION: 0194 m.s.n.m		REGIONAL: 10 TOLIMA		CORRIEN GUALI									
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Valor Anual
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1971	178.9	169.5	160	149	279.6	85.7	50	40.5	41.4	148	182	148	279.6
1972	161.2	77.5	116	148	938	138	49.2	85.7	52.3	61	123.2	34.5	938.0
1973	51.3	37	49.5	235	52.2	79.8	59.5	360	235	297	210	181.4	360.0
1974	199	170.4	285	435	192.4	118.6	35.6	39.4	210	177	392	77	435.0
1975	52.2	72.2	103	98.5	412	85.4	199	71	91	196.8	336	512	512.0
1976	91	190.2	106	475	188	66.2	45	18.5	23.5	81.2	92.5	45	475.0
1977	22.4	29.17	40.2	36.28	78.4	77	31.24	52.2	65	91	88.2	91	91.0
1978	45	26	91	155.5	438	77	188	32.7	71	145	91	145	438.0
1979	66.2	106	91	142.9	188	106	188	84	116.5	166	196.8	49.5	196.8
1980	37	124	88.2	45	124	259	41	33.4	91	124	188	91	259.0
1981	314.4	210	124	336	336	145	62.8	124	188	124	259	106	336.0
1982	188	91	235	438	166	91	91	77	91	106	126.1	304.2	438.0
1983	37	26.6	71	259	145	65	29.8	24.1	48.6	106	614	69.8	614.0
1984	249.4	201.2	62.8	116.8	261.6	155.5	664	115	816	259	941	259	941.0
1985	88.2	62.8	77	124	91	115	29.8	91	134.5	145	175.5	175.5	175.5
1986	102	111.5	131	121	188	34	25.6	102	102	563	260.6	84	563.0
1987	58	248	49	185.5	248	49	129	392	45.5	273	82.5	69	392.0
1988	29.5	112.5	35	89.2	499	129	104.2	248	185.5	873.6	499	322.5	873.6
1989	76	120	119.4	120	104	120	289	34	156	218	289	341	341.0
1990	91.7	78	178.6	270.1	100.7 *		107.9	22.4	32.1	221.9	199.6	140.2	270.1
1991	65.4	39.1	199.6	140.2	79.4	257.8	43.6	65.4	39.1	53.9	245.4	78	257.8
1992	123	189.5	57	93	80	48	68	37	47	38	44	200	200.0
1993	22.4	34.3	230.1	204.3	253	48	38.1	46.9	159	35.2	65.5	48	253.0
1994	84.6	210	210	460	353.3	75	72	40.5	123	135	178.5	58.6	460.0
1995	26.4	30	84	210	271.7 *	*		210	104.4	174	91	106	271.7
1996	114	47	250	91	240	98	52.2	64	202.1	65	98	210	250.0
1997	81.5	113.6	140	191.1	92	95	31.3	14.5	67.2	178.3	130.1	35.6	191.1
1998	77	92	90.5	216.7	138.4	64.4	87.5	81.5	126.8	50	133.4	231.5	231.5
1999	190	160.5	220	128.6	166.3	193.8	67.5	244.4	188.1	719.4 *		326	719.4
2000	*	113.3	188.1	157.6	146	131.5	73.8	89.3	138.8	146	470	65	470.0
2001	98.5	98.5	212.5	127.2	160.5	119.9	47	20.4	61.3	121.3	208.8	212.5	212.5
2002	175	146	80	190	150.4	131.5	80 *		111.4	131.5	80	160.5	190.0
2003	*	*	*	*	*	*	*	56.3	117	203.1	150.4	124.3	203.1
2004	131.5	138.8	80	117	160.5	146	117	29.6	67.5	146	175	98.5	175.0
2005	117	117 *	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	117.0
MEDIOS	104.4	111.6	128.9	191.1	221.9	109.8	99.9	92.3	127.9	193.3	226.3	152.9	146.7
MÁXIMOS	314.4	248.0	285.0	475.0	938.0	259.0	664.0	392.0	816.0	873.6	941.0	512.0	941.0
MÍNIMOS	22.4	26.0	35.0	36.3	52.2	34.0	25.6	14.5	23.5	35.2	44.0	34.5	14.5

Con los valores máximos instantáneos anuales, se realizó un ajuste a distribuciones probabilísticas conocidas tales como Gumbel, log-Pearson tipo III, Normal y LogNormal, con el fin de poder realizar las diferentes inferencias estadísticas y de esta manera determinar los caudales para cada período de retorno.

Figura 30. Gráfico de ajuste de probabilidad



El menor valor de la prueba del Chi Cuadrado se obtuvo con la distribución de probabilidad Log – Pearson (Ver Tabla 11), por tanto los caudales generados a partir de esta inferencia estadística son los que serán usados para elaborar el modelo hidráulico.

Tabla 11. Análisis de frecuencia de caudales máximos.

Tr años	NORMAL m ³ /s	GUMBEL m ³ /s	PEARSON m ³ /s	LOG- PEAR m ³ /s	LOG-NOR m ³ /s	EV3 m ³ /s
2	375.2	340.9	330.1	318.4	322.8	325.0
2.33	414.7	382.7	367.7	352.1	355.9	364.2
3.33	491.4	471.5	449.0	428.7	430.0	449.4
5	562.2	564.1	534.5	514.9	512.1	538.7
10	660.0	711.9	670.9	665.5	651.9	678.7
15	708.8	795.3	747.2	757.4	735.4	755.4
20	740.8	853.7	800.3	824.7	795.7	808.0
50	831.7	1037.2	965.3	1052.8	995.8	967.7
100	892.3	1174.7	1087.4	1241.0	1156.4	1082.0
chi 2	608.4	618.7	148.3	114.5	143.2	129.8

5.8.2.2 Municipio de San Sebastián de Mariquita.

Los caudales utilizados, para la modelación hidráulica del río Gualí en la zona urbana del municipio de San Sebastián de Mariquita, se presentan en la Tabla 12.

Tabla 12. Caudales de diseño considerados.

Período De Retorno	Caudal (m ³ /s.)
Tr 2.33 años	352.10
Tr 15 años	757.70
Tr 50 años	1052.80
Tr 100 años	1241.00

Para generar la geometría del modelo hidráulico en el cauce del río Gualí, se tomaron las secciones transversales tomadas por la topografía en el modelo de elevaciones consignadas en el informe.

➤ Geometría Del Cauce.

Para generar la geometría del modelo hidráulico, se tomaron las secciones transversales tomadas por la topografía en el modelo de elevaciones consignadas. Para generar un modelo hidráulico en HEC-RAS, se enumeran las sección desde aguas abajo hacia aguas arriba; es decir; La sección No.0 es la sección más agua abajo del tramo modelado. La sección transversal, sin embargo, debe ser vista desde aguas arriba hacia aguas abajo. Esto hace que las bancas izquierda y derecha sean correspondientes a la vista en planta.

La geometría para la modelación en HEC-RAS del río Gualí en el municipio de Mariquita tiene en total 43 secciones. Las secciones transversales se tomaron cada 50m aproximadamente para una longitud total de modelación de 2050m.

➤ Parámetros Del Modelo.

Las secciones transversales del río son correspondientes a la topografía. La sección HEC-RAS con la numeración más baja corresponde a la sección más aguas abajo y la sección HEC-RAS CON LA NUMERACIÓN MÁS ALTA corresponde a la sección más aguas arriba. Adicionalmente se generan secciones intermedias para obtener resultados más precisos en la modelación. La distancia entre secciones es correspondiente a la distancia por las bancas y el cauce principal, de donde:

- LBD = longitud entre secciones por la margen izquierda del canal.
- CBD = longitud entre secciones por el eje del canal.
- RBD = longitud entre secciones por la margen derecha del canal.

Los parámetros utilizados para la modelación fueron los siguientes:

Coefficiente de rugosidad de Manning: A partir de las visitas realizadas y la granulometría del lecho, se estimó un coeficiente de rugosidad de Manning de 0.033 para el lecho y cauce principal (predomina el material granular grueso y de gran tamaño) y para las bancas 0.047 (presencia de pastos y arbustos pequeños), según las condiciones particulares de cada cauce observadas durante las visitas de campo y los parámetros indicados en la referencia bibliográfica Hidráulica de Ven Te Chow.

Pendiente longitudinal: Esta es variable se estimó a partir del levantamiento topográfico y los niveles de la lámina de agua determinados durante las batimetrías realizadas. El resultado obtenido fue una pendiente de 0.01430 m/m.

Coefficientes de expansión y contracción: 0.10 y 0.30 respectivamente (por defecto, son los utilizados por el programa de HEC-RAS).

Condiciones de frontera: Se hace la modelación para flujo mixto, tomando sección de flujo normal aguas abajo para la pendiente longitudinal del cauce, y sección de control de flujo crítico para la sección aguas arriba.

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Río Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



Tabla 13. Resultados para Períodos de Retorno.

River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
2050	Tr 2.33 años	352.10	476.00	479.08	478.61	479.69	0.004913	3.46	101.87	48.04	0.76
2050	Tr 15 años	757.70	476.00	479.43	479.93	481.49	0.014309	6.36	119.51	53.45	1.32
2050	Tr 25 años	824.70	476.00	479.55	480.16	481.75	0.014309	6.57	126.22	55.80	1.33
2050	Tr 50 años	1052.80	476.00	479.94	480.81	482.59	0.014317	7.24	149.24	63.66	1.36
2050	Tr 100 años	1241.00	476.00	480.23	481.25	483.23	0.014325	7.71	169.52	79.10	1.38
2000	Tr 2.33 años	352.10	475.98	479.02	478.37	479.41	0.003738	2.76	127.77	69.88	0.65
2000	Tr 15 años	757.70	475.98	480.29	479.54	480.83	0.003133	3.27	236.87	107.31	0.64
2000	Tr 25 años	824.70	475.98	480.45	479.68	481.02	0.003064	3.36	254.03	115.43	0.63
2000	Tr 50 años	1052.80	475.98	480.97	480.11	481.60	0.002737	3.55	324.45	152.37	0.62
2000	Tr 100 años	1241.00	475.98	479.60	480.42	482.25	0.021518	7.22	171.94	84.03	1.60
1950	Tr 2.33 años	352.10	475.96	478.21	478.21	479.08	0.00914	4.15	84.90	48.79	1.00
1950	Tr 15 años	757.70	475.96	479.46	479.46	480.55	0.007084	4.69	172.73	92.89	0.94
1950	Tr 25 años	824.70	475.96	479.61	479.61	480.74	0.006804	4.78	187.33	98.44	0.93
1950	Tr 50 años	1052.80	475.96	479.97	479.97	481.32	0.006971	5.26	225.44	111.66	0.96
1950	Tr 100 años	1241.00	475.96	480.65	480.65	481.71	0.004426	4.80	338.37	202.51	0.79
1900	Tr 2.33 años	352.10	474.95	476.53	477.06	478.24	0.030013	5.80	60.74	51.87	1.71
1900	Tr 15 años	757.70	474.95	477.38	478.15	479.82	0.024184	6.93	110.14	64.82	1.65
1900	Tr 25 años	824.70	474.95	477.50	478.32	480.03	0.023333	7.05	118.30	67.72	1.63
1900	Tr 50 años	1052.80	474.95	477.90	478.86	480.63	0.020619	7.34	147.62	76.66	1.58
1900	Tr 100 años	1241.00	474.95	478.17	479.20	481.12	0.019491	7.66	169.63	88.03	1.56

Dirección: Calle 57 No. 45-45 Of. 402 Barrio Nicolás de Federman Bogotá D.C. Colombia.

Contacto celular 3175024817-3112046943 E-mail interambientales.sa@gmail.com

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Río Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



1850	Tr 2.33 años	352.10	473.98	476.59	475.90	476.99	0.003925	2.82	125.03	68.44	0.67
1850	Tr 15 años	757.70	473.98	476.47	477.13	478.60	0.021058	6.48	117.00	64.70	1.54
1850	Tr 25 años	824.70	473.98	476.58	477.28	478.81	0.021701	6.62	124.61	68.26	1.56
1850	Tr 50 años	1052.80	473.98	476.90	477.73	479.49	0.023245	7.14	147.54	77.67	1.64
1850	Tr 100 años	1241.00	473.98	477.09	478.05	480.06	0.023308	7.63	163.80	86.19	1.66

1800	Tr 2.33 años	352.10	473.93	475.82	475.82	476.66	0.009297	4.06	86.77	52.28	1.01
1800	Tr 15 años	757.70	473.93	477.09	477.09	478.15	0.005859	4.66	189.58	119.76	0.88
1800	Tr 25 años	824.70	473.93	477.27	477.27	478.32	0.005484	4.70	212.36	133.74	0.86
1800	Tr 50 años	1052.80	473.93	477.78	477.78	478.84	0.004723	4.83	291.79	176.49	0.81
1800	Tr 100 años	1241.00	473.93	478.16	478.16	479.17	0.00417	4.85	364.41	202.52	0.78

1750	Tr 2.33 años	352.10	471.98	475.26	474.34	475.61	0.002555	2.64	133.27	57.78	0.56
1750	Tr 15 años	757.70	471.98	474.71	475.56	477.45	0.024124	7.33	103.37	52.25	1.66
1750	Tr 25 años	824.70	471.98	474.87	475.71	477.65	0.023222	7.39	111.53	54.08	1.64
1750	Tr 50 años	1052.80	471.98	475.38	476.26	478.23	0.019434	7.48	140.78	58.81	1.54
1750	Tr 100 años	1241.00	471.98	475.83	476.84	478.63	0.015299	7.42	167.96	62.40	1.41

1700	Tr 2.33 años	352.10	471.93	475.09	474.56	475.44	0.004507	2.65	132.84	87.97	0.69
1700	Tr 15 años	757.70	471.93	475.56	475.56	476.50	0.008687	4.31	176.68	97.86	0.99
1700	Tr 25 años	824.70	471.93	475.67	475.67	476.67	0.008542	4.44	187.50	100.31	1.00
1700	Tr 50 años	1052.80	471.93	476.03	476.03	477.19	0.007938	4.78	225.99	111.78	0.99
1700	Tr 100 años	1241.00	471.93	476.05	476.37	477.63	0.010746	5.59	228.06	113.06	1.15

1650	Tr 2.33 años	352.10	471.51	474.56	474.56	475.09	0.010752	3.24	108.61	102.94	1.01
1650	Tr 15 años	757.70	471.51	475.23	475.33	476.00	0.009311	3.96	211.28	196.48	1.00
1650	Tr 25 años	824.70	471.51	475.20	475.43	476.16	0.011725	4.40	206.23	194.98	1.12

Dirección: Calle 57 No. 45-45 Of. 402 Barrio Nicolás de Federman Bogotá D.C. Colombia.

Contacto celular 3175024817-3112046943 E-mail interambientales.sa@gmail.com

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Río Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



1650	Tr 50 años	1052.80	471.51	475.30	475.69	476.64	0.015259	5.23	225.39	200.61	1.29
1650	Tr 100 años	1241.00	471.51	475.42	475.88	476.96	0.016289	5.66	249.82	207.53	1.35
1600	Tr 2.33 años	352.10	469.98	471.78	472.49	474.07	0.030825	6.71	52.49	36.59	1.79
1600	Tr 15 años	757.70	469.98	473.40	473.89	475.39	0.010424	6.37	132.11	63.84	1.17
1600	Tr 25 años	824.70	469.98	473.68	473.94	475.56	0.008861	6.24	150.81	68.98	1.10
1600	Tr 50 años	1052.80	469.98	474.59	475.16	476.17	0.005667	5.88	246.09	164.84	0.92
1600	Tr 100 años	1241.00	469.98	474.94	475.39	476.52	0.005378	6.04	312.36	213.36	0.90
1550	Tr 2.33 años	352.10	469.95	472.49	472.03	472.93	0.004653	2.92	120.62	71.44	0.72
1550	Tr 15 años	757.70	469.95	472.42	473.15	474.61	0.02394	6.55	115.63	69.57	1.62
1550	Tr 25 años	824.70	469.95	472.52	473.28	474.83	0.024525	6.73	122.56	72.16	1.65
1550	Tr 50 años	1052.80	469.95	472.80	473.67	475.53	0.026642	7.31	143.98	79.64	1.74
1550	Tr 100 años	1241.00	469.95	473.08	473.94	475.90	0.025452	7.44	166.83	86.92	1.71
1500	Tr 2.33 años	352.10	469.93	471.88	471.88	472.58	0.0096	3.70	95.18	68.22	1.00
1500	Tr 15 años	757.70	469.93	472.95	472.95	473.87	0.006276	4.31	196.18	138.55	0.89
1500	Tr 25 años	824.70	469.93	473.09	473.09	474.02	0.006014	4.38	216.03	148.35	0.87
1500	Tr 50 años	1052.80	469.93	473.49	473.50	474.49	0.005516	4.62	281.36	177.92	0.86
1500	Tr 100 años	1241.00	469.93	473.60	473.82	474.85	0.006626	5.19	301.12	187.15	0.95
1450	Tr 2.33 años	352.10	468.19	470.18	470.68	471.76	0.025069	5.55	63.39	50.38	1.58
1450	Tr 15 años	757.70	468.19	471.12	471.74	473.23	0.020646	6.45	118.60	68.13	1.53
1450	Tr 25 años	824.70	468.19	471.25	471.89	473.40	0.01975	6.51	128.12	70.77	1.51
1450	Tr 50 años	1052.80	468.19	471.72	472.38	473.94	0.015317	6.63	163.36	80.32	1.37
1450	Tr 100 años	1241.00	468.19	472.14	472.86	474.31	0.012124	6.58	199.87	98.36	1.26
1400	Tr 2.33 años	352.10	467.98	470.46	470.02	470.87	0.004647	2.83	124.56	77.40	0.71

Dirección: Calle 57 No. 45-45 Of. 402 Barrio Nicolás de Federman Bogotá D.C. Colombia.

Contacto celular 3175024817-3112046943 E-mail interambientales.sa@gmail.com

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Río Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



1400	Tr 15 años	757.70	467.98	471.57	471.05	472.16	0.00378	3.42	229.67	111.57	0.69
1400	Tr 25 años	824.70	467.98	471.72	471.16	472.33	0.0037	3.51	245.84	116.59	0.69
1400	Tr 50 años	1052.80	467.98	470.94	471.56	473.04	0.019519	6.44	164.61	92.54	1.50
1400	Tr 100 años	1241.00	467.98	471.13	471.85	473.52	0.019867	6.87	182.88	98.33	1.53

1350	Tr 2.33 años	352.10	467.96	469.79	469.79	470.52	0.009693	3.78	93.06	64.53	1.01
1350	Tr 15 años	757.70	467.96	470.83	470.83	471.87	0.007076	4.55	177.29	101.06	0.94
1350	Tr 25 años	824.70	467.96	470.97	470.97	472.04	0.006791	4.64	192.48	106.79	0.93
1350	Tr 50 años	1052.80	467.96	471.40	471.40	472.59	0.006321	4.96	241.13	123.84	0.92
1350	Tr 100 años	1241.00	467.96	472.16	471.77	473.06	0.003698	4.41	353.44	181.07	0.73

1300	Tr 2.33 años	352.10	467.62	469.11	469.23	469.95	0.01281	4.07	86.59	66.73	1.14
1300	Tr 15 años	757.70	467.62	469.90	470.23	471.36	0.01252	5.36	142.05	74.13	1.21
1300	Tr 25 años	824.70	467.62	470.03	470.38	471.55	0.012093	5.48	152.06	84.26	1.20
1300	Tr 50 años	1052.80	467.62	471.19	470.84	472.08	0.00416	4.29	280.52	134.49	0.76
1300	Tr 100 años	1241.00	467.62	472.27	471.18	472.83	0.001931	3.54	452.50	193.99	0.54

1250	Tr 2.33 años	352.10	465.97	467.29	467.78	468.96	0.027737	5.73	61.50	50.08	1.65
1250	Tr 15 años	757.70	465.97	469.79	468.99	470.43	0.002663	3.66	246.77	116.45	0.61
1250	Tr 25 años	824.70	465.97	470.18	469.18	470.74	0.002117	3.49	295.05	133.27	0.55
1250	Tr 50 años	1052.80	465.97	471.46	469.75	471.83	0.001053	2.96	504.22	187.45	0.41
1250	Tr 100 años	1241.00	465.97	472.41	470.07	472.69	0.000699	2.69	703.08	234.91	0.34

1200	Tr 2.33 años	352.10	465.60	467.82	467.82	468.50	0.009728	3.67	95.99	70.36	1.00
1200	Tr 15 años	757.70	465.60	469.79	468.74	470.26	0.002094	3.06	263.05	95.48	0.54
1200	Tr 25 años	824.70	465.60	470.17	468.87	470.61	0.001715	2.98	309.94	157.54	0.50
1200	Tr 50 años	1052.80	465.60	471.50	469.29	471.75	0.000749	2.42	617.16	272.54	0.35
1200	Tr 100 años	1241.00	465.60	472.46	469.60	472.63	0.000448	2.10	908.86	330.14	0.27

Dirección: Calle 57 No. 45-45 Of. 402 Barrio Nicolás de Federman Bogotá D.C. Colombia.

Contacto celular 3175024817-3112046943 E-mail interambientales.sa@gmail.com

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Río Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



1150	Tr 2.33 años	352.10	463.91	467.01	466.22	467.56	0.00337	3.28	107.50	39.93	0.64
1150	Tr 15 años	757.70	463.91	469.55	467.69	470.15	0.001652	3.47	229.91	59.59	0.49
1150	Tr 25 años	824.70	463.91	469.90	467.88	470.51	0.001546	3.51	251.93	66.39	0.48
1150	Tr 50 años	1052.80	463.91	471.17	468.51	471.68	0.001041	3.32	446.55	213.58	0.41
1150	Tr 100 años	1241.00	463.91	472.25	469.02	472.59	0.000647	2.89	731.76	319.24	0.33
1100	Tr 2.33 años	352.10	462.00	464.63	464.67	465.59	0.00967	4.36	80.77	44.67	1.03
1100	Tr 15 años	757.70	462.00	464.92	466.08	468.23	0.027707	8.06	94.36	49.48	1.79
1100	Tr 25 años	824.70	462.00	465.00	466.28	468.62	0.028756	8.43	98.51	50.46	1.84
1100	Tr 50 años	1052.80	462.00	465.26	466.83	469.89	0.031624	9.55	112.20	53.02	1.96
1100	Tr 100 años	1241.00	462.00	465.47	467.24	470.88	0.03331	10.35	123.20	54.94	2.04
1050	Tr 2.33 años	352.10	461.97	463.31	463.76	464.79	0.026694	5.38	65.45	57.44	1.61
1050	Tr 15 años	757.70	461.97	463.97	464.80	466.59	0.029408	7.17	105.63	64.60	1.79
1050	Tr 25 años	824.70	461.97	464.04	464.94	466.91	0.030696	7.50	109.95	66.30	1.84
1050	Tr 50 años	1052.80	461.97	464.24	465.40	467.97	0.034563	8.57	123.66	71.81	1.99
1050	Tr 100 años	1241.00	461.97	464.38	465.77	468.83	0.03726	9.35	134.50	75.02	2.09
1000	Tr 2.33 años	352.10	461.91	463.79	463.72	464.37	0.008508	3.36	104.84	79.45	0.93
1000	Tr 15 años	757.70	461.91	464.68	464.66	465.56	0.006774	4.19	197.03	167.15	0.91
1000	Tr 25 años	824.70	461.91	464.81	464.91	465.71	0.006468	4.26	221.50	195.79	0.89
1000	Tr 50 años	1052.80	461.91	464.71	465.25	466.37	0.012648	5.77	201.25	186.03	1.24
1000	Tr 100 años	1241.00	461.91	464.74	465.57	466.97	0.016686	6.69	206.88	189.44	1.43
950	Tr 2.33 años	352.10	459.99	463.08	463.08	463.89	0.009599	4.00	87.92	53.89	1.00
950	Tr 15 años	757.70	459.99	464.46	464.46	465.25	0.00483	4.08	232.78	188.18	0.78
950	Tr 25 años	824.70	459.99	464.45	464.57	465.40	0.005814	4.46	230.86	187.40	0.85

Dirección: Calle 57 No. 45-45 Of. 402 Barrio Nicolás de Federman Bogotá D.C. Colombia.

