REALIZAR LOS ESTUDIOS PARA LA DEMARCACIÓN DE LA RONDA HÍDRICA DE 2 CORRIENTES PRIORIZADAS EN EL MUNICIPIO DE PEREIRA, DEPARTAMENTO DE RISARALDA. (F.H. Q. GATO NEGRO, Q. TINAJAS

QUEBRADAS TINAJAS Y GATO NEGRO

Entidad Interesada:

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE RISARALDA - CARDER

Consultoría ejecutora:

ADRIÁN CAMILO HERNÁNDEZ MANRIQUE

Pereira, abril 2026

Carrera 6 No. 19-48 Plazuela OF 601. Correo Electrónico: adriancamilo14@