Contacto celular 3175024817-3112046943 E-mail interambientales.sa@gmail.com

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Río Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



950	Tr 50 años	1052.80	459.99	464.84	464.88	465.81	0.005282	4.65	310.00	219.51	0.83
950	Tr 100 años	1241.00	459.99	464.92	465.25	466.17	0.006695	5.31	328.26	245.10	0.94

900	Tr 2.33 años	352.10	459.97	461.33	461.84	462.94	0.041552	5.61	62.75	72.39	1.92
900	Tr 15 años	757.70	459.97	461.86	462.66	464.52	0.044318	7.24	106.15	94.36	2.10
900	Tr 25 años	824.70	459.97	461.96	462.78	464.61	0.041263	7.24	116.09	98.72	2.05
900	Tr 50 años	1052.80	459.97	462.24	463.12	465.07	0.034584	7.51	144.85	109.64	1.93
900	Tr 100 años	1241.00	459.97	462.46	463.39	465.39	0.030068	7.66	170.68	121.40	1.84

850	Tr 2.33 años	352.10	459.44	460.82	460.94	461.46	0.015473	3.54	99.57	109.51	1.18
850	Tr 15 años	757.70	459.44	461.21	461.63	462.59	0.022759	5.20	147.44	135.15	1.51
850	Tr 25 años	824.70	459.44	461.27	461.72	462.75	0.023089	5.40	155.17	137.12	1.53
850	Tr 50 años	1052.80	459.44	461.42	461.95	463.32	0.025397	6.12	176.89	143.19	1.63
850	Tr 100 años	1241.00	459.44	461.54	462.35	463.76	0.026754	6.63	194.53	150.86	1.70

800	Tr 2.33 años	352.10	458.19	459.29	459.59	460.30	0.035321	4.45	79.17	114.64	1.71
800	Tr 15 años	757.70	458.19	459.78	460.26	461.32	0.027651	5.50	139.22	132.81	1.64
800	Tr 25 años	824.70	458.19	459.84	460.35	461.48	0.027461	5.68	147.42	135.29	1.65
800	Tr 50 años	1052.80	458.19	460.03	460.67	461.99	0.02729	6.23	174.01	147.12	1.69
800	Tr 100 años	1241.00	458.19	460.16	460.85	462.39	0.02758	6.66	194.09	152.29	1.72

750	Tr 2.33 años	352.10	457.94	459.07	459.07	459.54	0.011089	3.02	116.68	129.18	1.00
750	Tr 15 años	757.70	457.94	459.71	459.71	460.44	0.008831	3.81	204.90	145.86	0.98
750	Tr 25 años	824.70	457.94	459.78	459.78	460.56	0.008953	3.95	215.47	147.10	0.99
750	Tr 50 años	1052.80	457.94	460.05	460.08	460.97	0.008684	4.31	256.32	159.20	1.00
750	Tr 100 años	1241.00	457.94	460.16	460.31	461.29	0.009875	4.77	274.55	163.95	1.08

700	Tr 2.33 años	352.10	456.43	457.64	457.92	458.66	0.027006	4.48	78.57	91.96	1.55
-----	--------------	--------	--------	--------	--------	--------	----------	------	-------	-------	------

Dirección: Calle 57 No. 45-45 Of. 402 Barrio Nicolás de Federman Bogotá D.C. Colombia.

Contacto celular 3175024817-3112046943 E-mail interambientales.sa@gmail.com

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Río Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



700	Tr 15 años	757.70	456.43	458.33	458.73	459.76	0.017354	5.32	144.48	105.84	1.37
700	Tr 25 años	824.70	456.43	458.44	458.84	459.91	0.016144	5.38	156.74	110.30	1.34
700	Tr 50 años	1052.80	456.43	458.78	459.21	460.37	0.013668	5.62	198.05	128.49	1.27
700	Tr 100 años	1241.00	456.43	459.05	459.44	460.70	0.012171	5.76	233.93	140.75	1.22

650	Tr 2.33 años	352.10	455.96	457.57	457.17	457.87	0.003791	2.41	146.12	99.10	0.63
650	Tr 15 años	757.70	455.96	458.37	457.92	458.93	0.004169	3.33	231.02	123.66	0.71
650	Tr 25 años	824.70	455.96	458.48	458.02	459.08	0.004173	3.45	245.36	130.22	0.72
650	Tr 50 años	1052.80	455.96	458.88	458.39	459.57	0.003955	3.72	301.67	154.92	0.72
650	Tr 100 años	1241.00	455.96	458.18	458.69	460.00	0.015132	5.98	208.43	112.55	1.34

600	Tr 2.33 años	352.10	455.39	456.98	456.98	457.54	0.01046	3.34	105.38	93.96	1.01
600	Tr 15 años	757.70	455.39	457.84	457.75	458.64	0.007455	3.97	192.92	109.57	0.93
600	Tr 25 años	824.70	455.39	457.95	457.86	458.79	0.007299	4.07	205.54	111.65	0.92
600	Tr 50 años	1052.80	455.39	458.22	458.21	459.27	0.00769	4.54	238.46	137.28	0.97
600	Tr 100 años	1241.00	455.39	458.62	458.62	459.60	0.005942	4.45	310.54	213.64	0.87

550	Tr 2.33 años	352.10	454.00	456.91	455.98	457.10	0.002178	1.96	179.53	109.16	0.49
550	Tr 15 años	757.70	454.00	458.14	456.97	458.33	0.001228	2.05	456.30	270.95	0.40
550	Tr 25 años	824.70	454.00	458.28	457.09	458.48	0.001172	2.08	495.67	271.16	0.39
550	Tr 50 años	1052.80	454.00	458.69	457.61	458.90	0.001102	2.20	605.95	271.76	0.39
550	Tr 100 años	1241.00	454.00	459.00	457.80	459.22	0.001058	2.29	689.88	272.27	0.39

500	Tr 2.33 años	352.10	454.00	456.92	455.80	457.01	0.000798	1.51	320.86	251.59	0.31
500	Tr 15 años	757.70	454.00	458.16	456.76	458.26	0.000555	1.67	635.04	253.23	0.28
500	Tr 25 años	824.70	454.00	458.30	456.83	458.41	0.000557	1.72	671.33	253.44	0.28
500	Tr 50 años	1052.80	454.00	458.71	457.06	458.84	0.000592	1.89	773.40	254.01	0.30
500	Tr 100 años	1241.00	454.00	459.01	457.23	459.16	0.000613	2.02	851.11	254.43	0.31

Dirección: Calle 57 No. 45-45 Of. 402 Barrio Nicolás de Federman Bogotá D.C. Colombia.

Contacto celular 3175024817-3112046943 E-mail interambientales.sa@gmail.com

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Río Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



450	Tr 2.33 años	352.10	453.88	455.99	455.99	456.84	0.009319	4.09	86.07	51.16	1.01
450	Tr 15 años	757.70	453.88	457.33	457.33	458.13	0.004884	4.18	233.58	169.85	0.80
450	Tr 25 años	824.70	453.88	457.40	457.40	458.27	0.005133	4.37	247.20	175.06	0.82
450	Tr 50 años	1052.80	453.88	457.80	457.80	458.69	0.004708	4.56	323.52	203.60	0.80
450	Tr 100 años	1241.00	453.88	457.97	457.97	459.00	0.005218	4.96	358.81	215.05	0.85

400	Tr 2.33 años	352.10	452.42	454.11	454.67	455.96	0.031071	6.04	58.33	48.21	1.75
400	Tr 15 años	757.70	452.42	455.09	455.81	457.52	0.020578	6.92	109.97	56.54	1.55
400	Tr 25 años	824.70	452.42	455.28	455.94	457.68	0.018004	6.87	120.93	57.96	1.47
400	Tr 50 años	1052.80	452.42	455.96	456.89	458.21	0.011825	6.66	162.15	62.70	1.25
400	Tr 100 años	1241.00	452.42	456.60	457.38	458.58	0.00817	6.32	219.85	128.11	1.07

350	Tr 2.33 años	352.10	452.00	454.09	453.65	454.50	0.004024	2.81	125.31	70.29	0.67
350	Tr 15 años	757.70	452.00	453.86	454.62	456.32	0.028465	6.95	108.98	68.16	1.76
350	Tr 25 años	824.70	452.00	453.95	454.76	456.55	0.028145	7.14	115.49	68.77	1.76
350	Tr 50 años	1052.80	452.00	454.26	455.18	457.26	0.027639	7.68	137.07	72.16	1.78
350	Tr 100 años	1241.00	452.00	454.50	455.49	457.77	0.026918	8.02	154.78	74.88	1.78

300	Tr 2.33 años	352.10	451.92	453.52	453.52	454.17	0.009818	3.59	98.16	74.90	1.00
300	Tr 15 años	757.70	451.92	454.41	454.41	455.45	0.007975	4.54	170.30	87.00	0.98
300	Tr 25 años	824.70	451.92	454.53	454.53	455.63	0.007871	4.67	180.87	88.99	0.98
300	Tr 50 años	1052.80	451.92	454.95	454.95	456.20	0.007153	4.99	220.47	96.81	0.96
300	Tr 100 años	1241.00	451.92	455.24	455.27	456.63	0.007018	5.28	248.94	101.91	0.97

250	Tr 2.33 años	352.10	451.91	452.67	452.87	453.40	0.027059	3.79	92.94	140.18	1.49
250	Tr 15 años	757.70	451.91	452.94	453.44	454.62	0.040596	5.75	131.92	145.14	1.92
250	Tr 25 años	824.70	451.91	452.98	453.52	454.80	0.041345	5.97	138.26	145.92	1.95

Dirección: Calle 57 No. 45-45 Of. 402 Barrio Nicolás de Federman Bogotá D.C. Colombia.

Contacto celular 3175024817-3112046943 E-mail interambientales.sa@gmail.com

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Río Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



250	Tr 50 años	1052.80	451.91	453.12	453.78	455.38	0.043508	6.66	158.34	148.32	2.04
250	Tr 100 años	1241.00	451.91	453.23	453.99	455.80	0.043291	7.10	175.32	150.27	2.07

200	Tr 2.33 años	352.10	449.84	450.90	451.20	451.92	0.031249	4.48	78.66	102.91	1.63
200	Tr 15 años	757.70	449.84	451.43	452.02	452.99	0.025714	5.54	138.02	122.61	1.60
200	Tr 25 años	824.70	449.84	451.50	452.11	453.15	0.025524	5.70	146.66	136.87	1.61
200	Tr 50 años	1052.80	449.84	451.69	452.35	453.66	0.025368	6.25	178.76	186.55	1.64
200	Tr 100 años	1241.00	449.84	451.82	452.53	454.05	0.025996	6.69	205.12	225.93	1.69

150	Tr 2.33 años	352.10	448.00	450.71	449.38	450.79	0.000548	1.26	332.94	208.82	0.26
150	Tr 15 años	757.70	448.00	451.53	450.05	451.68	0.000802	1.86	521.96	251.71	0.33
150	Tr 25 años	824.70	448.00	451.64	450.21	451.80	0.000821	1.93	550.80	252.55	0.34
150	Tr 50 años	1052.80	448.00	452.01	450.49	452.20	0.000867	2.12	643.63	255.23	0.35
150	Tr 100 años	1241.00	448.00	452.28	450.75	452.49	0.000898	2.27	713.30	256.52	0.36

100	Tr 2.33 años	352.10	448.00	450.62	449.86	450.74	0.001705	1.51	233.94	176.40	0.42
100	Tr 15 años	757.70	448.00	451.41	450.51	451.62	0.001663	2.00	384.08	199.34	0.44
100	Tr 25 años	824.70	448.00	451.52	450.59	451.74	0.001656	2.06	406.02	203.13	0.45
100	Tr 50 años	1052.80	448.00	451.88	450.84	452.13	0.001622	2.25	480.91	220.16	0.45
100	Tr 100 años	1241.00	448.00	452.14	451.02	452.43	0.001603	2.39	539.62	228.36	0.46

50	Tr 2.33 años	352.10	448.00	450.49	449.83	450.64	0.002177	1.69	207.80	157.90	0.47
50	Tr 15 años	757.70	448.00	451.25	450.49	451.52	0.002191	2.30	336.72	183.48	0.51
50	Tr 25 años	824.70	448.00	451.35	450.58	451.64	0.002194	2.38	355.98	185.72	0.51
50	Tr 50 años	1052.80	448.00	451.69	450.84	452.03	0.002194	2.61	419.90	200.13	0.53
50	Tr 100 años	1241.00	448.00	451.93	451.02	452.32	0.002198	2.79	471.15	217.75	0.54

0	Tr 2.33 años	352.10	447.98	449.89	449.89	450.39	0.010834	3.15	112.26	111.45	1.00
---	--------------	--------	--------	--------	--------	--------	----------	------	--------	--------	------

Dirección: Calle 57 No. 45-45 Of. 402 Barrio Nicolás de Federman Bogotá D.C. Colombia.

Contacto celular 3175024817-3112046943 E-mail interambientales.sa@gmail.com

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Río Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



0	Tr 15 años	757.70	447.98	450.55	450.55	451.27	0.009523	3.76	204.79	152.18	1.00
0	Tr 25 años	824.70	447.98	450.64	450.64	451.39	0.009225	3.85	218.38	155.04	0.99
0	Tr 50 años	1052.80	447.98	450.92	450.92	451.78	0.00858	4.14	262.39	165.60	0.98
0	Tr 100 años	1241.00	447.98	451.14	451.14	452.08	0.008011	4.32	300.01	174.20	0.97

5.9 ELABORACIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO

Dadas las características del río Gualí y la calidad y cantidad de información topográfica y batimétrica disponible se procedió a elaborar el modelo hidráulico por medio del software HEC – RAS, el cual es un modelo unidimensional de libre distribución y uso.

Adicionalmente con el fin de obtener comparar resultados con un modelo bidimensional se procedió a elaborar el modelo hidráulico a través del software River2D, el cual es un modelo hidráulico bidimensional de libre distribución y uso.

5.9.1 Modelo hidráulico del Río Gualí Unidimensional

Este Programa desarrollado para Análisis de Ríos es un modelo numérico para flujo unidimensional permanente y no permanente, con transporte de sedimentos y con capacidad para trabajar con flujos mixtos subcrítico y supercrítico. Es un programa de la Nueva Generación desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos (U.S. Army Corps of Engineers, USACE) para remplazar a los clásicos HEC-2, UNET y eventualmente HEC-6 también.

Puede modelar estructuras fluviales como diques, puentes y alcantarillas. La erosión local en pilares de puentes puede ser calculada mediante los procedimientos recomendados por la Administración Federal de Carreteras (Federal Highway Administration, FHWA) de Estados Unidos.

Sin embargo, sus principales limitaciones son asumir lecho rígido y flujo unidireccional, por lo que debe ser aplicado con cautela en ríos aluviales muy erosionables o muy meandriformes; en estos casos puede ser recomendable recurrir a otro tipo de modelo más sofisticado. Este programa está disponible en forma gratuita en la página web del USACE. (www.hec.usace.army.mil).

El modelo permite realizar análisis de flujo unidimensional permanente, no permanente, cálculos hidrodinámicos de lecho móvil y transporte de sedimentos. HEC RAS resuelve las ecuaciones completas de Saint Venant para flujo no permanente unidimensional en canal abierto:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial \phi Q}{\partial x_c} + \frac{\partial (1 - \phi) Q}{\partial x_f} = 0 \quad (3.1)$$

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_c} \left(\frac{\phi^2 Q^2}{A_c} \right) + \frac{\partial}{\partial x_f} \left(\frac{(1 - \phi)^2 Q^2}{A_f} \right) + g A_c \left(\frac{\partial z}{\partial x_c} + S_c \right) + g A_f \left(\frac{\partial z}{\partial x_f} + S_f \right) = 0 \quad (3.2)$$

Dónde:

$$\phi = \frac{K_c}{K_c + K_f} \quad (3.3); \quad K = \frac{A^{5/3}}{nP^{2/3}} \quad (3.4)$$

$$S_c = \frac{\phi^2 Q^2 n_c^2}{R_c^{4/3} A_c^2} \quad (3.5); \quad S_f = \frac{(1 - \phi)^2 Q^2 n_f^2}{R_f^{4/3} A_f^2} \quad (3.6)$$

Donde Q es el caudal total por el cauce, A (A_c, A_f) las secciones transversales del flujo (en el canal y la llanura de inundación), x_c y x_f son las distancias a lo largo del canal y la llanura de inundación (éstas pueden ser diferentes entre secciones transversales con el fin de representar la sinuosidad del canal), P es el perímetro mojado, R es el radio hidráulico (A/P), n es el valor del coeficiente de Maning y S es la pendiente de la línea de fricción. ϕ como se reparte el flujo entre la llanura de inundación y el canal principal de acuerdo a los coeficientes de transporte K_c y K_f . Con el fin de obtener la solución, todas estas ecuaciones son discretizadas usando el método de diferencias finitas y se resuelven usando el método implícito de los cuatro puntos.

Dentro de las bases teóricas para el cálculo de los perfiles de flujo unidimensionales, éstos son calculados de una sección transversal a la otra

resolviendo la ecuación de energía mediante un procedimiento iterativo llamado el método del paso estándar.

$$Z_1 + Y_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + Y_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + h_e \quad (3.7)$$

Donde h_e es la pérdida de energía de una sección transversal a otra, la cual se calcula así:

$$h_e = L * \bar{S}_f + C \left| \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} - \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} \right| \quad (3.8)$$

Donde L es la longitud promedio ponderada del cauce; C es el coeficiente de expansión y contracción y \bar{S}_f es la pendiente de la línea de fricción.

La longitud del cauce promedio se calcula por medio de:

$$L = \frac{L_{ob} * \overline{Q_{ob}} + L_{ch} * \overline{Q_{ch}} + L_{rob} * \overline{Q_{rob}}}{\overline{Q_{ob}} + \overline{Q_{ch}} + \overline{Q_{rob}}} \quad (3.9)$$

Donde L_{ob} , L_{ch} y L_{rob} son las longitudes entre secciones transversales en la llanura de inundación izquierda, canal principal y llanura de inundación derecha, respectivamente; $\overline{Q_{ob}}$, $\overline{Q_{ch}}$ y $\overline{Q_{rob}}$ es el promedio aritmético de los caudales entre secciones transversales para la llanura de inundación izquierda, canal principal y llanura de inundación derecha, respectivamente.

➤ Integración de HEC-RAS con ArcGIS.

Con el fin de lograr la integración de los resultados de HECRAS 4.0 con ARCGIS⁴, el HEC ha desarrollado una extensión para lograr llamada HEC-GeoRAS, la cual provee un conjunto de herramientas para el preprocesamiento de la información (elaboración del MDT), modelación y posprocesamiento de los resultados (generación del MDE de la lámina de agua) con el fin de generar los mapas de inundación.

En la

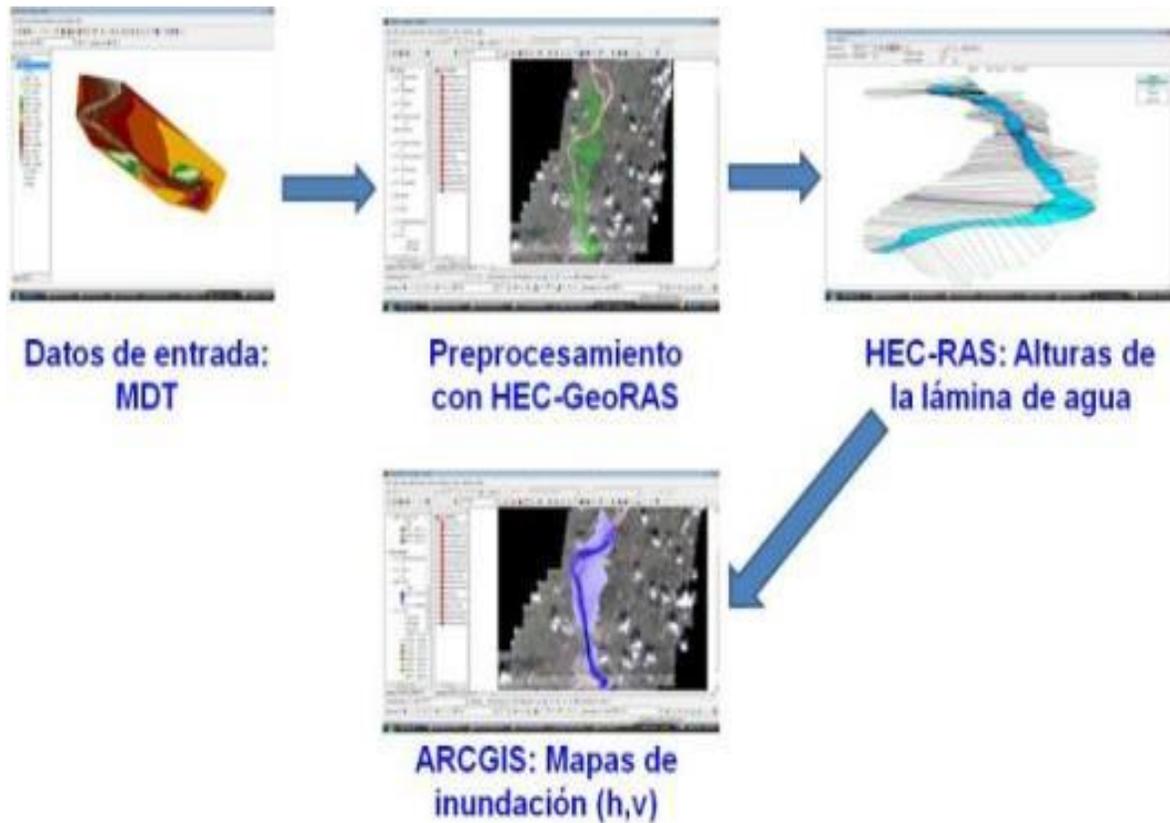
Figura 31, se presenta el orden secuencial de los procedimientos desarrollados con el fin de elaborar el mapa de inundación. A continuación se describe de manera resumida cada una de las etapas⁵:

- **Preprocesamiento:** consiste en generar en ArcGIS el Modelo Digital del Terreno (MDT) del cauce principal y la llanura de inundación, así como definir los coeficientes de rugosidad de los mimos. De otro lado en HEC-RAS se define la discretización computacional (número de secciones transversales), así como las condiciones de frontera y condiciones iniciales.
- **Cálculo:** consiste en realizar la modelación computacional, calibración, validación y análisis de escenarios.
- **Posprocesamiento:** esta etapa se realiza en ArcGIS, la cual consiste en elaborar los mapas de la inundación, velocidad del flujo y profundidad con el fin de realizar cualquier tipo de análisis espacial.

⁴ Conjunto de productos relacionado con los Sistemas de Información Geográfica producido y comercializado por la casa ESRI.

⁵ Para ampliar más información sobre el procedimiento detallado de cada una de las etapas el lector puede remitirse a HEC-GEORAS User's Manual, 2002. (http://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/hec-georas_downloads.html)

Figura 31. Preprocesamiento y posprocesamiento del Modelo Hidráulico HEC-RAS



➤ **Preprocesamiento en HEC-RAS.**

El proceso para el preprocesamiento del modelo hidráulico en HEC-RAS consistió en trazar sobre el MDE todas las características necesarias para la ejecución del modelo, las cuales se describen a continuación.

En la figura 31, se presenta de manera secuencial la obtención de la información geométrica en HEC-GeoRAS, tal como la línea central del flujo, las riberas del río, las secciones transversales y otras características adicionales como puentes y obstrucciones al flujo como viviendas.

Figura 32. Preprocesamiento de la información con HEC-GeoRAS

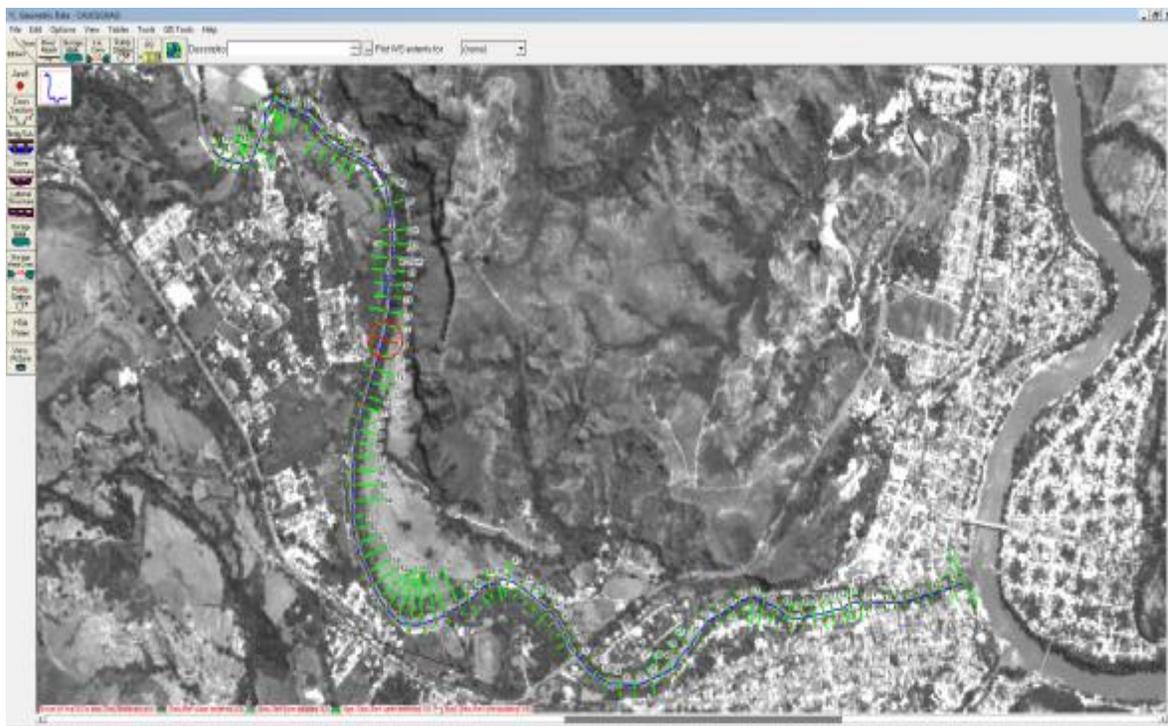
➤ Modelación en HEC-RAS

Con el módulo HEC GeoRAS se realiza la exportación desde ARCGIS de los datos necesarios para la elaboración del modelo hidráulico HEC-RAS, en donde se complementa la información necesaria para hacer la simulación, la cual comprende caudales, rugosidades del cauce principal y rugosidades de las llanuras de inundación, obteniendo como resultado un modelo hidráulico compuesto por 105 secciones transversales.

Figura 33. Modelo Hidráulico unidimensional HEC-RAS



Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Rio Guali, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



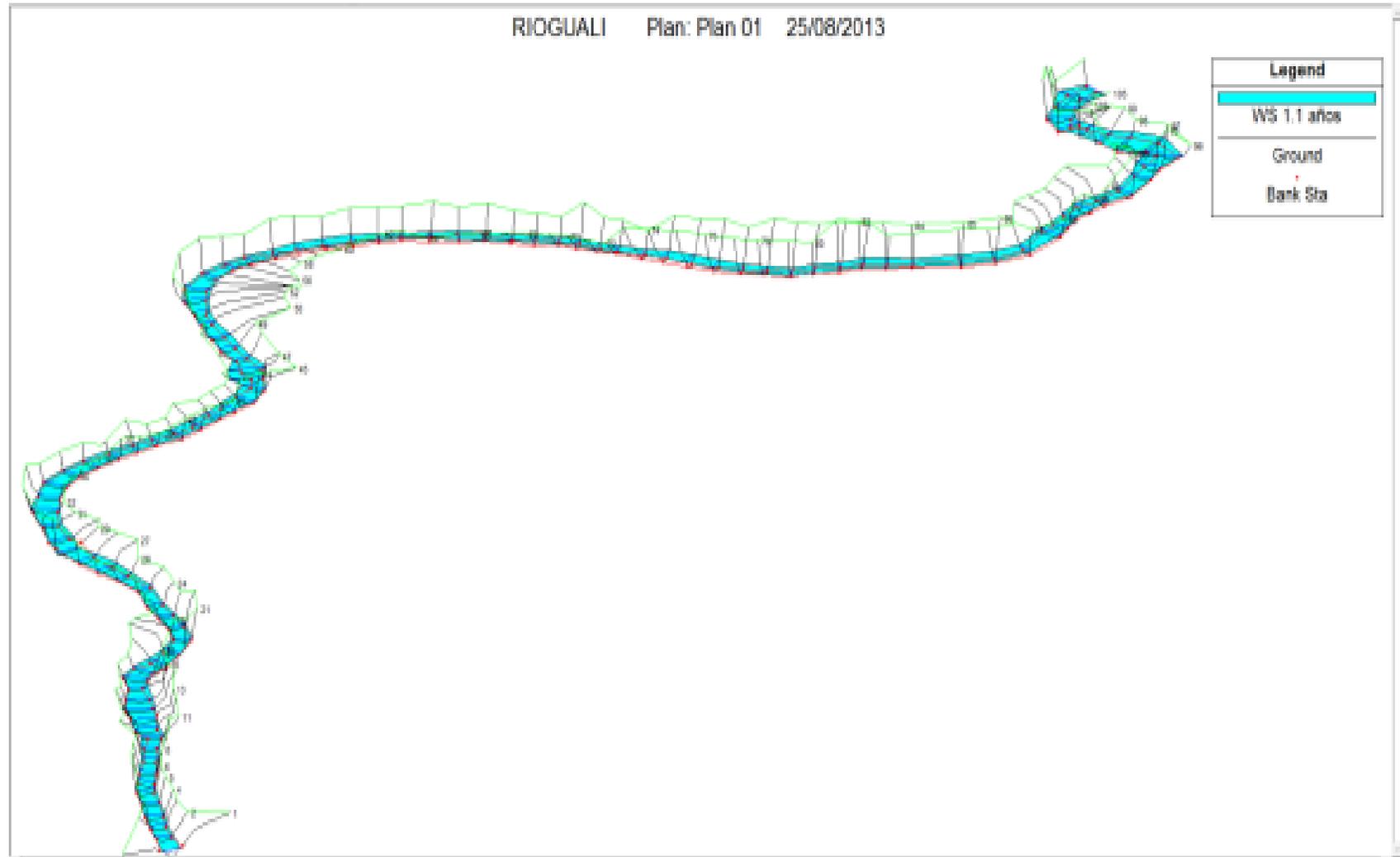
Se realizaron las corridas del modelo correspondiente a los caudales con períodos de retorno de 1.1 años, 2.33 años, 15 años, 50 años y 100 años, con el fin de evaluar las respectivas manchas de inundación generadas.

5.10 MANCHAS DE INUNDACIÓN DEL RIO GUALI, EN LAS ZONAS URBANAS DE HONDA Y SAN SEBASTIÁN DE MARIQUITA

A continuación, se presentan las figuras con las zonas de inundación para los periodos de retorno 2.33, 15, 50 y 100 años, las cuales se adjuntan en mapas a escala 1.5.000, para efectos de manejo de la información (Anexo 4).

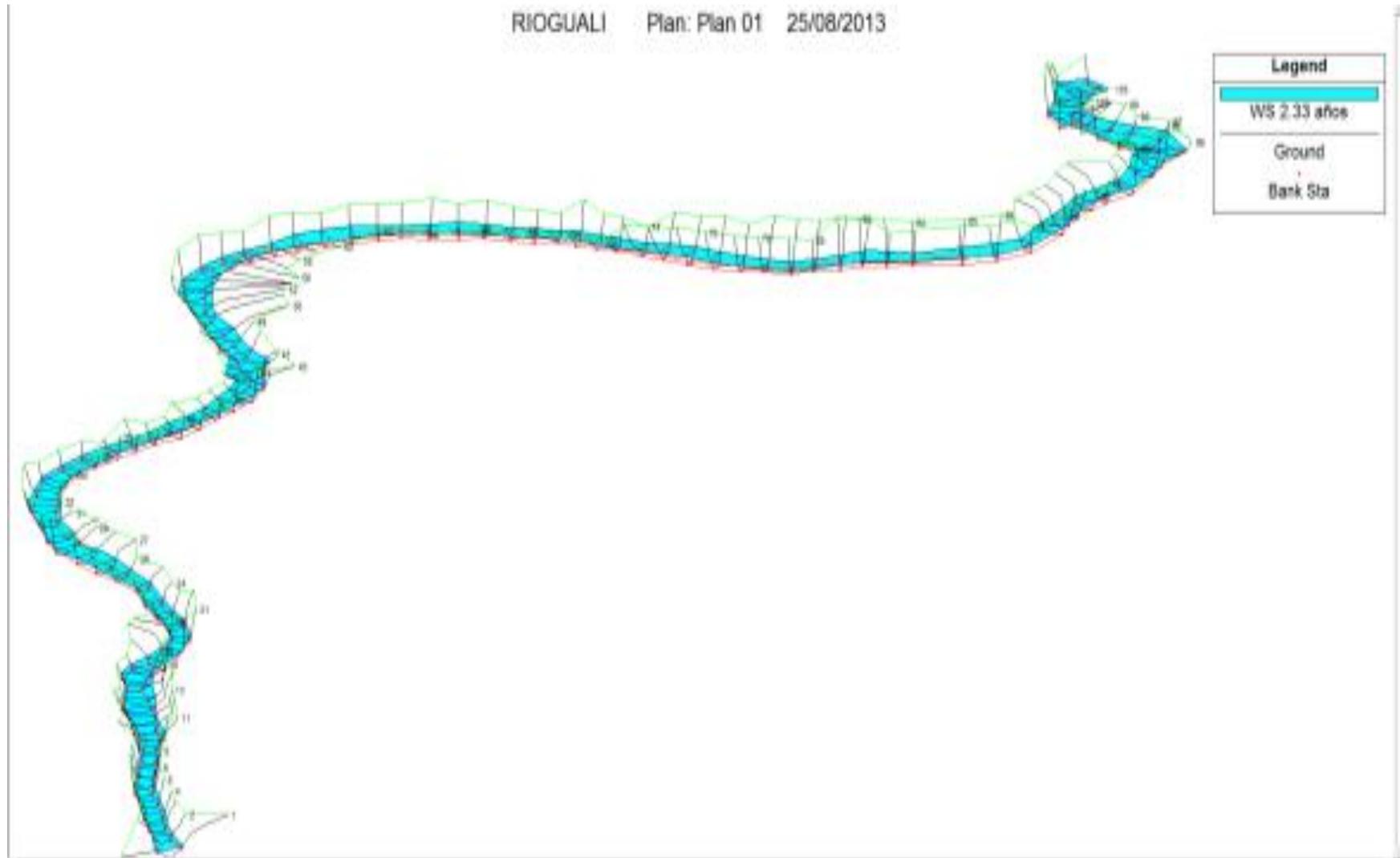
Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Río Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.

Figura 34. Inundación generada para un período de retorno de 1.1 años, en la zona urbana de Honda.



Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Río Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.

Figura 35. Inundación generada para un período de retorno de 2.33 años, en la zona urbana de Honda.

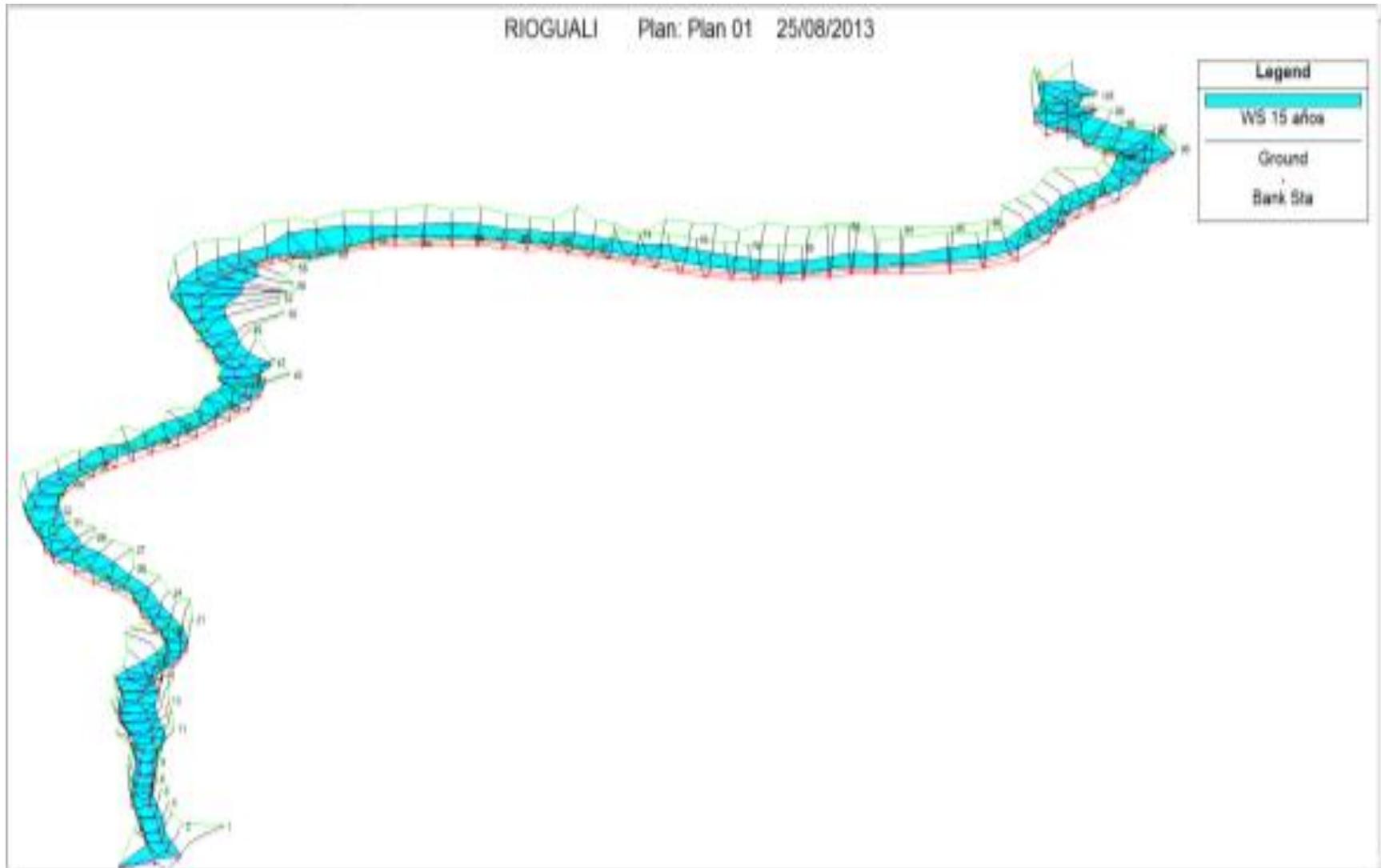


Dirección: Calle 57 No. 45-45 Of. 402 Barrio Nicolás de Federman Bogotá D.C. Colombia.

Contacto celular 3175024817-3112046943 E-mail interambientales.sa@gmail.com

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Rio Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.

Figura 36. Inundación generada para un período de retorno de 15 años, en la zona urbana de Honda.

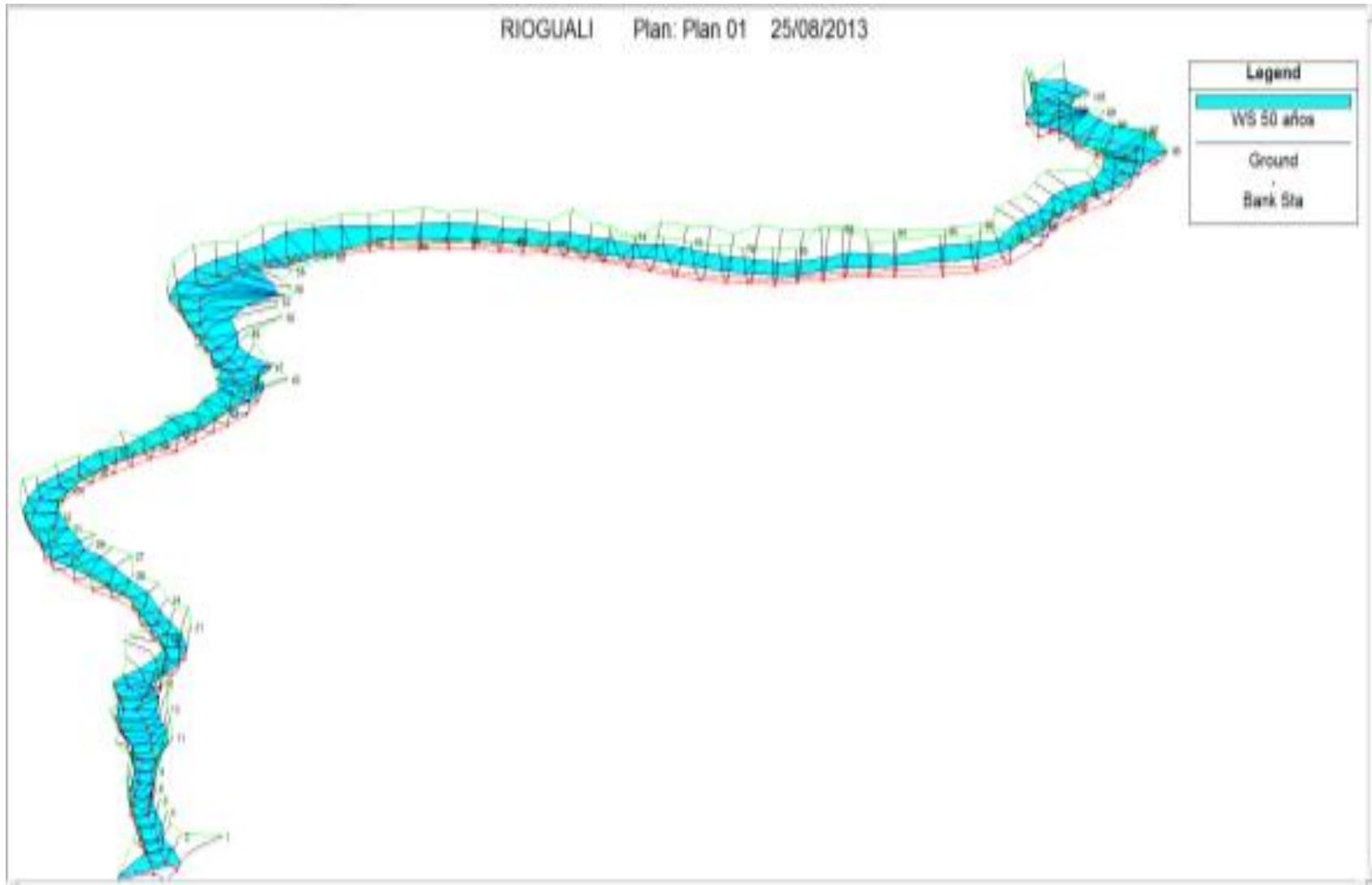


Dirección: Calle 57 No. 45-45 Of. 402 Barrio Nicolás de Federman Bogotá D.C. Colombia.

Contacto celular 3175024817-3112046943 E-mail interambientales.sa@gmail.com

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Rio Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.

Figura 37. Inundación generada para un período de retorno de 50 años, en la zona urbana de Honda.

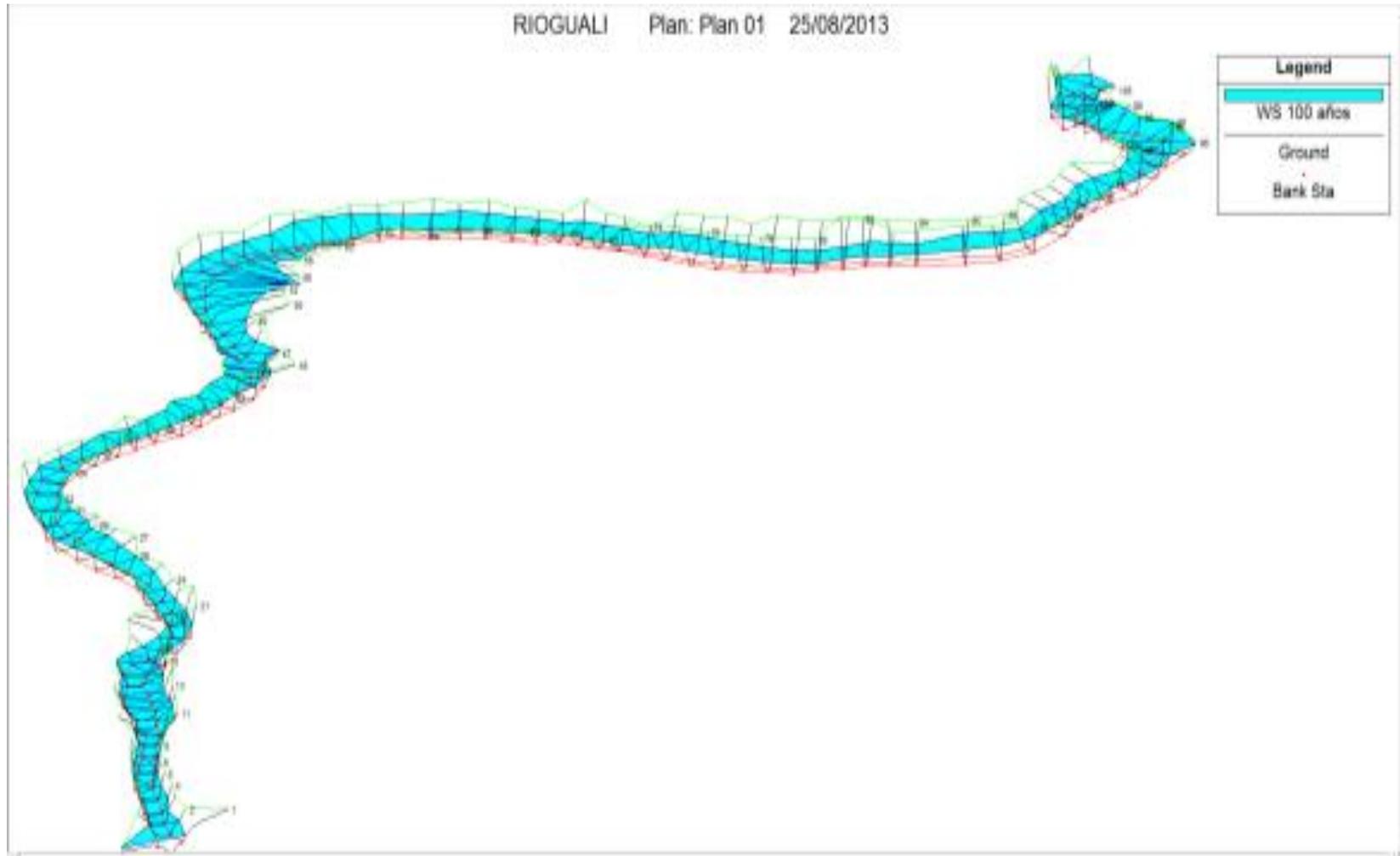


Dirección: Calle 57 No. 45-45 Of. 402 Barrio Nicolás de Federman Bogotá D.C. Colombia.

Contacto celular 3175024817-3112046943 E-mail interambientales.sa@gmail.com

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Rio Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.

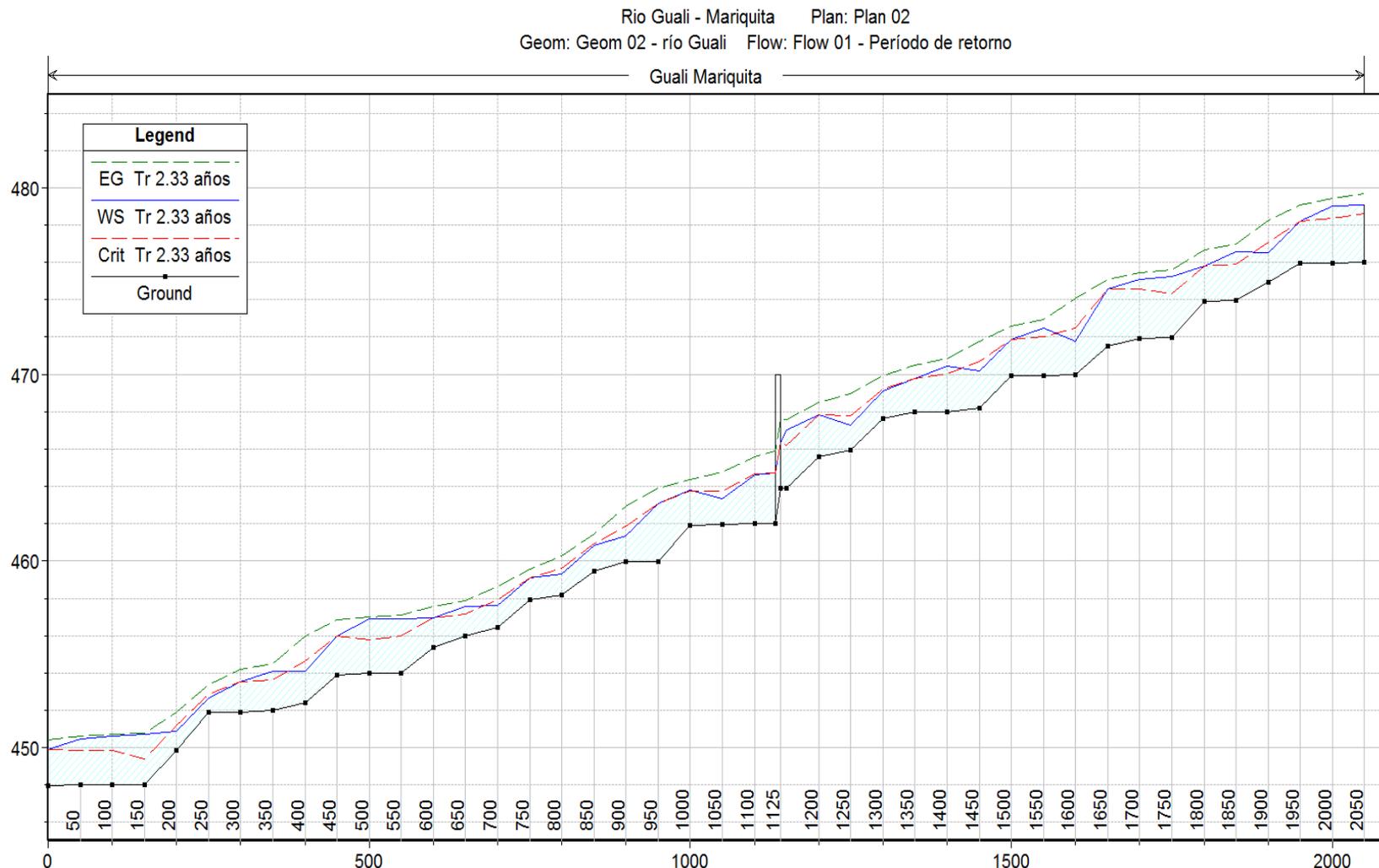
Figura 38. Inundación generada para un período de retorno de 100 años, en la zona urbana de Honda



Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Rio Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



Figura 39. Perfil Longitudinal, río Gualí, periodo de retorno 2,33 años, en la zona urbana del municipio de San Sebastián de Mariquita.



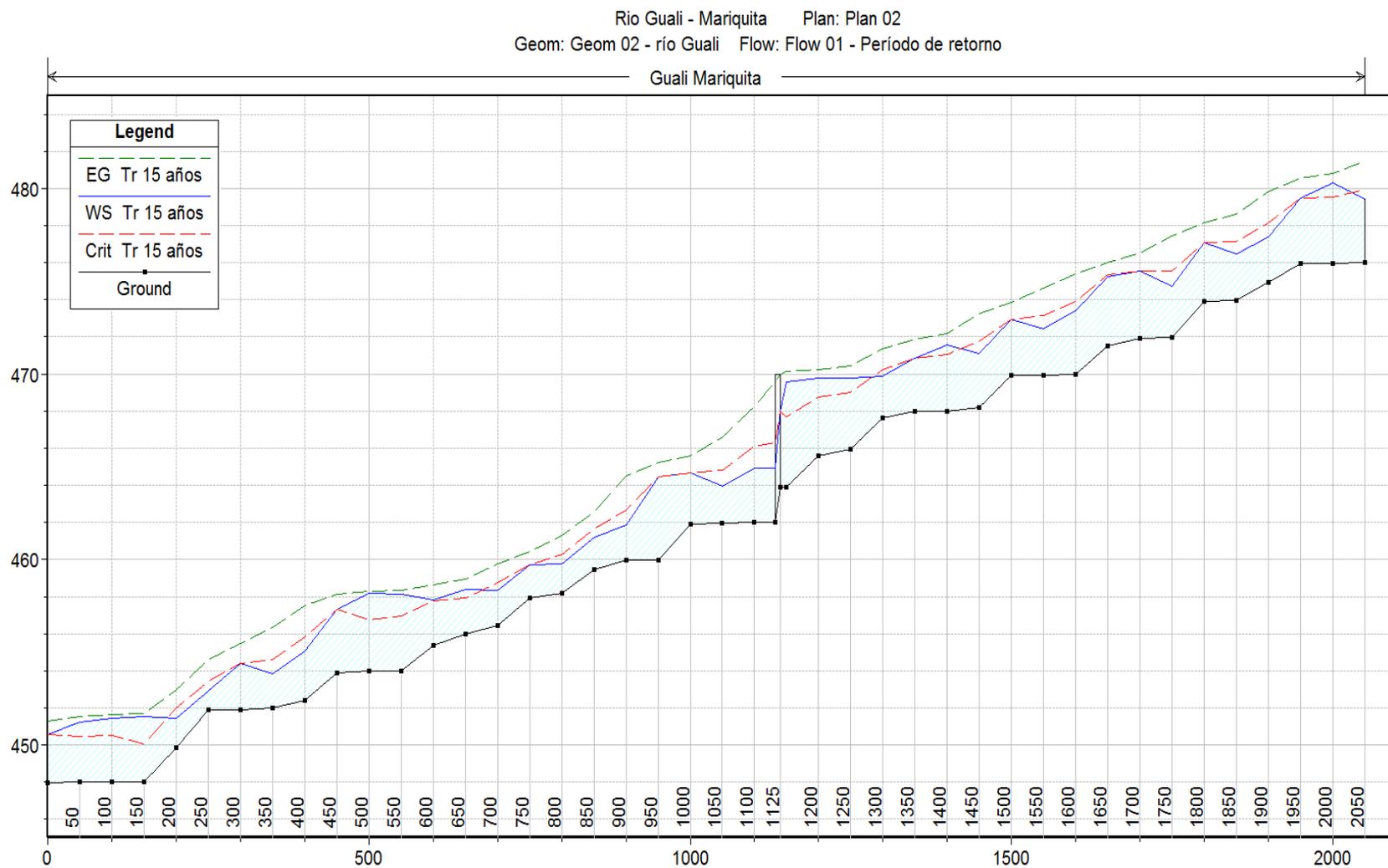
Dirección: Calle 57 No. 45-45 Of. 402 Barrio Nicolás de Federman Bogotá D.C. Colombia.

Contacto celular 3175024817-3112046943 E-mail interambientales.sa@gmail.com

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Río Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



Figura 40. Perfil Longitudinal, río Gualí, periodo de retorno 15 años, en la zona urbana del municipio San Sebastián de Mariquita.



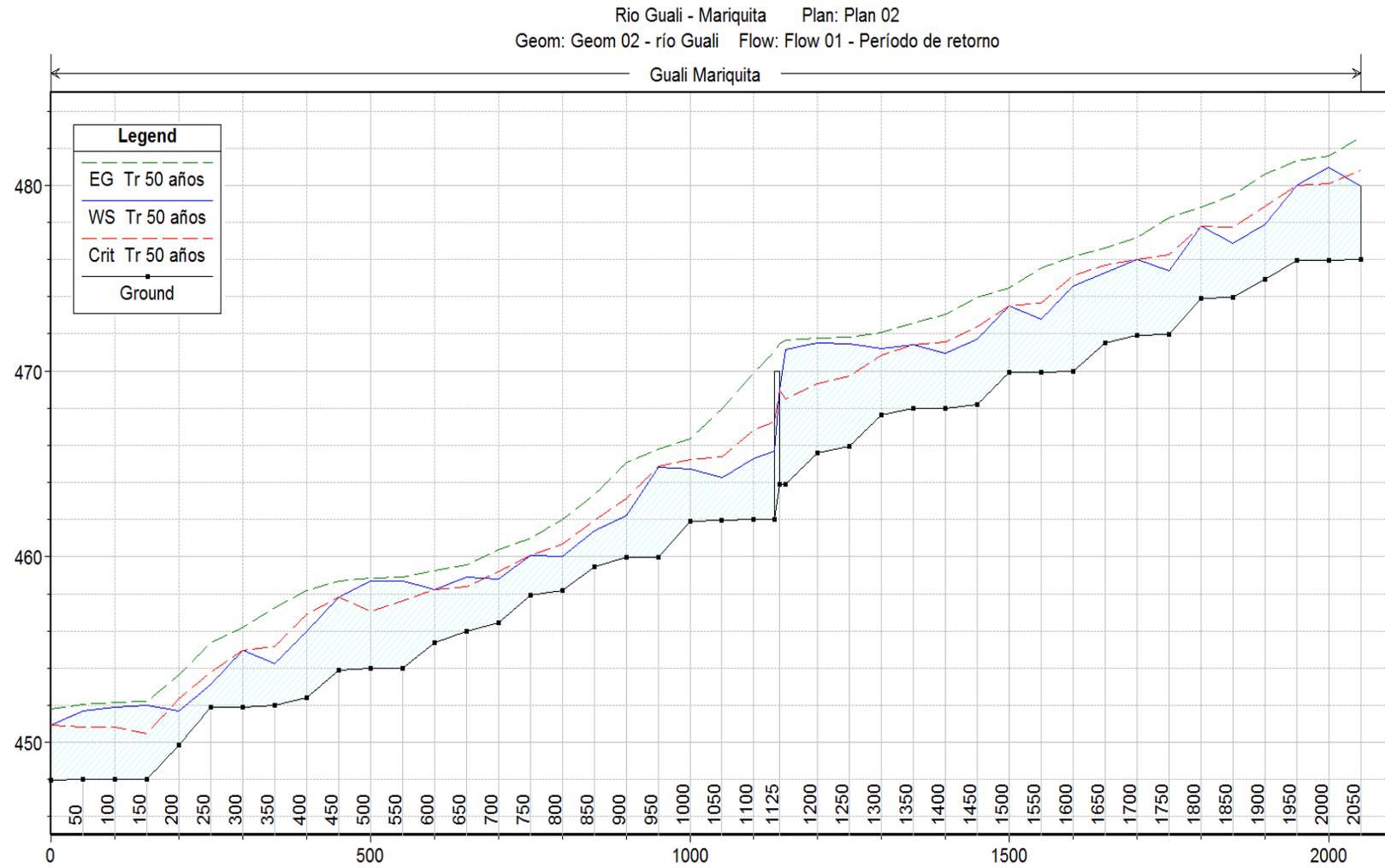
Dirección: Calle 57 No. 45-45 Of. 402 Barrio Nicolás de Federman Bogotá D.C. Colombia.

Contacto celular 3175024817-3112046943 E-mail interambientales.sa@gmail.com

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Río Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



Figura 41. Perfil Longitudinal, río Gualí, periodo de retorno 50 años, en la zona urbana del municipio de San Sebastián de Mariquita.



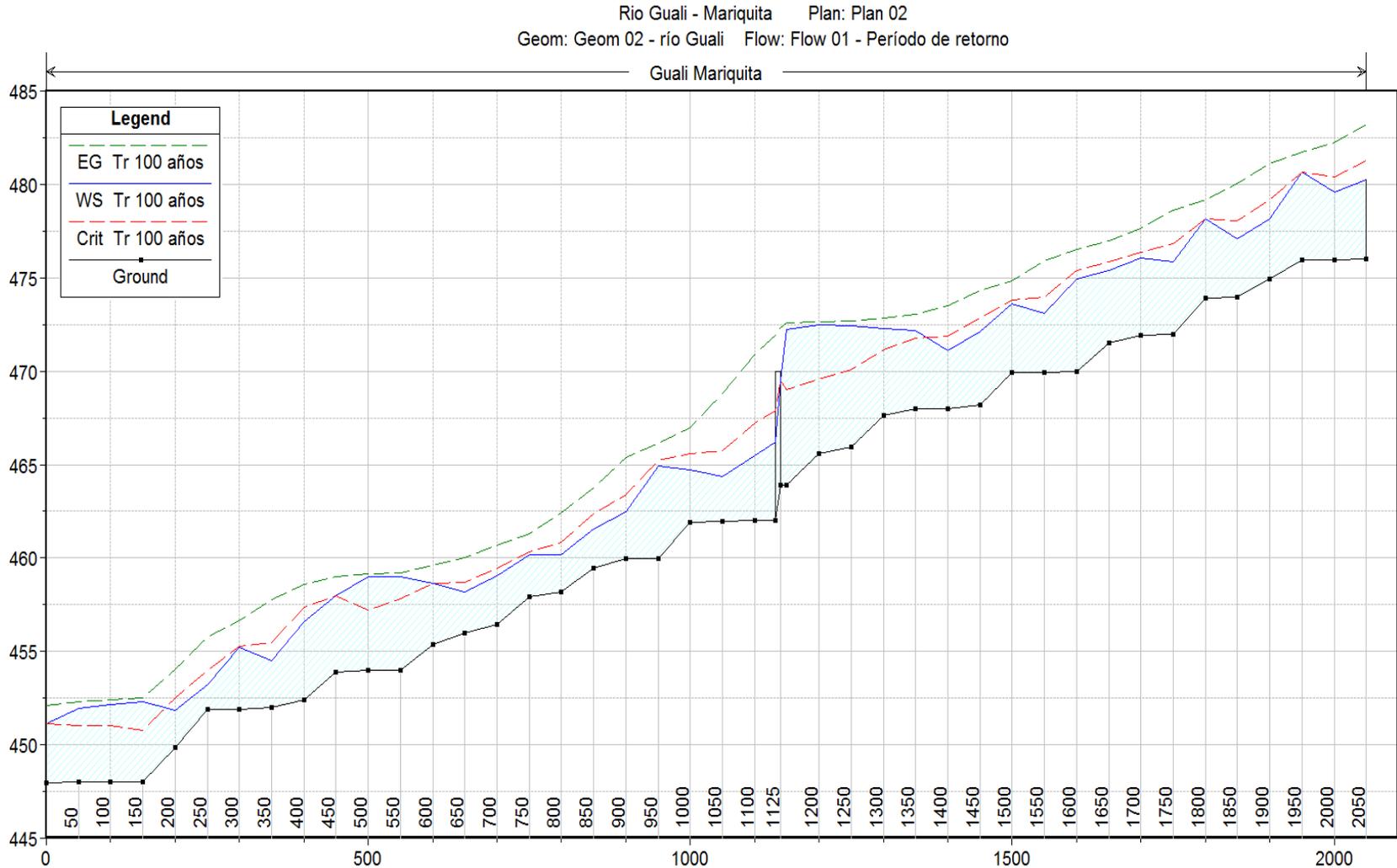
Dirección: Calle 57 No. 45-45 Of. 402 Barrio Nicolás de Federman Bogotá D.C. Colombia.

Contacto celular 3175024817-3112046943 E-mail interambientales.sa@gmail.com

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Río Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



Figura 42. Perfil Longitudinal, río Gualí, periodo de retorno 100 años, en la zona urbana del municipio de San Sebastián de Mariquita.

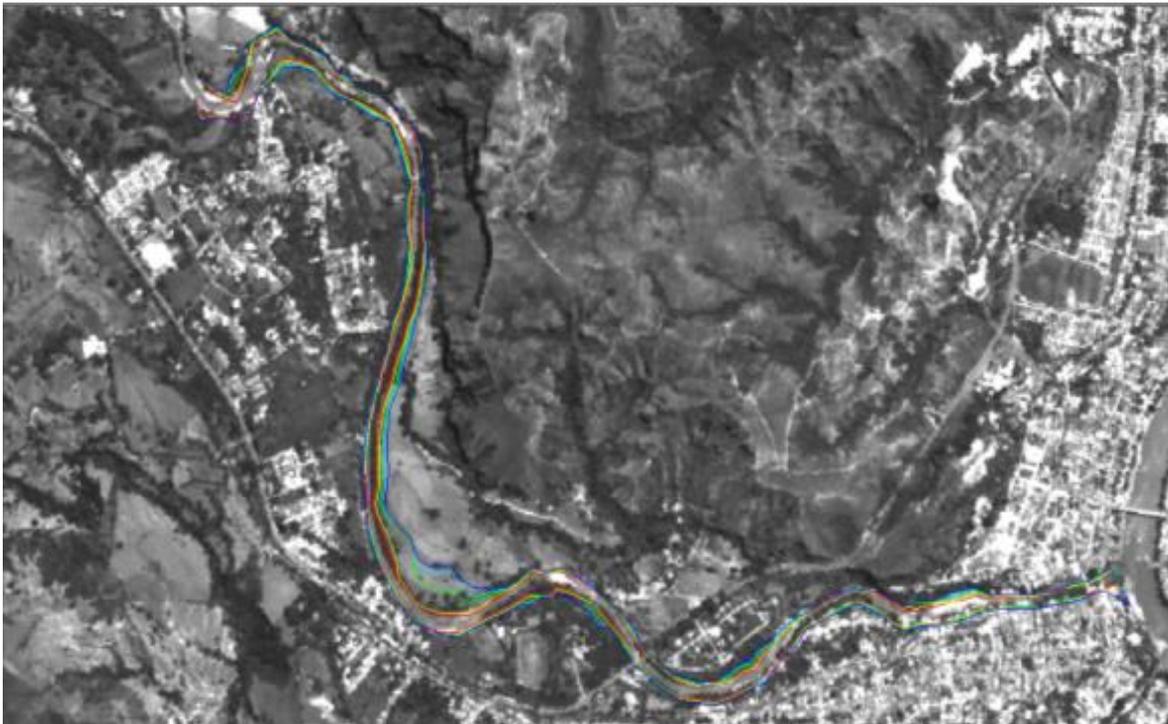


Dirección: Calle 57 No. 45-45 Of. 402 Barrio Nicolás de Federman Bogotá D.C. Colombia.

Contacto celular 3175024817-3112046943 E-mail interambientales.sa@gmail.com

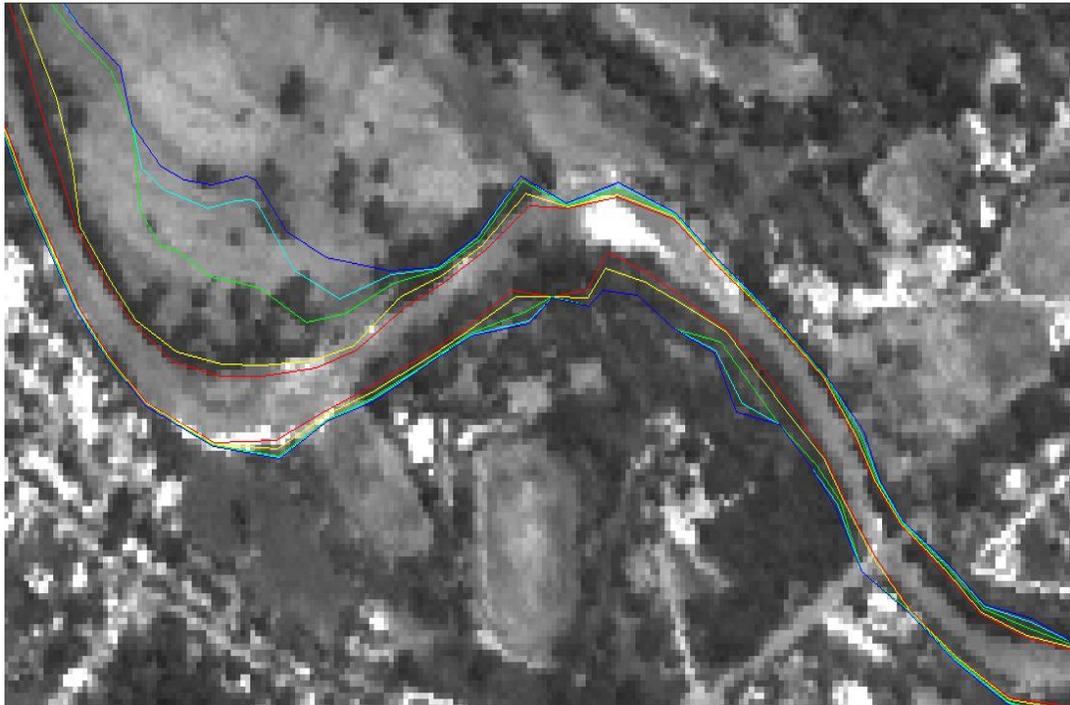
En la Figura 43, se presenta a manera de ejemplo la representación de las manchas de inundación, de la zona urbana del municipio de Honda, generadas para cada período de retorno. Tal como se puede ver los caudales de 2.33, 15, 50 y 100 años pueden circular por el cauce actual del río debido a su alta pendiente y cauce profundo.

Figura 43. Manchas de inundación para cada período de retorno



Solamente se presenta en el sector occidental del río un desbordamiento sobre la margen izquierda del río en lotes que actualmente son potreros.

Figura 44. Desbordamiento margen izquierda del Río Gualí



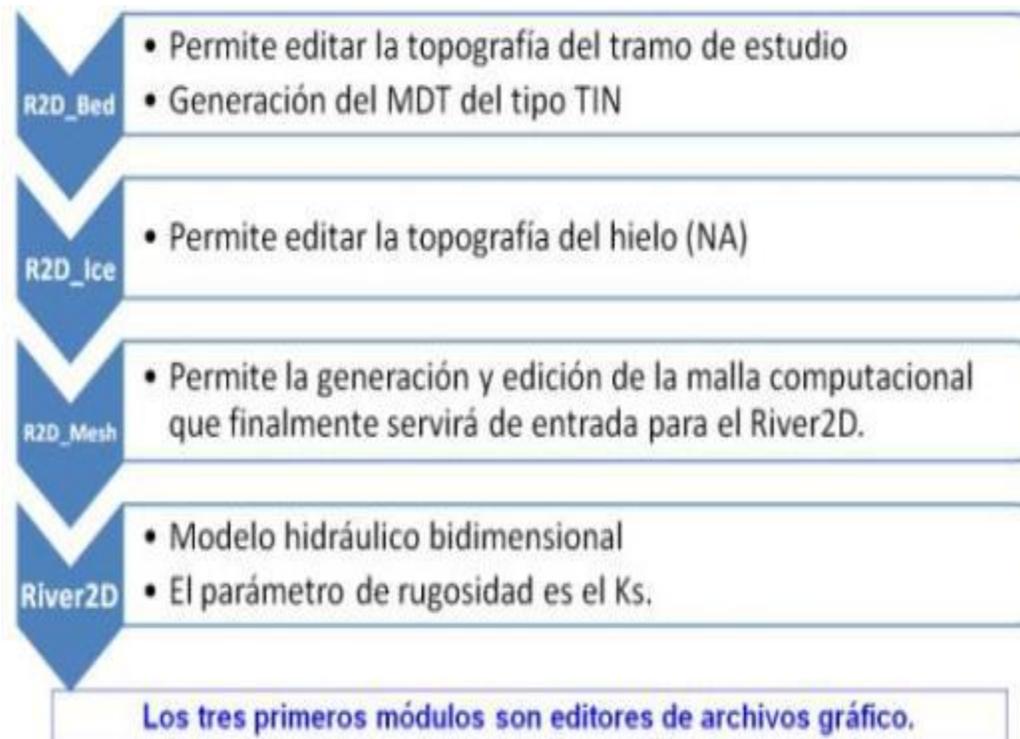
5.10.1.1 Modelo hidráulico Bidimensional River2D 0.9

Es un modelo hidrodinámico bidimensional de elementos finitos (MEF) promediado en profundidad desarrollado por la Universidad de Alberta en Canadá (River2D User's Manual). Posee características únicas como su capacidad de representar flujo sub- y supercrítico. Algoritmos especiales de agua subterránea permiten una transición gradual entre agua superficial y subterránea en los bordes del río, que evitan quiebres bruscos en las fronteras. Emplea el MEF de Petrov-Galerkin que es numéricamente mucho más estable que el empleado por otros modelos.

El software consta de cuatro módulos complementarios, los cuales son R2D_Bed, R2D_Ice, R2D_Mesh y el River2D, siendo este último el modelo hidráulico propiamente dicho.

En la Figura 45, se muestra el esquema del funcionamiento de River2D. Cabe aclarar que la ejecución del programa se realiza de manera secuencial como se muestra en la figura mencionada.

Figura 45. Estructura y funcionamiento de River2D⁶



Actualmente el autor de esta herramienta computacional realizó investigaciones para mejorar River2D e incorporó capacidades para transporte de sedimentos y modelación morfológica de ríos, como la migración de meandros. El programa se encuentra en www.river2d.ca y es de libre distribución.

Este modelo está basado en las ecuaciones de Saint-Venant expresadas en forma conservativa, las cuales son un sistema de tres ecuaciones: una de conservación de masa y dos para; componentes del vector de momentum. El modelo ha sido desarrollado para sistemas de ríos naturales con características especiales tales

⁶ Adaptada de River2D User's Manual (Steffler & Blackburn, 2002)

como modelación de transiciones del flujo de supercrítico a subcrítico, coberturas de hielo y área mojadas variables.

Adicionalmente a la solución hidrodinámica, River2D tiene un módulo de modelación con hielo y un módulo de hábitat de peces. El módulo de hielo modela el flujo bajo una cobertura de hielo con geometría conocida. Esto es importante porque el hielo afecta la hidráulica del flujo por el incremento de la magnitud del esfuerzo cortante en el flujo (Steffler & Blackburn, 2002). El módulo de hábitat de peces está basado en el concepto de Área Útil Ponderada (WUA por sus siglas en inglés), el cual es un concepto usado por la familia de modelos de hábitat de peces PHABSIM. El WUA es calculado de acuerdo a las condiciones de flujo (velocidad, profundidad y substrato del canal) que las especies de peces prefieren. Para la discretización espacial River2D usa una malla no estructurada flexible compuesta por elementos triangulares.

Los métodos de elementos finitos usados en el modelo están basados en la formulación residual ponderada Streamline Upwind Petrov Galerkin (SUPG) (detalles numéricos del modelo se presentan en Ghannem et al. 1995). Mediante esta técnica, se asegura la estabilidad de la solución bajo todo el rango de condiciones de flujo, incluyendo subcrítico, supercrítico y transicional. Es así como se hace uso de una discretización conservativa completa, lo cual asegura que no se está perdiendo o ganando masa de fluido por encima del dominio modelado. Esto también permite la implementación de las condiciones de frontera como flujo naturales o condiciones forzadas.

Las ecuaciones resueltas por el modelo River2D son la ecuación de continuidad las ecuaciones de conservación de momentum en las direcciones x y y (Steffler and Blackburn 2002). Estas ecuaciones no tienen una solución analítica exacta, pero con condiciones iniciales y de frontera apropiadas pueden ser resueltas

usando técnicas numéricas, con el fin de encontrar el caudal y la altura de la lámina de agua en el tiempo y en el espacio.

La ecuación de continuidad es:

$$\frac{\delta h}{\delta t} + \frac{\delta q_x}{\delta x} + \frac{\delta q_y}{\delta y} = 0 \quad (3.10)$$

La ecuación de momentum promediada en la vertical en la dirección x es:

$$\frac{\delta q_x}{\delta t} + \frac{\delta(uq_x)}{\delta x} + \frac{\delta(vq_x)}{\delta y} + \frac{g}{2} \frac{\delta h^2}{\delta x} = gh(S_{ox} - S_{fx}) + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\delta(h\tau_{xx})}{\delta x} + \frac{\delta(h\tau_{xy})}{\delta y} \right) \quad (3.11)$$

La ecuación de momentum promediada en la vertical en la dirección y es:

$$\frac{\delta q_y}{\delta t} + \frac{\delta(uq_y)}{\delta x} + \frac{\delta(vq_y)}{\delta y} + \frac{g}{2} \frac{\delta h^2}{\delta y} = gh(S_{oy} - S_{fy}) + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\delta(h\tau_{yx})}{\delta x} + \frac{\delta(h\tau_{yy})}{\delta y} \right) \quad (3.12)$$

Donde t = tiempo, h = profundidad del agua; (u, v) = velocidades promedio en las direcciones (x, y) ; $qx = uh$ = caudal en la dirección x por unidad de ancho; $qy = vh$ = caudal en la dirección y por unidad de ancho; (S_{ox}, S_{oy}) = pendiente del lecho en las direcciones (x, y) ; S_{fx} y S_{fy} = son las pendientes de la línea de energía en las respectivas direcciones; $\tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{yx}, \tau_{yy}$ = componentes del esfuerzo cortante turbulento horizontal; ρ = densidad del agua; y g = aceleración de la gravedad.

Las suposiciones básicas en la ecuación dentro del modelo son (Steffler y Blackburn 2002):

- La distribución de presiones es hidrostática, lo cual limita la precisión en áreas de pendientes fuertes y cambios rápidos en las pendientes del fondo.
- Las velocidades horizontales son constantes en profundidad. No hay información disponible de flujos secundarios y recirculaciones.

- Las fuerzas de Coriolis y de viento son despreciables.

El término de pendiente de fricción depende del esfuerzo cortante de fondo, el cual se asume dependiente de la magnitud y dirección de la velocidad promedio en la vertical. Por ejemplo:

$$S_{fx} = \frac{\tau_{bx}}{\rho gh} = \frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{ghC_*^2} u \quad (3.13)$$

Donde τ_{bx} es el esfuerzo cortante en la dirección x y C_* es el coeficiente adimensional de fricción de Chezy, el cual está relacionado a la rugosidad efectiva K_s a través de las siguientes expresiones:

$$C_* = 5.75 \log \left(12 \frac{h}{K_s} \right); \frac{h}{K_s} \geq \frac{e^2}{12} \quad (3.14)$$

$$C_* = 2.5 + \frac{30}{e^2} \left(\frac{h}{K_s} \right); \frac{h}{K_s} < \frac{e^2}{12} \quad (3.15)$$

Donde $e = 2.7184$; C_* está relacionado con el coeficiente C de Chezy a través de:

$$C_* = \frac{C}{\sqrt{g}} \quad (3.16)$$

El esfuerzo cortante turbulento promediado en la vertical es modelado con el modelo de vorticidad tipo Boussinesq. Por ejemplo:

$$\tau_{xy} = \nu_t \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \quad (3.17)$$

Donde ν_t coeficiente de vorticidad, el cual está compuesto por tres componentes: una constante, un término generado por el esfuerzo cortante del lecho, y un término generado por el esfuerzo cortante transversal.

$$v_t = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 \frac{h\sqrt{u^2 + v^2}}{C_*} + \varepsilon_3 h^2 \sqrt{2 \frac{\partial u}{\partial x} + \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}\right)^2} + 2 \frac{\partial v}{\partial y} \quad (3.18)$$

El valor por defecto para el coeficiente ε_1 es 0. Este coeficiente puede ser usado para estabilizar la solución para flujos poco profundos donde el segundo término en la Ecuación 3.18 puede que no describa adecuadamente v_t en el flujo. Valores razonables para ε_1 pueden ser calculados evaluando el segundo término en la Ecuación 3.18 usando condiciones de flujo promedio (profundidad del flujo promedio y velocidades promedio) para el caso modelado. El valor por defecto para ε_2 es 0.5. Por analogía con los coeficientes de dispersión transversal en ríos, son razonables valores de 0.2 a 1.0. Como la mayoría de la turbulencia en los ríos es generada por esfuerzo cortante de fondo, este término es usualmente el más importante. En flujos de lagos profundos, o en flujos con gradientes de salida de velocidad transversal muy altos, el esfuerzo transversal puede ser el mecanismo de generación de turbulencia dominante. Regiones de recirculaciones fuertes son ejemplos importantes. En este caso, el tercer término, ε_3 , llega a ser importante. Es esencial un modelo de longitud de mezcla 2D (horizontal). La longitud de mezcla es asumida proporcional a la profundidad del flujo. Un valor típico de ε_1 es 0.1, pero este puede ser ajustado por calibración.

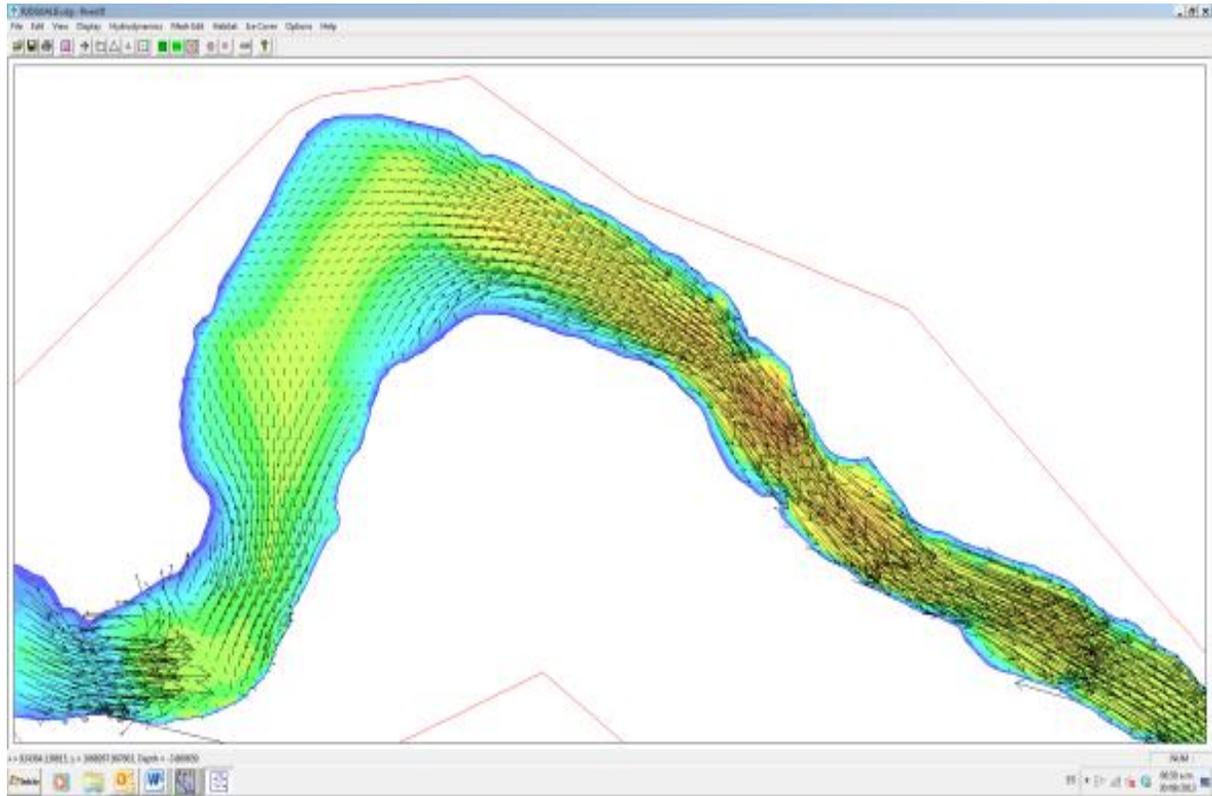
En la presente aplicación, se asume que la turbulencia es generada por el lecho, los valores por defecto del modelo que fueron adoptados son $\varepsilon_1= 0$, $\varepsilon_2= 0.5$ y $\varepsilon_3= 0$.

➤ **Modelo Bidimensional River2D**

En la Figura 46, se presentan a manera de ejemplo, los resultados del modelo hidráulico bidimensional River2, para la zona urbana del municipio de Honda.

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Río Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.

Figura 46. Resultados preliminares del modelo hidráulico River2D.



6 COMPONENTE ECOSISTÉMICO: IDENTIFICACIÓN DE COBERTURAS VEGETALES, LOCALIZADAS EN LA ZONA ALEDAÑA DEL CAUCE PERMANENTE DEL RIO GUALÍ, EN LAS ZONAS URBANAS DE LOS MUNICIPIOS DE SAN SEBASTIÁN DE MARIQUITA Y HONDA.

INTRODUCCIÓN

El departamento del Tolima debido a sus características físicas, climáticas y sociales ha tenido una vocación agrícola a través de la historia, sumado a esto el modelo de agricultura que ha sido empleado desde la colonia ha contribuido a disminución de las coberturas boscosas de nuestro territorio.

La vegetación presente en la zona de estudio corresponde a la de bosque seco tropical (bs-T), dicho ecosistema es uno de los más amenazados a nivel nacional, se ha evidenciado que este tipo de ecosistema no solo se encuentra muy fragmentado, sino que además posee una escasa representatividad en el sistema de áreas protegidas, sumado esto a la poca información generada sobre el mismo lo hace un ecosistema tendiente a desaparecer. La causa principal de su disminución son sus suelos fértiles y aptos para la agricultura. (Biota Colombiana, 2012).

Según Olson *et al* 2000, los bosques riparios, como su nombre lo indican son aquellos que se encuentran asociados a un cuerpo de agua y que en época de crecida interactúan entre sí, en ese sentido este tipo de ecosistema se cumple unas funciones primordiales, entre las cuales se encuentran:

- Proveer de hábitat a gran cantidad de especies silvestres.
- Ser corredores biológicos.
- Ecosistemas más fértiles y productivos, con mejor calidad de suelos.
- La flora riparia es en sí mismo única y diversa con vegetación que generalmente es más alta y más densa y estructuralmente más compleja que la vegetación circundante.
- Su microclima, en la mayoría de los casos, es más húmedo.
- La sombra que produce la vegetación riparia es determinante en las fluctuaciones de temperatura de las aguas y la cantidad de luz, la cual

afecta el crecimiento de las plantas junto a los cauces, y consecuentemente, a los peces de agua dulce y vertebrados que se alimentan de animales y frutas.

Todos estos elementos están ampliamente influenciados por el ancho de franja del bosque ripario (Boutin *et al.* 2003).

6.1 CARACTERIZACIÓN DE LA COMUNIDAD VEGETAL.

6.1.1 Metodología

La metodología de trabajo empleada para la recopilación de información en campo y procesamiento de la misma en la zona de estudio, se describe a continuación:

Este estudio se llevó a cabo en tres fases que corresponden a: 1- Levantamiento de la información en campo (Inventario), 2- confirmación e identificación de especies vegetales, 3- procesamiento de datos y cálculo de índices.

6.1.1.1 Levantamiento de la información en campo.

Se realizó la identificación de la cobertura vegetal, boscosa o en el mayor grado sucesional que se localiza en la zona aledaña al cauce permanente, en esta área se realizaron levantamientos florísticos por medio de transectos de 30 x 4 metros (Figura 47), se registraron todos los individuos con diámetros iguales o mayores a 10 cm y se colectaron todos los taxones vegetales presentes en el cuadrante para ser determinados, adicionalmente, se registraran variables como altura, cobertura y DAP de los individuos, así como observaciones del tipo y grado de intervención antrópica que puedan presentar las comunidades.

El método de los transectos es ampliamente utilizado por la rapidez con se mide y por la mayor heterogeneidad con que se muestrea la vegetación. Un transecto es un rectángulo situado en un lugar para medir ciertos parámetros de un determinado tipo de vegetación. El tamaño de los transectos puede ser variable y depende del grupo de plantas a medirse. Dentro de los transectos definidos en el área de estudio se evaluó el número de individuos presentes, tomando nota de la altura y diámetro de cada planta. En la Tabla 14, se presenta la

Dirección: Calle 57 No. 45-45 Of. 402 Barrio Nicolás de Federman Bogotá D.C. Colombia.

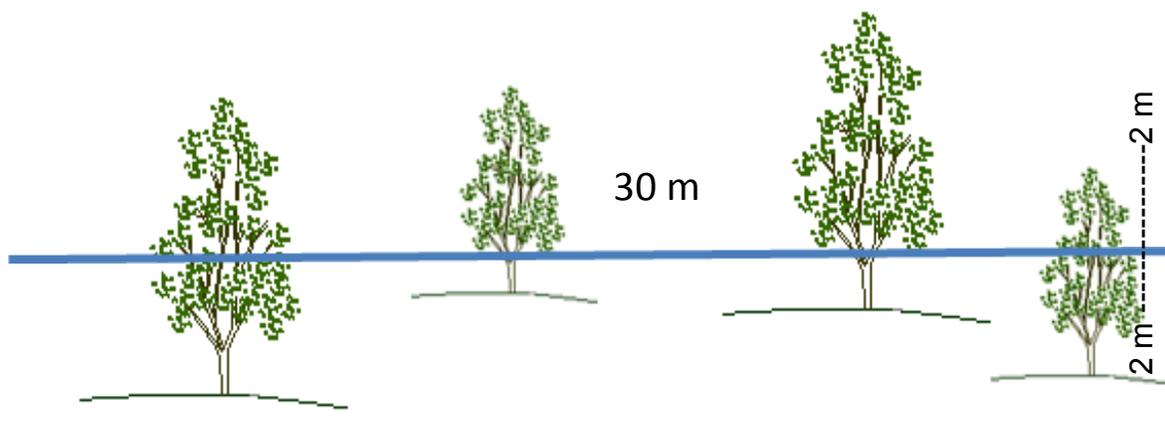
Contacto celular 3175024817-3112046943 E-mail interambientales.sa@gmail.com

georreferenciación de los transectos realizados en las zonas urbanas de los municipios de San Sebastián de Mariquita y Honda.

Tabla 14. Coordenadas de los transectos realizados.

Sitio	Primer Transecto				Segundo Transecto				Tercer Transecto			
	Inicio		Final		Inicio		Final		Inicio		Final	
	Norte	Este	Norte	Este	Norte	Este	Norte	Este	Norte	Este	Norte	Este
Vía la angostura, municipio San Sebastián de Mariquita.	908887	1067544	908862	1067533	908862	1067523	908876	1067532	908852	1067513	908826	1067520
Barrio Villa Glacial, Municipio San Sebastián de Mariquita.	909761	1067989	909792	1068045	909792	1068044	909794	1068061	909795	1068061		
Barrio Brisas del Gualí, Municipio de Honda.	924350	1069087										

Figura 47. Representación de Transectos de dimensiones de 30 x 4 metros, realizado en el área de estudio.



Fuente: Interambientales S.A

En los transectos, se midieron variables como altura de la planta, abundancia, DAP y frecuencia. Los implementos utilizados para la toma de la información, se relacionan a continuación:

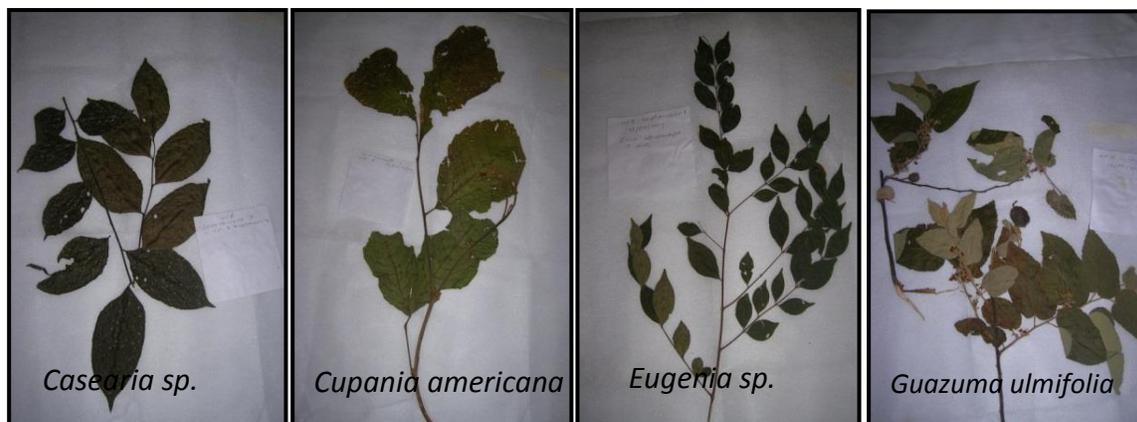
Tabla 15. Implementos utilizados, para el levantamiento de información en campo.

Artículo	Unidad	Cantidad
GPS	unidad	1
Decámetro	unidad	2
Cámara digital	unidad	1
Planillero	unidad	1
Formatos de recolección de información	unidad	20

6.1.1.2 Confirmación e identificación de especies vegetales.

Durante el levantamiento de la vegetación se tomaron muestras botánicas de cada uno de los individuos que no fue posible identificar en campo o de los cuales se tenían dudas, con el objetivo de determinar la especie con la ayuda de botánicos expertos y herbarios. En las siguientes imágenes las muestras botánicas de algunas de las especies encontradas.

Ilustración 12. Muestras botánicas recolectadas para su identificación o confirmación de las especies.



6.1.1.3 Procesamiento de datos y cálculo de índices.

La riqueza específica (S) es definida como el número de especies registradas en cada unidad de vegetación mediante conteo directo e identificación de todos los individuos.

Composición y riqueza florística, Se estimó el número de familias, géneros y especies.

Se calcularon índices de diversidad y riqueza (índice de Simpson, índice de Margalef).

➤ **Índice de Simpson:**

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Donde S = Número de especies

N = Total de organismos presentes

n= Número de ejemplares por especie

➤ **Índice de Margalef:**

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{LnN}$$

Dónde: S = No. de especies.

N = No. Total de individuos.

➤ **Índice de Valor de Importancia (IVI)**

Indica el grado de importancia que tiene una especie en la comunidad

IVI= dominancia relativa + densidad relativa + frecuencia relativa.

6.2 RESULTADOS

6.2.1 Cobertura y Uso del Suelo

El área se encuentran dominada por pastos naturales y plantados principalmente, esto se debe a que las principales actividades realizadas en la ronda son las de recreación y ganadera. No se encontraron cultivos agrícolas, la cobertura forestal encontrada corresponde a bosques secundarios y algunas consociaciones como el pasto enrastrojado y rastrojo alto principalmente. Además existen áreas sin uso Agropecuario y Forestal correspondiente a la zona urbana y sitios destinados a infraestructuras.

En la ilustración 13, se presentan registro de algunas de las coberturas encontradas, en la zona de estudio.

Ilustración 13. Coberturas vegetales en el área de estudio: A: Bosque secundario en zona de ganadería, B y C pastos doble función (Ganadería y recreación), D: Rastrojo alto.



La vegetación riparia es muy escasa en la zona, quedan algunos remanentes de vegetación que se presentan post-disturbio pero no bosques en una etapa sucesional tardía, sin embargo se localizaron dos poblaciones una sobre la ronda y otra alejada de la misma unos 30 metros mas o menos bien conservada, donde se realizaron los inventarios (Tabla 14). En la Ilustración 14, se registra el levantamiento de la información.

Ilustración 14. Fotos de levantamiento de información en campo.



Como resultados del análisis de los datos se obtiene que en la composición y riqueza florística de la población se registran 50 individuos pertenecientes a 17 familias, 21 géneros y 21 especies. La familia Apocynaceae agrupa al 20% de los individuos, seguida por las familias Anacardiaceae y Rutaceae con el 18% y 14 % de los individuos.

6.2.2 Riqueza específica $S = 21$

La diversidad y la riqueza de especies en la población estudiada son bajas (Tabla 16).

Tabla 16. Índices de diversidad (Simpson) y riqueza (Margalef) de la vegetación en la población evaluada.

Índice/Loc	Cogua
Simpson	11,239
Margalef	5,1124

6.2.3 Estructura de la vegetación

En los fragmentos de bosque se encuentran abundantes áreas con entrada de luz. La vegetación está dominado por *Anacardium excelsus*, *Phoebe cf cinnamomifolia* y *Stemmadenia grandiflora*. Tienen mayor abundancia especies como *Anacardium excelsus*, *Stemmadenia grandiflora* y *Zanthoxylum sp.*

6.2.4 Índice de Valor de Importancia (IVI)

En la Tabla 17, se muestran las seis especies con los Índices de Valor de Importancia (IVI) más altos y los respectivos aportes de dominancia, abundancia y frecuencia relativas (En negrita). La especie con el mayor IVI es *Anacardium excelsus*, dado principalmente por la dominancia relativa en función de la cobertura; las otras especies son *Stemmadenia grandiflora*, *Zanthoxylum sp*, *Trichilia sp*, *Phoebe cf cinnamomifolia* y *Cordia alliodora*, todas con valores altos de abundancia relativa y frecuencia relativa con respecto a la dominancia.

En el Anexo 5, se presentan los formatos de campo diligenciados con la información recopilada en campo.

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Río Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



Tabla 17. Índice de Valor de Importancia de la vegetación en la población evaluada.

Familia	Especie	abundancia absoluta	abundancia relativa	dominancia absoluta	dominancia relativa	frecuencia absoluta	frecuencia relativa	I.V.I.
ANACARDIACEAE	<i>Anacardium excelsum</i>	9	18	791,5	52,443	1,500	18,00072	88,444
FLACURTIACEAE	<i>Casearia sp</i>	2	4	52	3,445	0,333	4,00016001	11,446
CECROPIACEAE	<i>Cecropia peltata</i>	1	2	4,5	0,298	0,167	2,00008	4,298
BOMBACACEAE	<i>Ceiba pentandra</i>	1	2	18	1,193	0,167	2,00008	5,193
CACTACEAE	<i>Cereus hexagonus</i>	1	2	0,125	0,008	0,167	2,00008	4,008
POLYGONACEAE	<i>Coccoloba sp</i>	1	2	12	0,795	0,167	2,00008	4,795
BORAGINACEAE	<i>Cordia alliodora</i>	2	4	72,5	4,804	0,333	4,00016001	12,804
SAPINDACEAE	<i>Cupania americana</i>	1	2	60	3,975	0,167	2,00008	7,976
ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxylum sp</i>	1	2	8	0,530	0,167	2,00008	4,530
MYRTACEAE	<i>Eugenia sp</i>	1	2	12,5	0,828	0,167	2,00008	4,828
MELIACEAE	<i>Guarea guidonia</i>	1	2	33	2,187	0,167	2,00008	6,187
POLYGONACEAE	<i>Guazuma ulmifolia</i>	1	2	40	2,650	0,167	2,00008	6,650
FABACEAE	<i>Machaerium capote</i>	1	2	4,5	0,298	0,167	2,00008	4,298
BOMBACACEAE	<i>Ochroma pyramidale</i>	1	2	8	0,530	0,167	2,00008	4,530
VERBENACEAE	<i>Petrea rugosa</i>	1	2	6	0,398	0,167	2,00008	4,398
LAURACEAE	<i>Phoebe cf cinnamomifolia</i>	2	4	112	7,421	0,333	4,00016001	15,421
ANNONACEAE	<i>Rollinia sp</i>	1	2	16	1,060	0,167	2,00008	5,060
FABACEAE	<i>Senna grandis</i>	2	4	30	1,988	0,333	4,00016001	9,988
APOCYNACEAE	<i>Stemmadenia grandiflora</i>	10	20	88,625	5,872	1,667	20,0008	45,873
MELIACEAE	<i>Trichilia sp</i>	3	6	57	3,777	0,500	6,00024001	15,777
RUTACEAE	<i>Zanthoxylum sp</i>	7	14	83	5,499	1,167	14,00056	33,500

Dirección: Calle 57 No. 45-45 Of. 402 Barrio Nicolás de Federman Bogotá D.C. Colombia.

Contacto celular 3175024817-3112046943 E-mail interambientales.sa@gmail.com

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Rio Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



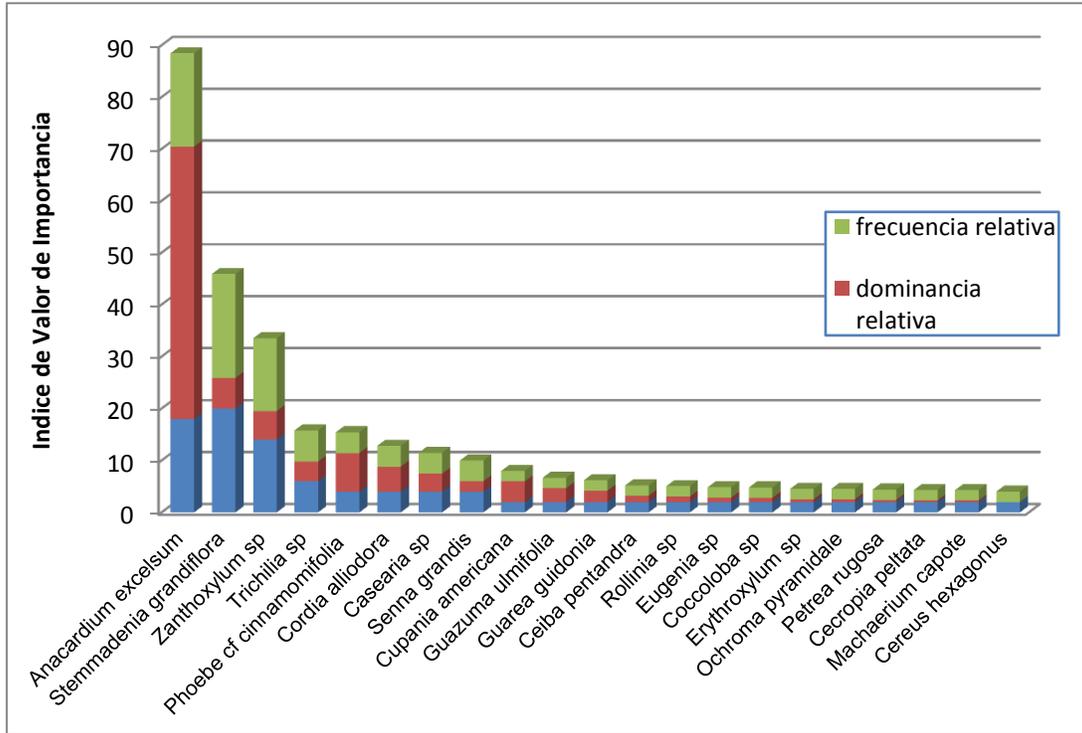
17	21	50	100	1509,25	100,00	8,333	100,00	300,00
----	----	----	-----	---------	--------	-------	--------	--------

Dirección: Calle 57 No. 45-45 Of. 402 Barrio Nicolás de Federman Bogotá D.C. Colombia.

Contacto celular 3175024817-3112046943 E-mail interambientales.sa@gmail.com

En el siguiente gráfico, se observa el lvi para las especies encontradas en la población.

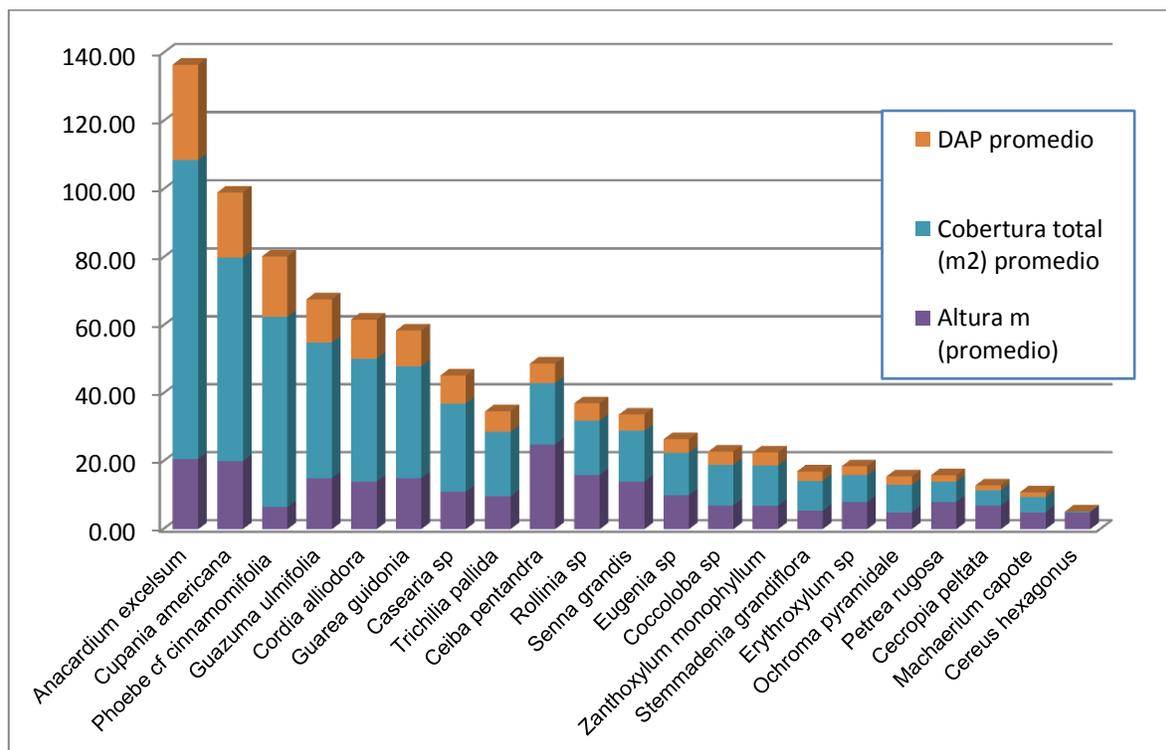
Figura 48. Índice de valor de importancia, dominancia, abundancia y frecuencia relativa de las especies de la vegetación.



6.2.5 Altura del dosel

La altura promedio del dosel es 11 m, con variación entre 25 m y 2,5 m, en la Figura 49, se observa las especies y su altura, cobertura y DAP en promedio.

Figura 49. Altura, cobertura y DAP de las especies



6.2.6 Estado de conservación de la vegetación.

El estado de conservación de los relictos boscosos que se encuentran en la ronda del río Gualí es mínimo, se presenta algún tipo de vegetación post evento la cual se caracteriza por presentar abundante vegetación arbustiva, de especies pioneras, con ninguno o muy pocos individuos de porte arbóreo, sumado a esto, la cercanía con las viviendas hace que dichos lugares sean utilizados como lugares de disposición de basuras, ocasionando un amento en la degradación de los mismos.

A nivel nacional, los bosque riparios en ecosistemas de bosque seco tropical prácticamente han desaparecido, el principal motivo de esta pérdida se debe a que sus suelos son muy fértiles y a menudo han sido utilizados en actividades

agrícolas y pastizales y/o como zonas de asentamientos humanos, por este motivo resulta indispensable iniciar actividades tendientes a recuperar este tipo de ecosistema tan estratégico para regulación hídrica y ambiental de los territorios.

6.2.7 Rehabilitación, Recuperación y Restauración Ecológica.

La restauración ecológica se entiende como las acciones o actividades que permiten mejorar la salud, la integridad y la sostenibilidad de las poblaciones, comunidades, ecosistemas y paisajes, estas acciones emprendidas se puede iniciar o acelerar el proceso de restablecimiento o mejora de sus atributos. (Barrera-Cataño et al 2010)

El primer paso para iniciar un plan de restauración ecológica es definir un ecosistema de referencia, que generalmente es un bosque cercano a la zona perturbada, o por lo menos con características climáticas físicas y biológicas similares y que sea de una etapa sucesional tardía. Este cumple la función de ser el modelo para la planeación de la restauración y su posterior evaluación.

La identificación de los disturbios es el paso fundamental en cualquier tipo de restauración ecológica, en el Caso del Río Gualí los principales disturbios son las grandes matrices de pastos generados por la ganadería, la agricultura, la disposición final de residuos humanos, las inundaciones, y actividades turísticas.

Antes de comenzar cualquier actividad de recuperación se debe disminuir o eliminar los disturbios para garantizar que las acción emprendidas no serán en vano.

Una vez controlados, disminuidos o eliminados los disturbios se debe iniciar la adecuación de las zonas y la plantación de especies vegetales nativas propias de los ecosistemas de referencia, algunas de las especies que se deben tener en

Dirección: Calle 57 No. 45-45 Of. 402 Barrio Nicolás de Federman Bogotá D.C. Colombia.

Contacto celular 3175024817-3112046943 E-mail interambientales.sa@gmail.com

cuenta para el inicio de las plantaciones son aquellas pioneras que aparecen luego de un evento que elimina parte o toda la vegetación, según los ecosistemas post-disturbio visitados para el caso de río Gualí esta especies pueden ser: *Zanthoxylum monophyllum*, *Stemmadenia grandiflora*, *Trichilia pallida*, *Cereus hexagonus*, *Machaerium capote*, *Ochroma pyramidale*, *Cecropia peltata*, en etapas iniciales, y *Cordia alliodora*, *Ceiba pentandra*, *Cupania americana* y *Anacardium excelsum* en una segunda fase de enriquecimiento

A continuación se presentan las fichas informativas de las especies más importantes, según su orden de importancia (IVI).

Figura 50. Ficha informativa de la especie *Anacardium excelsum*

FAMILIA ANACARDIACEAE	
CARACOLÍ	<i>Anacardium excelsum</i>
<p><u>Distribución geográfica:</u> se encuentra en Costa Rica, Cuba, Panamá, Guyana, Brasil, Venezuela, Colombia y Ecuador. En Colombia se ha registrado en el Valle del Cauca, Cauca, Santander, Tolima, Huila, Chocó, Valle del Río Magdalena, Magdalena Medio, Amazonía Colombiana y Región del Urabá. Es una especie nativa, en Colombia se localiza en zonas cálidas, templadas y ribereñas, habita entre los 0 – 1400 msnm en el bosque seco tropical (bs-T), en el bosque húmedo tropical (bh-T) principalmente.</p>	
<p><u>Descripción:</u> Árbol que alcanza los 40 metros de altura y los 2 metros de diámetro, posee una corteza gruesa y escamosa, produce exudación de color rojizo, follaje denso de color verde oscuro.</p>	
<p>Hojas: son grandes de 25 cm de largo 7 cm de ancho, son simples, alternas, helicoidales y brillantes, con borde entero, con forma parecida a una espátula, no presentan estipulas.</p>	
<p>Flores: miden 3 mm de diámetro, de color rosado claro o blancuzcas, agrupadas en inflorescencias terminales en forma de panículas, poseen ejes de color amarillo rojizo.</p>	

Frutos: miden de 2 a 4 cm de largo y hasta 3 cm de ancho, son nueces que tiene forma de riñón, jugosos de color marrón con una semilla.

Semillas: miden entre 2 y 3 cm de largo su color es marrón oscuro, tienen forma de riñón y son de consistencia dura.

Propagación y crecimiento: se propaga por semillas, sus frutos se dejan secar al aire para extraer la semillas, estas se dejan 24 horas en inmersión en agua fría y luego se siembran directamente en bolsa, se trasplantan a la zona cuando tengan entre 30 y 40 cm de altura, es una especie de crecimiento rápido, necesita algo de sombra durante sus etapas juveniles, crece en suelos con corrientes subterráneas de agua en movimiento, floración de diciembre a febrero y desde julio hasta septiembre.

Usos: como planta melífera es útil en la apicultura, maderable para la fabricación de canoas, utensilios para cocina, cajones y comederos para ganado, como protección de riberas de ríos, lagos y lagunas y como sombrío para cultivos de café, cacao y caña de azúcar.

Fuente: Mahecha *et al* 2004.

Figura 51. Ficha informativa de la especie *Stemmadenia grandiflora*

FAMILIA APOCYNACEAE	
VAINILLA, HUEVO DE VENADO	<i>Stemmadenia grandiflora</i>
<p><u>Distribución geográfica:</u> Se encuentra en Guatemala, Panamá y Colombia, es decir es una especie nativa. En Colombia se localiza en bosques cálidos interandinos y en los llanos orientales, en el departamento de Cundinamarca, se observa en los municipios que conforman el valle del río Magdalena, habita entre los 0 – 900 msnm en el bosque seco tropical (bs-T), en el bosque húmedo tropical (bh-T) principalmente.</p>	
<p><u>Descripción:</u> árbol de 8 metros de altura y los 10 cm de diámetro, posee una corteza de color verde claro con lenticelas, su copa es abierta y dispersa, produce exudación de color blanco.</p> <p>Hojas: miden 15 cm de largo y 6 cm de ancho, son simples, opuestas, en pares y en cada par una hoja es más grande que la otra, tiene forma lanceolada, borde entero y ondulado con peciolo corto y acanalado, no presenta estipulas.</p> <p>Flores: miden 3 cm de diámetro, de color amarillo, tiene forma espiralada agrupadas en pares en inflorescencias, con sépalos en forma de hojas.</p> <p>Frutos: miden 6 x 3 cm dispuestos en pares, de color verde con forma semicircular, cada uno posee una punta aguda y cuando maduran abren</p>	

longitudinalmente, cada uno posee muchas semillas envueltas por un arilo de color naranja.

Semillas: miden 3mm de largo tienen forma de elipse, cubiertas por un arilo rojo.

Propagación y crecimiento: se propaga por semillas y por estacas, las semillas se siembran a 5mm de profundidad y 5 cm entre una y otra, al medir las plántulas 5 cm se trasplantan a bolsa y a los 20 cm en terreno, es una especie de crecimiento rápido y requiere sombra durante su existencia.

Usos: sus frutos son consumidos por las aves, madera utilizada para construir postes para cerca, ornamental y para protección de riberas de ríos. Posee alcaloides.

Fuente: Mahecha *et al* 2004.

Figura 52. Ficha informativa de la especie *Zanthoxylum monophyllum*

FAMILIA RUTACEAE	
TACHUELO	<i>Zanthoxylum monophyllum</i>
<p><u>Distribución geográfica:</u> se encuentra desde México hasta América del sur, es una especie nativa, en Colombia se encuentra en la costa atlántica, en los valles de los ríos Cauca y Magdalena, en Cundinamarca se observa en los municipios comprendidos entre Girardot y Puerto Salgar. Habita entre los 0 – 1300 msnm, en el bosque seco tropical (bs-T), en la zona de transición con el bosque húmedo tropical (bh-T) y en el bosque húmedo premontano (bh-PM) principalmente.</p>	
<p><u>Descripción:</u> árbol de 10 metros de altura y 25 cm de diámetro, su tronco es corto y muy ramificado, posee agujijones grandes y cónicos, es de color grisáceo, sin exudado, su madera es dura y su corteza muerta tiene cicatrices, producto de la caída de sus agujijones, sus ramas y ramitas también poseen agujijones.</p>	
<p><u>Hojas:</u> miden 15 por 7 cm, son simples, alternas, helicoidales coriáceas y poseen puntos translucidos, borde entero, su ápice y su base terminan en punta aguda, de color amarillento al madurar, sin estipulas.</p>	
<p><u>Flores:</u> pequeñas de color blanco, agrupadas en inflorescencias terminales en forma de panículas cortas, son fragantes y presentan 5 estambres de color</p>	

blanco con anteras de color amarillo.

Frutos: de 10 x 7 mm, de color rojizo, se abren por si solos en dos valvas, tiene forma elíptica cada uno con dos semillas.

Semillas: son pequeñas, miden 2mm de diámetro, son de color negro, muy brillantes, se encuentran envueltas en un arilo de color amarillo.

Propagación y crecimiento: se propaga por semillas, los frutos se recolectan al madurar, se colocan en una bolsa, se recogen sus semillas, se les quita el arilo, se lavan y se secan al aire, luego se siembran al voleo en un sustrato orgánico, preferiblemente humus, es una especie de crecimiento rápido, requiere abundante luz solar al madurar.

Usos: sus frutos son consumidos por animales silvestres, maderable, su madera es apetecida para la construcción de muebles, La corteza macerada en alcohol de caña se toma oralmente para el asma y molestias del pecho y la cocción para la dentadura y como cerca viva.

Fuente: Mahecha *et al* 2004

Figura 53. Ficha informativa de la especie *Trichilia pallida*

FAMILIA MELIACEAE	
CEDRILLO, CARATERO	<i>Trichilia pallida</i>
<p>Distribución geográfica: se encuentra en el norte de Suramérica. es una especie nativa, se encuentra en climas cálidos y templados, habita entre los 200 – 1800 msnm en el bosque seco tropical (bs-T), bosque húmedo tropical (bh-T), bosque húmedo premontano (bh-PM) y en el bosque muy húmedo premontano (bmh-PM)</p>	
	
<p>Descripción: árbol de 20 metros de altura y los 35 cm de diámetro, su tronco es erecto, circular, presenta pequeñas escamas cuando esta adulto y liso de madera blanda, es de color grisáceo, sin exudado, su copa es globosa, sus ramas son delgadas y sus ramitas poseen pelos cortos y suaves, sus raíces crecen horizontalmente.</p>	
<p>Hojas: miden 15 por 10 cm, son compuestas, alternas, helicoidales, poseen 1 o 2 pares de folíolos opuestos y uno terminal (imparipinnadas), recubiertos con vellos cortos (pubescentes), tienen forma elíptica y terminan en punta, no presentan estipulas.</p>	
<p>Flores: son pequeñas, de color crema y están agrupadas en inflorescencias axilares sobre sus ramitas.</p>	

Frutos: son capsulas pequeñas de forma elíptica, que se abren por si solas, presentan pelos cortos y suaves, cada uno con tres semillas.

Semillas: miden 4 mm de largo por 1 mm de ancho, son carnosas, parecidas a un corazón, aplanadas de color café.

Propagación y crecimiento: se propaga por semilla, es una especie de crecimiento rápido y requiere de abundante luz solar durante su existencia. Pierde parcialmente sus hojas.

Usos: sus frutos son consumidos por la avifauna, el árbol se utiliza en el establecimiento de cercas vivas y es inductor de los bosques primarios.

Fuente: Mahecha *et al* 2004

Figura 54. Ficha informativa de la especie *Phoebe cinnamomifolia*

FAMILIA LAURACEAE	
LAUREL, AMARILLO	<i>Phoebe cinnamomifolia</i>
<p><u>Distribución geográfica:</u></p> <p>Es una especie nativa, se encuentra en el municipio de Yacopí (cundinamaraca) entre otros lugares, habita entre los 500 – 1400 msnm en el bosque seco tropical (bs-T), en el bosque húmedo tropical (bh-T) hasta el bosque húmedo premontano (bh-PM) y el bosque muy húmedo premontano (bmh-PM).</p>	
	
<p>Tomado de http://biogeodb.stri.si.edu/bioinformatics/dfm/metas/view/20409</p>	
<p><u>Descripción:</u> árbol de 18 metros de altura y los 40 cm de diámetro, su copa es globosa, su follaje es color verde oscuro brillante, su ramificación es abundante, sus ramas son escasas y vidriosas, sus ramitas son de color verde rojizo, angulosas y expiden un olor fragante al herirlas.</p>	
<p>Hojas: son simples, alternas, helicoidales, de forma elíptica, coriáceas, lisas de borde entero con peciolo largo de color rojizo, su base es redondeada, termina en punta.</p>	
<p>Flores: son de color blanco, pequeñas y fragantes dispuestas en inflorescencias terminales en forma de panículas cuyos ejes son de color rojo.</p>	
<p>Frutos: miden 18 mm de largo por 8 mm de ancho, son carnosos de forma</p>	

ovalada, pulpa de color amarillo y aceitosa, su base es parecida a una cúpula de color rojo y cada uno posee una semilla.

Semillas: Son pequeñas tiene forma elipsoide, son carnosas y olorosas al romperlas.

Propagación y crecimiento: se propaga por semillas, es una especie de crecimiento rápido y requiere algo de sombra en su estado juvenil y al madurar, abundante luz solar, pierde parcialmente sus hojas.

Usos: sus frutos son consumidos por las aves, madera utilizada para carpintería, puede ser plantado para conformar cercas vivas.

Fuente: Mahecha *et al* 2004

Figura 55. Ficha informativa de la especie *Cordia alliodora*

FAMILIA BORAGINACEAE	
NOGAL, MO, MOHO	<i>Cordia alliodora</i>
<p>Distribución geográfica: se encuentra en Centroamérica y norte de Suramérica, desde el sur de México hasta el Perú. Es una especie nativa, en Colombia se localiza en las zonas cafeteras. Habita entre los 0 – 1900 msnm en el bosque seco tropical (bs-T), en el bosque húmedo tropical (bh-T), en el bosque húmedo premontano (bh-PM) y en el bosque muy húmedo premontano (bmh-PM).</p>	
<p>Descripción: árbol de 30 m de altura y los 50 cm de diámetro, su tronco es reto, de superficie rugosa y posee una corteza viva que expide un olor parecido al de la caña dulce, su copa tiene forma de parasol, follaje es color verde oscuro, su ramificación crece de manera extendida y verticilada, al final de cada una de las ramas se encuentra una protuberancia gruesa donde nacen tres o más ramitas.</p>	
<p>Hojas: miden 16 cm de largo por 5 cm de ancho, son simples, alternas, de forma elíptica, coriáceas, de borde entero, con vellosidades ásperas por el envés, sus nervios son pronunciados, su base es obtusa y no presenta estipulas.</p>	
<p>Flores: miden 1 cm de largo, sus pétalos son de color blanco y su cáliz de</p>	

color café, dispuestas en inflorescencias terminales en forma de panículas.

Frutos: miden 7 mm de largo, tiene forma oval, están acompañados del cáliz floral que le facilita la dispersión por viento, cada uno posee una semilla.

Semillas: miden 5 mm de largo por 3 mm de ancho, tiene forma ovoide y terminan en punta.

Propagación y crecimiento: se propagan por semilla, los frutos se recolectan cuando las flores se tornan de color café claro; después de la cosecha se extraen sus semillas para sembrarlas en semilleros a un cm de profundidad y 5 cm entre una y otra, se siembra en el terreno cuando alcanzan los 20 cm de altura, presenta crecimiento rápido en buenos suelos.

Usos: su madera es utilizada para la fabricación de muebles finos, cabos para herramientas postes y carpintería en general, medicinal; sus hojas y semillas, preparadas en infusión, se emplean para desinfectar heridas, ornamental, como sombrío en cafetales, para cercas vivas, reforestación natural y artificial. Inductor de procesos de restauración para bosques secundarios.

Fuente: Mahecha *et al* 2004.

Figura 56. Ficha informativa de la especie *Cupaina americana*

FAMILIA SAPINDACEAE	
GUACHARACO, GUAMO LORO	<i>Cupaina americana</i>
<p><u>Distribución geográfica:</u> es una especie nativa, se encuentra en las tres cordilleras, habita entre los 500 – 2500 msnm en bosque seco tropical (bs-T), en el bosque húmedo tropical (bh-T), en el bosque húmedo premontano (bh-PM), en el bosque muy húmedo premontano (bmh-PM) y en el bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB)</p>	
<p><u>Descripción:</u> árbol de 20 m de altura y los 50 cm de diámetro, su tronco es acanalado, de color blancuzco, su copa es amplia e irregular, su follaje está distribuido por grupos, sus ramas crece de manera horizontal a oblicua, sus ramitas son flexibles y poseen pelos.</p> <p>Hojas: miden 30 de largo por 20 cm de ancho son compuestas, alternas, helicoidales, su raquis termina en una colita, sus foliolos son subopuestos y grandes, con vellosidades amarillas por el envés, su ápice es truncados, de textura cartácea, con borde es aserrado, no presenta estipulas.</p> <p>Flores: de color parecido al del óxido de hierro (ferruginosa, son pequeñas, dispuestas en inflorescencias terminales en forma de panículas, sus pétalos están separados entre sí y son de color blanco.</p>	

Frutos: miden 2 cm de diámetro de color marrón por la parte externa, la cual posee costillas y pelos, tienen tres cavidades, dehiscentes, 3 semillas por fruto, una semilla por cavidad.

Semillas: miden 1 cm de largo por 0,7 cm de ancho, son de color negro brillante y tiene en uno de sus extremos una carúncula de color amarillo encendido.

Propagación y crecimiento: se propagan por semilla, los frutos se recolectan antes de abrir, se colocan al sol y se extraen sus semillas, que se siembran en germinadores a 1,5 cm de profundidad, al medir 20 cm de altura se siembran en su sitio definitivo, es una especie de crecimiento rápido, requiere de sombra en su estado juvenil y al madurar abundante luz solar.

Usos: alimento de avifauna, madera utilizada como leña y carbón, aporta gran cantidad de hojarasca al suelo, especie en vía de extinción.

Fuente: Mahecha *et al* 2004

Figura 57. Ficha informativa de la especie *Ceiba pentandra*.

FAMILIA BOMBACACEAE	
CEIBA BRUJA	<i>Ceiba pentandra</i>
<p><u>Distribución geográfica:</u> se encuentra en Centroamérica, norte de Suramérica y África tropical, es una especie nativa, en Colombia se encuentra en zonas cálidas y templadas, en ambientes húmedos o secos, habita entre los 0 – 1500 msnm en el bosque seco tropical (bs-T), en el bosque húmedo tropical (bh-T), en el bosque húmedo premontano (bh-PM) hasta el bosque muy húmedo premontano (bmh-PM).</p>	
<p><u>Descripción:</u> árbol de 50 m de altura y los 2 m de diámetro, su tronco es abombado y de corteza ligeramente fisurada, de color gris pálido y posee anillos horizontales y agujijones cónicos, su copa tiene forma semiesférica, follaje es denso, uniforme y es de color verde oscuro, su ramificación es verticilada, forma coronas en su estado juvenil, al madurar sus ramas son muy gruesas.</p> <p>Hojas: miden 20 cm de diámetro, son compuestas, alternas, digitadas, están agrupadas en manojos al final de sus ramitas, su peciolos son largos y de color verde rojizo, tiene de 15 a 25 foliolos acuminados, de borde entero y de forma lanceolada, presenta estipulas.</p> <p>Flores: miden 3.5 cm de largo, son de color blanco, poseen ambos sexos</p>	

(hermafroditas) dispuestas en inflorescencias terminales en forma de péndulos, que cuelgan al final de sus ramitas.

Frutos: son capsulas de 20 cm de largo, dehiscentes que abren en 5 valvas con numerosas semillas, envueltas dentro de una lana.

Semillas: miden 3mm de diámetro, tienen forma redonda y están dispuestas dentro de una lana que es de color blanco. Y que al oxidarse se torna color bermejo.

Propagación y crecimiento: se propaga por semilla, se recolectaron los frutos, se secan al sol en bolsas, se extraen sus semillas, y estas se siembran a 5 mm de profundidad en semilleros, se siembran en terreno cuando alcanzan los 35 cm de altura, requiere abundante luz solar, tolera suelos arenosos hasta arcillosos, inundables parte del año, especie de crecimiento rápido.

Usos: es una especie melífera, polinizada por aves, insectos y murciélagos, madera utilizada para la elaboración de cajas y aglomerados, fabricación de pulpa para papel, canoas y contrafuertes, de la lana de sus frutos se fabrican almohadas, colchones y muebles. Es medicinal y ornamental.

Fuente: Mahecha *et al* 2004

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Río Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



7 PROPUESTA DE ZONIFICACIÓN AMBIENTAL DE LAS FAJAS DE PROTECCIÓN, EN LAS ZONAS URBANAS DE LOS MUNICIPIOS DE HONDA Y SAN SEBASTIÁN DE MARIQUITA.

Dirección: Calle 57 No. 45-45 Of. 402 Barrio Nicolás de Federman Bogotá D.C. Colombia.

Contacto celular 3175024817-3112046943 E-mail interambientales.sa@gmail.com

7.1 ZONIFICACIÓN AMBIENTAL, DE LAS FAJAS DE PROTECCIÓN EN LAS ZONAS URBANAS DE LOS MUNICIPIOS DE HONDA Y SAN SEBASTIÁN DE MARIQUITA, DEPARTAMENTO DEL TOLIMA.

Las rondas hídricas por norma son suelos de protección, pero dado que cuerpos de agua son factores estructurantes de la ocupación del territorio, ya que propician el suministro de agua, la producción de energía, el transporte, la seguridad alimentaria y el disfrute de múltiples servicios ambientales, se permiten aquellos usos que responden a estrategias culturales de adaptación a las dinámicas naturales de los sistemas fluviales y que armonizan con éstas..

En consecuencia, la categoría de manejo de las rondas hídricas es de protección, con un uso principal de preservación o restauración según el estado de las mismas, buscando con ello, garantizar el funcionamiento natural de la dinámica hídrica, geomorfológica y Ecosistémicos de los cuerpos agua. (Guía documento preliminar Rondas Hídricas MADS).

7.1.1 Zonas para la conservación.

Corresponde a zonas en donde existen los elementos claves de la estructura ecológica de la ronda hídrica (bosques nativos).

7.1.2 Zona para recuperación

En esta categoría se incluyen aquellas áreas en donde es necesario realizar un manejo de la cobertura vegetal con el fin de devolverle los atributos funcionales y estructurales a las áreas más degradadas de la ronda.

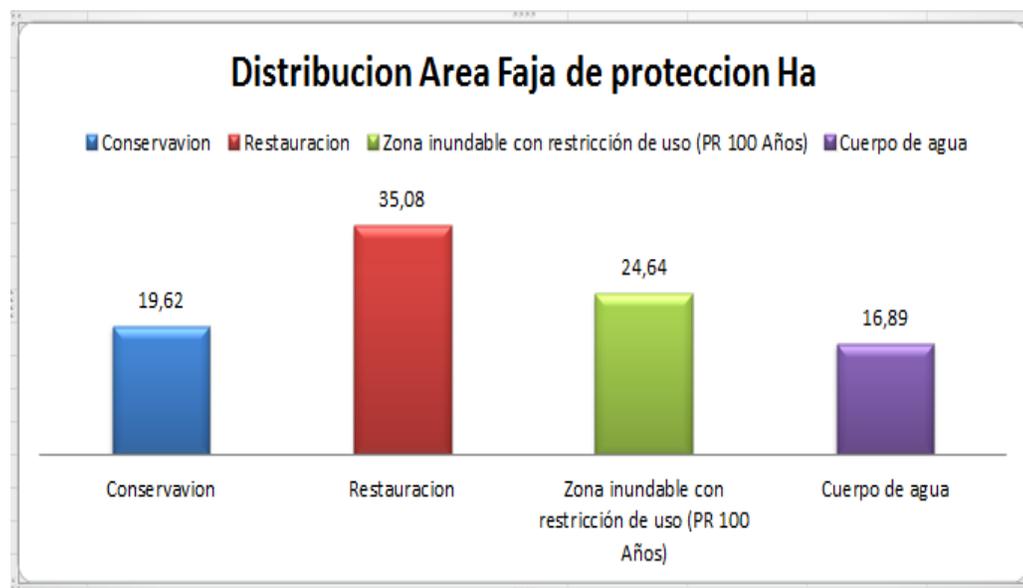
7.2 ZONIFICACIÓN DE LA RONDA HÍDRICA, EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE HONDA (TOLIMA).

Con una extensión de 96,23 Ha, la zona de protección en el área urbana del municipio de Honda, departamento del Tolima, se encuentra ubicada en las coordenadas E: 923963m y N: 1068930m en su punto más al noroeste y en las coordenadas E: 927108m y N: 1067366m en su punto más al suroeste, las categorías que la componen se describen a continuación:

Tabla 18. Tipos de zonas ambientales, definidas en la faja de protección del río Guali, en la zona urbana del municipio de Honda.

ZONIFICACIÓN AMBIENTAL, FAJA DE PROTECCIÓN ZONA URBANA MUN.HONDA, TOLIMA	
Tipo	Área Ha
Conservación	19,62
Restauración	35,08
Zona inundable con restricción de uso (PR 100 Años)	24,64
Cuerpo de agua	16,89

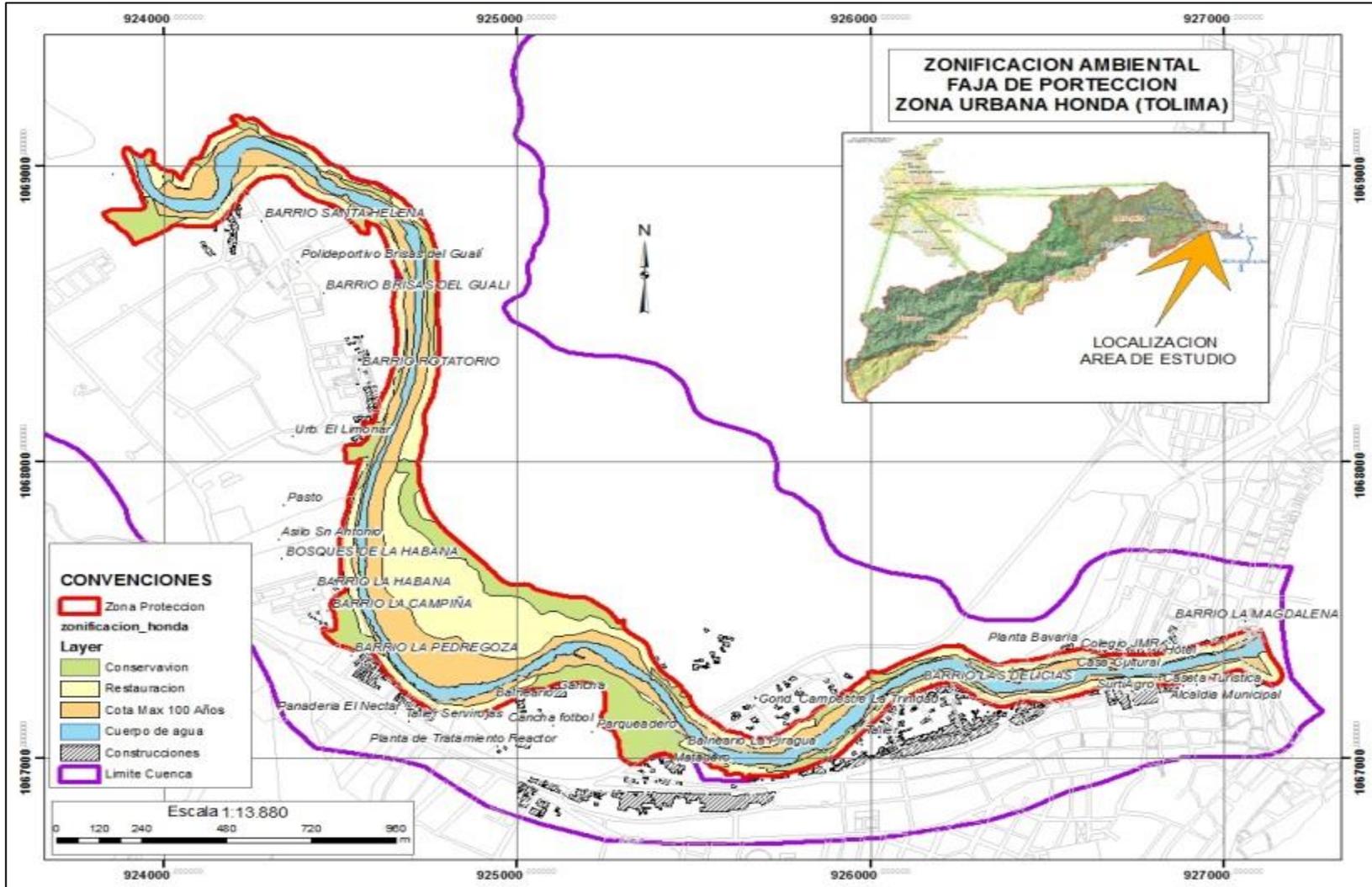
Figura 58. Distribución de las áreas definidas para la faja de protección.



Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Rio Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



Figura 59. Zonificación ambiental de la faja de protección, en la zona urbana del municipio de Honda.



Dirección: Calle 57 No. 45-45 Of. 402 Barrio Nicolás de Federman Bogotá D.C. Colombia.

Contacto celular 3175024817-3112046943 E-mail interambientales.sa@gmail.com

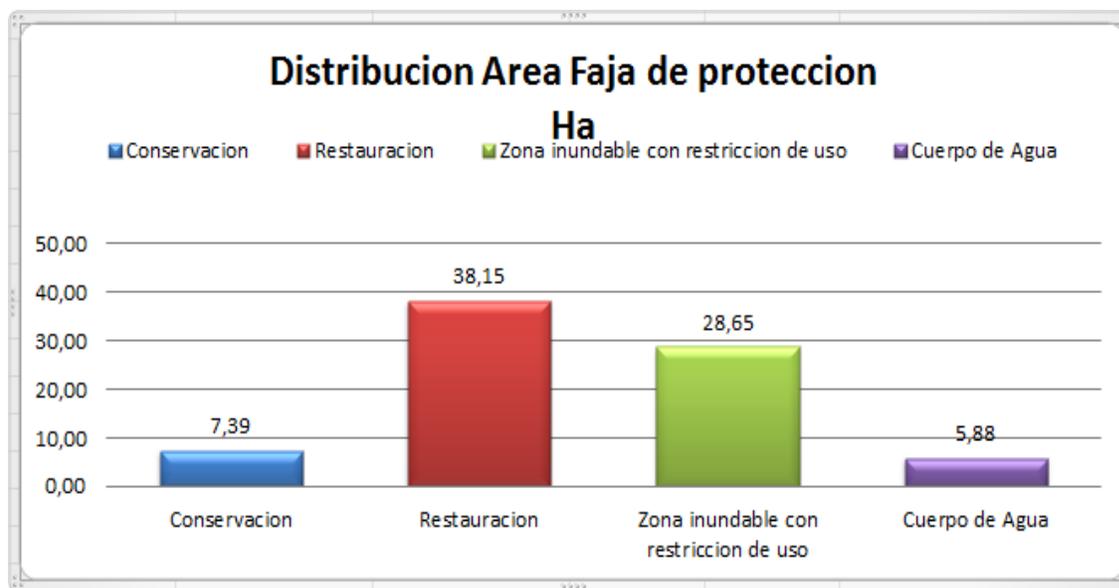
7.3 RONDA HÍDRICA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN SEBASTIÁN DE MARIQUITA (TOLIMA).

Con una extensión de 80.07 Ha, la zona de protección en el área urbana del municipio de Honda, departamento del Tolima, se encuentra ubicada en las coordenadas E: 909895m y N: 1068686m en su punto más al noreste y en las coordenadas E: 908415m y N: 1067211 en su punto más al suroeste, las categorías que la componen se describen a continuación:

Tabla 19. Tipos de zonas definidas en la faja de protección del río Gualí, en la zona urbana del municipio de San Sebastián de Mariquita.

ZONIFICACION AMBIENTAL FAJA DE PROTECCIONZONA URBANA MARIQUITA TOLIMA	
Tipo	Área Ha
Conservación	7,39
Restauración	38,15
Zona inundable con restricción de uso (PR 100 Años)	28,65
Cuerpo de Agua	5,88

Figura 60. Distribución de las áreas definidas para la faja de protección.



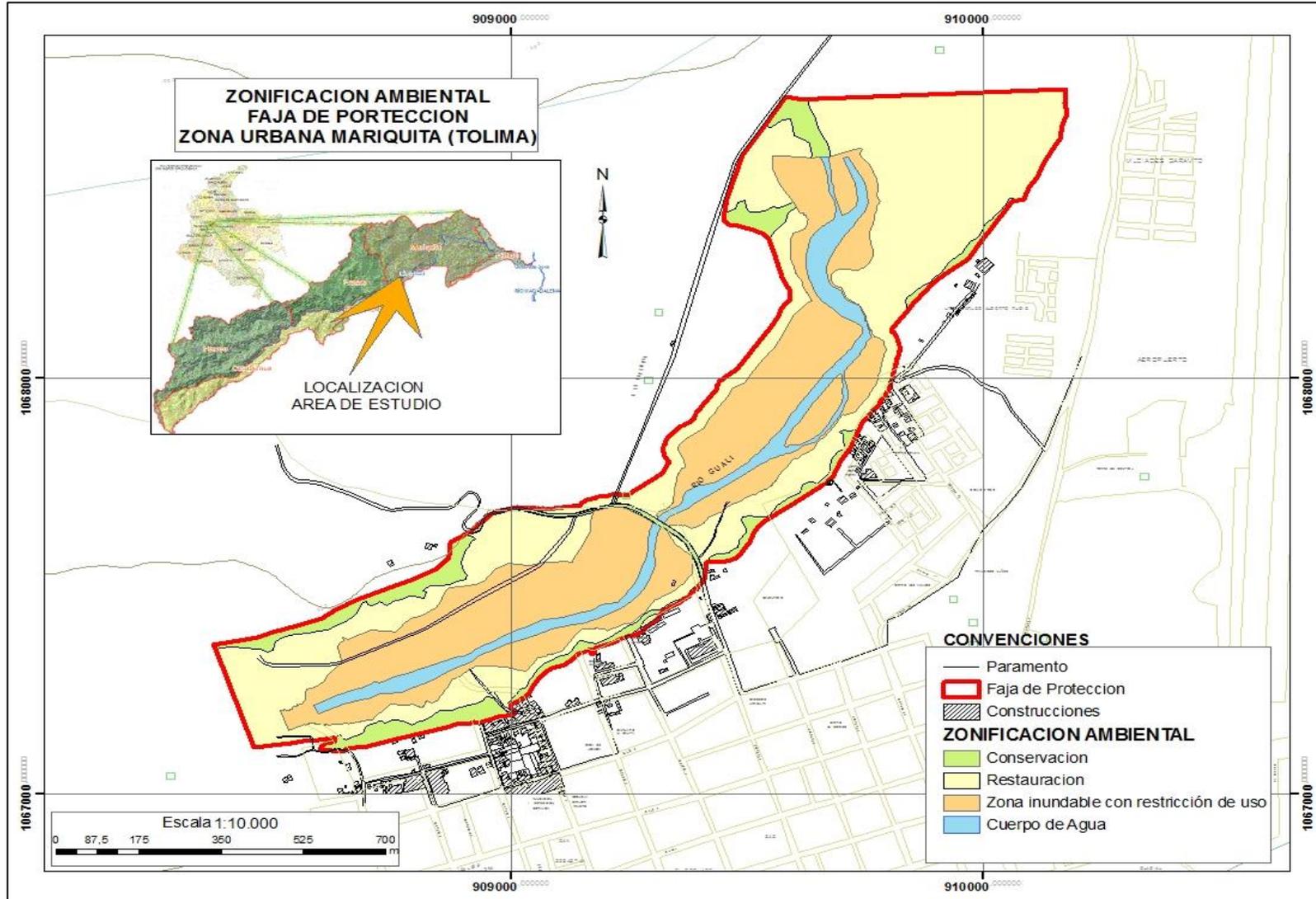
Dirección: Calle 57 No. 45-45 Of. 402 Barrio Nicolás de Federman Bogotá D.C. Colombia.

Contacto celular 3175024817-3112046943 E-mail interambientales.sa@gmail.com

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Río Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



Figura 61. Zonificación ambiental de la faja de protección, en la zona urbana del municipio de San Sebastián de Mariquita.



Dirección: Calle 57 No. 45-45 Of. 402 Barrio Nicolás de Federman Bogotá D.C. Colombia.

Contacto celular 3175024817-3112046943 E-mail interambientales.sa@gmail.com

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Río Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



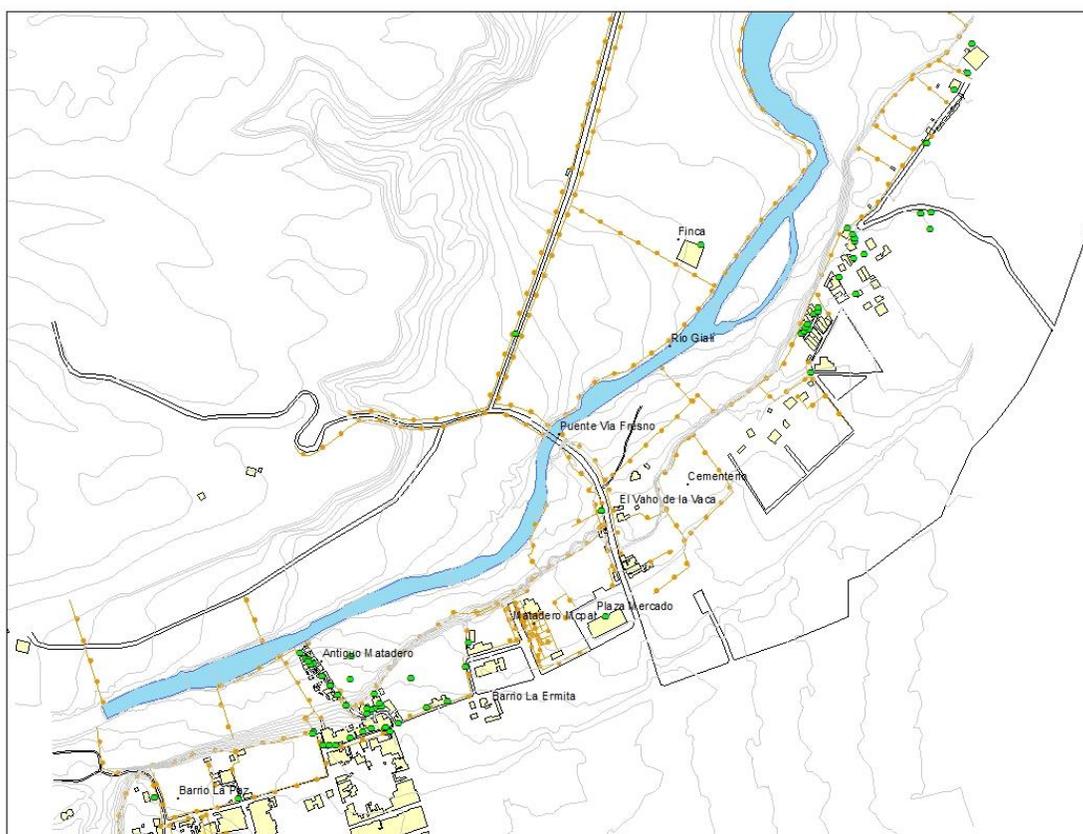
En el Anexo 6, se presentan los mapas de zonificación ambiental para las rondas hídricas en las zonas urbanas de los municipios de Honda y San Sebastián de Mariquita, a escala 1: 5.000.

8 IDENTIFICACIÓN Y ESPACIALIZACIÓN DE LOS PREDIOS LOCALIZADOS, EN LAS ZONAS URBANAS DE LOS MUNICIPIOS DE SAN SEBASTIÁN DE MARIQUITA Y HONDA.

8.1 ÁREA DE ESTUDIO

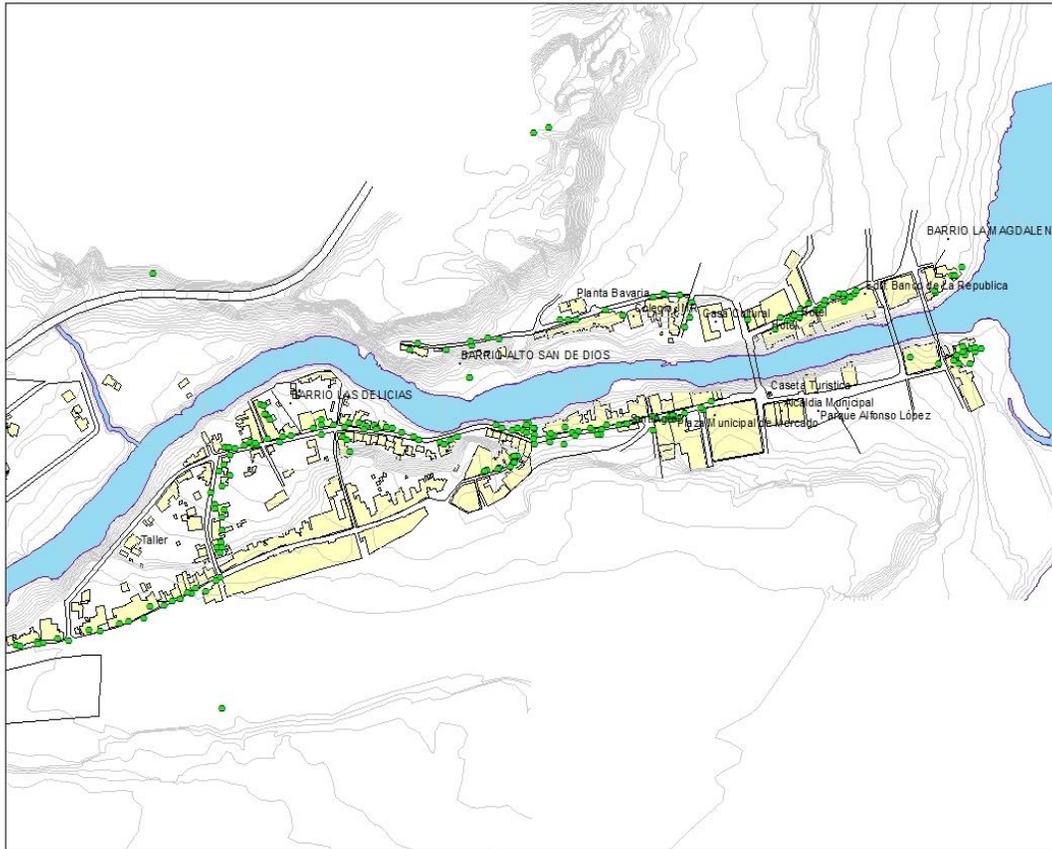
El censo predial se desarrolló, en las zonas urbanas de los municipios de Honda y San Sebastián de Mariquita (localizados al norte del departamento del Tolima), en áreas aproximadas de inundación por el río guala a su paso por estas dos jurisdicciones, teniendo como base el levantamiento predial municipal y complementado con mediciones paralelas de aproximadamente 30 metros.

Figura 62. Zona urbana norte, del municipio de San Sebastián de Mariquita, donde se realizó el censo predial.



Fuente: Interambientales S.A.

Figura 63. Tramo nororiental del casco urbano del municipio de Honda, donde se desarrolló el censo predial.



Fuente: Interambientales S.A.

8.2 METODOLOGIA

8.2.1 Consulta de información predial en las zonas de interés.

Se consultaron los PBOT de las respectivas municipalidades y realizaron las solicitudes de información a las secretarías de planeación municipal de San Sebastián de Mariquita y Honda, para establecer si había información preliminar de censos adelantados en las zonas de estudio, u otro tipo de inventarios

realizado por organizaciones privadas o no gubernamentales, pero la información relacionada es nula.

8.2.2 Planeación del Trabajo de Campo

Se realizaron avanzadas con ayuda del profesional en SIG y Mapa predial de los Municipios en estudio, para familiarizarse con la distribución de las manzanas, con base a esto, se definieron las rutas (track) en lo GPS, la geroreferenciación del predio, se realizó con GPS (navegadores) marca GARMIN MAP 60 CXS, configurado para que los datos se registrarán, en coordenadas planas según especificaciones del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) origen Bogotá 1.000.000.m N y 1.000.000.m E, con una precisión de tres (3) metros.

8.2.3 Formato de recolección de información

El formato de campo utilizado para la toma de la información, se diseñó a partir de la información mínima requerida, permitiendo realizar la identificación del propietario, características físicas del predio, geroreferenciación, tipo de uso, Cedula catastral, Matricula inmobiliaria, área de la construcción y del predio, unidad familiar, acceso a servicios y observaciones generales.

8.2.4 Descripción de la visita.

Siguiendo los mapas y las rutas trazadas, al sitio de interés, se hizo presente un equipo de trabajo, conformado por un Ingeniero Ambiental, un conductor y cuatro (4) censistas. Se realizaron visitas predio a predio, contextualizando al propietario, arrendatario o en su defecto a los administradores de establecimientos comerciales, hoteles y demás predios de carácter público y privado, el convenio interadministrativo, marco de desarrollo del proyecto, objetivo del censo predial y

alcance del mismo. Esta información, también se socializo a los presidentes de las Juntas de Acción Comunal, de los barrios del área de influencia del censo predial (Anexo 7).

Los puntos se nombraron con el número de GPS, seguido del número del punto, esto con el fin de poder asociar más adelante los datos, al punto georeferenciado.

Ilustración 15. Desarrollo de las Visitas de campo, durante el censo predial en los municipios de San Sebastián de Mariquita y Honda.



8.2.5 Procesamiento de la Información.

Los datos recolectados en campo, fueron consignados en matrices básicas de datos elaboradas en el programa Excel, esto para elaborar gráficos de comparación y observar la tendencia de la información, se realizó un inventario de los pozos visitados.

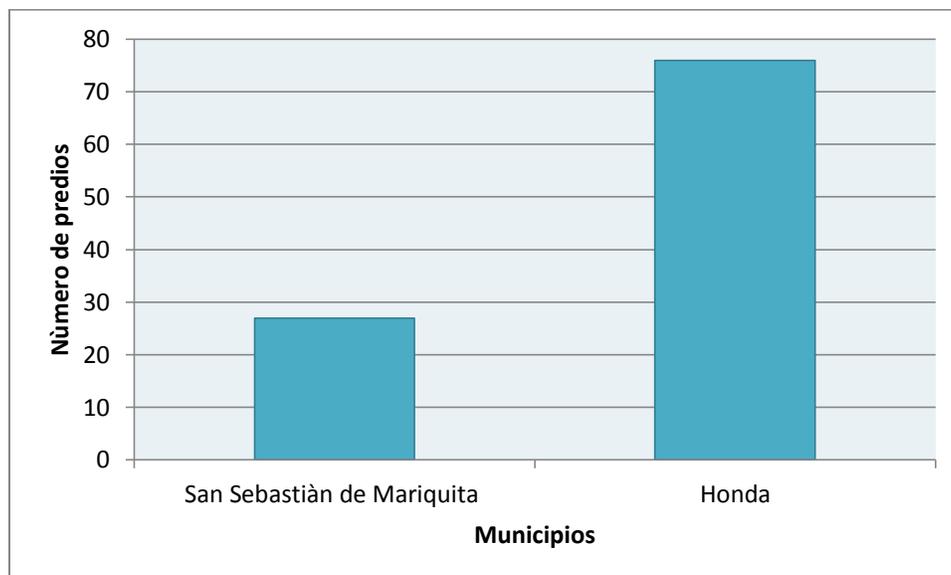
La actividad de digitalización de los formatos de campo, se realizó con el objetivo específico de crear una base de datos con los mismos campos que se encuentran en el formato de Censo predial.

8.3 RESULTADOS

Durante el desarrollo del censo predial, fueron inventariados 326 predios localizados en las zonas urbanas de los municipios de San Sebastián de Mariquita y Honda, posterior a la espacialización de la faja de protección correspondiente a la sumatoria de la faja Ecológica, Geomorfológica e Hidráulica, se observa como resultado 103 predios localizados en las zonas urbanas de estos municipios.

La mayor representación la tiene el municipio de Honda con 76 predios (73,78% del total censado), mientras que en San Sebastián de Mariquita solo se reportan 27.

Figura 64. Distribución de predios censados en los municipios de San Sebastián de Mariquita y Honda.

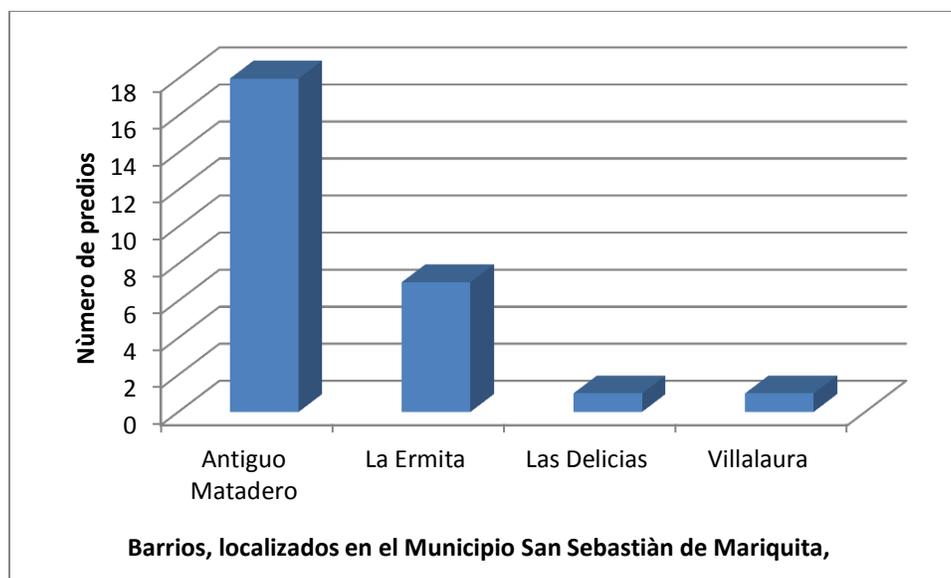


8.3.1 Municipios del Área de Influencia del censo predial.

➤ Municipio de San Sebastián de Mariquita

En la zona urbana inundable por el río Gualí, en el Municipio de San Sebastián, se visitaron en total 4 barrios, inventariándose en el barrio Antiguo Matadero el mayor número de predios (18), seguido por la Ermita con 7 y en menor proporción, los barrios las delicias y villalaura con un (1) predio respectivamente. El 100% de los predios censados en esta zona, presenta un uso residencial y tienen accesos a los servicios públicos.

Figura 65. Barrios censados, en el Municipio San Sebastián de Mariquita.

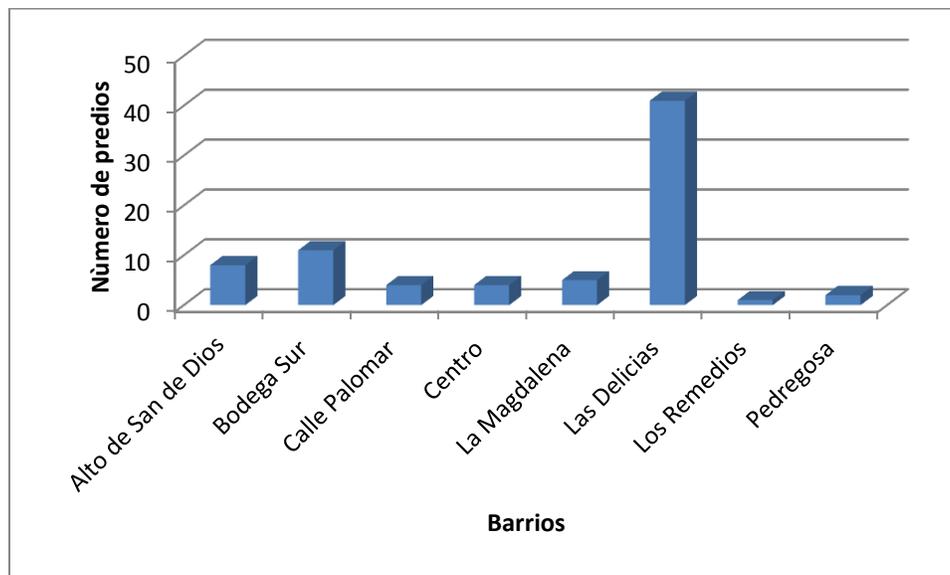


➤ Municipio de Honda.

Con una representación del 73,78% del total censado, en este municipio se visitaron los predios localizados en los barrios que se presentan en la figura 66, destacándose el barrio las delicias al localizarse 41 predios, ubicados en zonas

inundables por el río Gualí, y en menor proporción se registran los barrios: los remedios y pedregosa.

Figura 66. Representación de la distribución del total censado en el municipio de Honda, en los diferentes barrios o sectores, objeto de interés.



Del total censado en Honda, 66 predios, registran uso residencial, mientras que el resto se caracteriza por tener un uso comercial, en especial los localizados en el centro, las delicias y el sector de la calle palomar.

Una característica general observada en las viviendas censadas, son los materiales de construcción de las mismas, los cuales en su mayoría corresponden a techos constituidos por láminas de zinc y eternit.

Durante las visitas realizadas a los predios localizados en el sector centro del municipio, fue posible evidenciar el vertimiento de aguas residuales domésticas y disposición final de residuos ordinarios a la playa del río, en especial los que tienen usos específicamente comerciales.

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Río Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



Se adjuntan los formatos con la información predial recopilada en campo (Anexo 7).

9 RECOMENDACIONES

Considerando los 103 predios localizados en la faja de protección del río Gualí a su paso por las zonas urbanas de los municipios de San Sebastián de Mariquita y Honda, es necesario que la autoridad ambiental, inicie la recuperación de las consideradas fajas protectoras de la cuenca en estudio.

Para lo anterior, considerándose que la recuperación de estas zonas de protección, por tratarse de recursos naturales, como lo son los cauces de los ríos, son de competencia de las autoridades ambientales, para lo cual, nos debemos apoyar en los siguientes fundamentos jurídicos:

Artículo 102 del Decreto 2811 de 1974, el cual establece que quien pretenda construir obras que ocupen el cauce de una corriente o depósito de agua, deberá solicitar autorización.

La ocupación permanente de playas solo se permitirá para efectos de navegación. La transitoria requerirá permiso exceptuada la que se verifique para pesca de subsistencia. Artículo 104 Ibídem.

El artículo 123 Ibídem, en obras rectificación de cauces o defensas de los taludes marginales, para evitar inundaciones o daños en los predios ribereños, los interesados deberán presentar los planos y memorias necesarios.

El artículo 11 del Decreto 1541 de 1978 establece que se entiende por cauce natural la faja de terreno que ocupan las aguas de una corriente al alcanzar sus niveles máximos por efecto de las crecientes ordinarias; y por lecho de los depósitos naturales de agua, el suelo que ocupan hasta donde llegan los niveles ordinarios por efecto de lluvias o deshielo.

Concordante con lo anterior el artículo 83 del Decreto 2811 de 1974 establece que salvo derechos adquiridos por particulares, son bienes inalienables e imprescindibles del Estado:

- a. El álveo o cauce natural de las corrientes;
- b. El lecho de los depósitos naturales de agua.
- c. Las playas marítimas, fluviales y lacustres;
- d. **Una faja paralela a la línea de mareas máximas o a la del cauce permanente de ríos y lagos, hasta de treinta metros de ancho; (negrilla fuera de texto)**
- e. Las áreas ocupadas por los nevados y los cauces de los glaciares;
- f. Los estratos o depósitos de las aguas subterráneas;

El artículo 107 de la Ley 99 de 1993 establece como Utilidad Pública e Interés social, la adquisición por negociación directa o por expropiación de bienes de propiedad privada, o la imposición de servidumbres, que sean necesarias para la ejecución de obras públicas destinadas a la protección y manejo del medio ambiente y los recursos naturales renovables, conforme a los procedimientos que establece la ley...

... son motivos de utilidad pública e interés social para la adquisición, por enajenación voluntaria o mediante expropiación, de los bienes inmuebles rurales o urbanos, patrimoniales de entidades de derecho público o demás derechos que estuvieren constituidos sobre esos mismos bienes; además de los determinados en otras leyes, los siguientes:

- **La ejecución de obras públicas destinadas a la protección y manejo del medioambiente y los recursos naturales renovables.** (negrilla fuera de texto)
- la declaración y alinderamiento de áreas que integren el Sistema de Parques Nacionales Naturales.
- la ordenación de cauces hidrográficos con el fin de obtener un adecuado manejo de los recursos naturales renovables y su conservación.

Como interpretación de lo anterior, se tiene que son bienes de uso público, aquellos cuyo uso pertenece a todos los habitantes y solo el interés colectivo predomina en su regulación y funcionamiento, como lo son las calles, carreteras, puentes, franjas de retiro de edificaciones, el espectro electromagnético, ríos, subsuelo, mar territorial, espacio aéreo, playas marítimas y fluviales, etc., los cuales son inembargables, imprescriptibles, inajenables.

Dentro de los bienes de uso público tenemos los bienes afectados al uso público, los cuales son definidos expresamente por la ley, tales como los ríos, torrentes, playas marítimas y fluviales, radas, entre otros, y también los que siendo obra del hombre, están afectados al uso público en forma directa como los caminos, canales, puertos, puentes y demás obras publicas de aprovechamiento o utilización generales cuya conservación y cuidado sean de competencia de las autoridades locales.

Desde el punto de vista Jurisprudencial, La Sentencia C-643 del 99, ha reconocido como elementos que integran el concepto de espacio público, los siguientes: vías públicas, como por ejemplo las calles, plaza, puentes y caminos; parques y zonas verdes; andenes o demás espacios peatonales; las fuentes agua, y las vías fluviales que no son objeto de dominio privado; las áreas necesarias para la instalación y mantenimiento de los servicios públicos básicos o para la instalación y uso de los elementos constitutivos del amoblamiento urbano en todas sus expresiones; las áreas para la preservación de las obras de interés público y de los elementos históricos, culturales, religioso, recreativos y artísticos, para la conservación y preservación del paisaje; los elementos naturales del entorno de la ciudad; los necesarios para la **preservación y conservación de las playas marinas y fluviales, los terrenos de bajamar, así como la de sus elementos vegetativos, arenas y corales**; en general, todas las zonas existentes o debidamente proyectadas en las que el interés colectivo sea manifiesto y

conveniente y que constituyen por consiguiente zonas para el uso o el disfrute colectivo. (Negrilla fuera de texto).

Por otro lado en sentencia de la Corte Constitucional donde se desato el caso relacionado a la constitución de playas privadas en el Pacífico y el Atlántico, manifestó: “Las playas son propiedad exclusiva de la Nación y tienen el carácter de bienes de uso público y, en tal sentido, son inalienables, imprescriptibles e inembargables”.

Así, en concepto de la Corte, las playas no se pueden negociar, vender, donar o permutar; ni pueden ser objeto de gravámenes hipotecarios, embargos o apremios.

Más relevante aun es que la categoría de bienes de uso público de carácter imprescriptible obliga al Estado a evitar ocupaciones ilegítimas y a preservar las playas como un patrimonio común.

A ese respecto, la Corte observa: “es contrario a la lógica que bienes que están destinados al uso público de los habitantes pueden ser asiento de derecho privados, es decir, que al lado del uso público pueda prosperar la propiedad particular de algunos de los asociados”.

La imprescriptibilidad significa la defensa del dominio público frene a usurpaciones de los particulares, que, aplicándolas al régimen común (la ocupación), terminarían por imponerse por el transcurso del tiempo.

En la misma Sentencia señala el Magistrado Alejandro Martínez que “El Estado está en posibilidad jurídica de iniciar acción pública de desalojo en todos aquellos casos en que se haya desconocido que las playas son bien de uso público”.

En la misma dirección, Martínez observa: “desconocer el carácter de bienes de uso público a las playas sería tanto como aceptar propiedad privada sobre un puente o una autopista”.

Por otro lado, en concepto dado por la corte en La Sala Numero IV de Revisión de Acciones de tutela, reconoció y estableció tres clases de bienes, así: bienes privados, bienes del Estados y bienes del dominio público.

Las playas forman parte de este último grupo y están comprendidas dentro del concepto de público, regulado por el artículo 82 de la Constitución. Este prevé: es deber del Estado velar por la protección de la integridad del espacio público y por su destinación al uso común, el cual prevalece sobre el interés particular.

El concepto de espacio público, sostiene la Corte, se encuentra desarrollado en el artículo noveno de la Ley Novena 1989, que señala: las playas, los terrenos de bajamar y las aguas marítimas, son bienes de uso público, por tanto intransferibles a cualquier título a los particulares, quienes solo podrán obtener concesiones, permisos o licencias para su uso o goce de acuerdo con la ley. En consecuencia, tales permisos o licencias no confieren título alguno el suelo o subsuelo.

Bajo esa perspectiva, la Corte enfatiza en que es responsabilidad del estado ejercer el control y garantizar la preservación de las playas y la riqueza marítima como parte de un legado común. Bienes oficiales en concepto de la Corte, a partir de la Constitución de 1991, es viable reconocer y establecer expresamente varios tipos de bienes y propiedad, así: **I. Bienes del Estado:** Son del Estado el subsuelo y los recursos naturales no renovables; el mar territorial, la zona contigua, la plataforma continental, la zona económica exclusiva, el espacio aéreo, el segmento de la órbita geoestacionaria, el espectro electromagnético así como los bienes que posee como propiedad privada, en iguales condiciones que los particulares. **II. Bienes de dominio público:** **A. Bienes afectados al fomento de la**

riqueza nacional: esta clase de bienes está formada por el patrimonio cultural, arqueológico e histórico.

En este grupo, se ubican los bienes de dominio privado o estatal destinados al uso público, como las fachadas de los inmuebles que poseen un valor histórico o arquitectónico, en el que el dominio es exclusivo de una persona, pero no pueden ser alterados por el valor que representan para la sociedad.

B. Bienes destinados al uso público: esta categoría la integran, en primer lugar, los bienes de dominio público por naturaleza, definidos en la ley como aquellos que reúnen determinadas condiciones físicas como los ríos, torrentes, playas marítimas y fluviales, radas, entre otros.

Los bienes de uso público del Estado tienen como características ser inalienables, imprescriptibles e inembargables.

C. Bienes destinados al espacio público: la definición de los bienes del Estado destinados al uso público se entiende como el conjunto de inmuebles públicos y elementos arquitectónicos y naturales de los inmuebles privados destinados por su uso o destinación, a la satisfacción de necesidades urbanas colectivas que trascienden, por tanto, los límites de los intereses individuales de los habitantes.

Así, constituyen el espacio público de la ciudad, las áreas requeridas para la circulación, tanto peatonal, como vehicular, las áreas de recreación pública, las áreas para la seguridad y tranquilidad ciudadana, las áreas de retiro de las edificaciones sobre las vías, las plazas, zonas verdes, fuentes de agua, puentes y las obras de interés público y playas, etc.

El artículo 104 del Decreto 1541 de 1978, establece que la construcción de obras que ocupen al cauce de una corriente o depósito de agua requiere autorización, que se otorgará en las condiciones que establezca la autoridad ambiental

correspondiente. Igualmente se requerirá permiso cuando se trate de la ocupación permanente o transitoria de playas.

El artículo 01 de la ley 99 de 1993 señala los principios que rigen la política ambiental colombiana, y en su numeral 2 dispone que la biodiversidad del país, por ser patrimonio nacional y de interés de la humanidad, debe ser protegida prioritariamente y aprovechada en forma sostenible.

Según lo dispuesto en el numeral 6 del artículo 1 Ibídem, las autoridades ambientales y los particulares darán aplicación al principio de precaución cuando exista peligro de daño grave e irreversible, la falta de certeza científica absoluta, no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces para impedir la degradación del medio ambiente.

Que el numeral 8 del mencionado artículo, dice que el paisaje por ser patrimonio común deberá ser protegido.

El numeral 2 del artículo 31 de la Ley 99 de 1993, establece que a la Corporación, le corresponde ejercer la función de máxima autoridad ambiental en el área de su jurisdicción, de acuerdo con las normas de carácter superior y conforme a los criterios y directrices trazadas por el Ministerio del Medio Ambiente.

Así mismo el numeral 12 dispone que es competencia de las autoridades ambientales, ejercer las funciones de evaluación, control y seguimiento ambiental de los usos del agua, el suelo, el aire y los demás recursos naturales renovables, lo cual comprenderá el vertimiento, emisión o incorporación de sustancias o residuos líquidos, sólidos y gaseosos, a las aguas en cualquiera de sus formas, al aire o a los suelos, así como los vertimientos o emisiones que puedan causar daño o poner en peligro el normal desarrollo sostenible de los recursos naturales renovables o impedir u obstaculizar su empleo para otros usos.

El numeral 17 *Ibidem* establece que también es función de la Corporación, Imponer y ejercer a prevención y sin perjuicio de las competencias atribuidas por la Ley, en caso de violación a las normas de protección ambiental y de manejo de recursos naturales renovables y exigir, con sujeción a las regulaciones pertinentes, la reparación de los daños causados.

El artículo 1° de la 1333 de 2009 establece, que el Estado es el titular de la potestad sancionatoria en materia ambiental y la ejerce, sin perjuicio de las competencias legales de otras autoridades, a través del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, las Corporaciones Autónomas Regionales, las de Desarrollo Sostenible, las Unidades Ambientales de los Grandes Centros Urbanos a que se refiere el artículo 66 de la Ley 99 de 1993, los Establecimientos Públicos Ambientales a que se refiere el artículo 13 de Ley 768 de 2002 y la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales, UAESPNN, de conformidad con las competencias establecidas por la ley y los Reglamentos.

De acuerdo con lo anterior, el artículo 2° *Ibidem*, el cual establece que El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales; las Corporaciones Autónomas Regionales y las de Desarrollo Sostenible; las Unidades Ambientales Urbanas de los Grandes Centros Urbanos a que se refiere el artículo 66 de la ley 99 de 1993; los Establecimientos Públicos a los que hace alusión el artículo 13 de la ley 768 de 2002; la Armada Nacional; así como los departamentos, municipios y distritos, quedan investidos a prevención de la respectiva autoridad en materia sancionatoria ambiental. En consecuencia, estas autoridades están habilitadas para imponer y ejecutar las medidas preventivas y sancionarias consagradas en esta ley y que sean aplicables según el caso, sin perjuicio de las competencias legales de otras autoridades.

Citando nuevamente la Jurisprudencia, cabe hacer referencia a algunos criterios de la Corte constitucional en materia de conservación y protección del ambiente, y en este sentido el máximo tribunal jurisdiccional en sentencia 411 del 17 de junio de 1992, de la Sala cuarta de revisión de la Corte Constitucional, con ponencia del Magistrado Dr. Alejandro Martínez Caballero, señalo:

“Es indudable, que la conservación y protección del ambiente, en cuanto tienden a asegurar la salud y la vida y la disponibilidad y oferta constante de elementos ambientales a las generaciones presentes y futuras, constituyen un cometido esencial del estado, como se desprende del sistema normativo del ambiente que institucionaliza en varias de sus disposiciones la Constitución (arts. 8, 49, 63, 66, 67, 72,79, 80,81, 88, entre otros)”.

Que la sentencia T-453 del 31 de agosto de 1998, de la Sala Séptima de la Corte Constitucional, con ponencia del Magistrado Dr. Alejandro Martínez Caballero, determino:

“El medio ambiente desde el punto de vista constitucional, involucra aspectos relacionados con el manejo, uso aprovechamiento y conservación de los recursos naturales, el equilibrio de los ecosistemas, la protección de la diversidad biológica y cultural, el desarrollo sostenible y la calidad de vida del hombre entendido como parte integrante de ese mundo natural, tema, que entre otros, han sido reconocidos ampliamente por nuestra Constitución Política en muchas normas que establecen claros mecanismos para proteger este derecho y exhortan a las autoridades a diseñar estrategias para su garantía y su desarrollo.”

10 BIBLIOGRAFIA

Barrera-Cataño, J. I., Contreras, S.M., Garzón N.V. Moreno, A. C. y Montoya, S. P. 2010. Manual para la restauración ecológica de los ecosistemas disturbados del distrito capital. Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) Pontificia Universidad Javeriana (PUJ). Bogotá, Colombia. 402 pp.

Biota Colombiana 2012. Especial bosque seco en Colombia. Volumen 13. Número 2. Pág. 2- 4.

Bolfor, M, Bonifacio, F., Todd S. 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Santa Cruz, Bolivia

Boutin, C.; Jobin B.; Bélanger, L. 2003. Importance of riparian habitats to flora conservation in farming, landscapes of southern Québec. Agriculture, Ecosystems and Environment. 94: 73–87.

Mahecha G., Ovalle A., Camelo D., Rozo A. y Barrero D. 2004. Vegetación del territorio CAR. 450 especies de sus llanuras y montañas. Bogotá, Colombia 871pp.

Morales, A. y Sarmiento D. 2008. Árboles del Bosque Seco Tropical en el área del Parque Recreativo y Zoológico Piscilago- Nilo Cundinamarca. Bogotá, D. C. Colombia. Pág. 115

Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T, Manuales y Tesis SEA. Volumén 1, Zaragoza, 84 pp.

Olson, H.; Chan, S.; Weaver, G.; Cunningham, P.; Moldenke, A.; Progar, R.; Muir, P.; McCune, B.; Rosso, A.; Peterson, E. 2000. Characterizing stream

Realizar la integración de variables físico - biótico y socioeconómicas, de la cuenca del Río Gualí, Departamento del Tolima, con el fin de identificar las amenazas por inundación, movimientos en masa, erupciones volcánicas y sismos, entre otros, la vulnerabilidad de los elementos expuestos, que puedan restringir y condicionar el uso para general el mapa de riesgos e hidrogeología así como la definición de la faja de protección en la zona urbana de Honda y Mariquita; con el fin de ser incluidos, en las diferentes fases del Plan de Ordenación y Manejo.



riparian upslope habitats and species in Oregon managed headwater forests. International conference on riparian ecology and management in multi-land use watersheds. .U.S. American Water Resources Association. Parks and Wildlife Commission of the Northern Territory. Australia. Journal of Biogeography 27: 843–868.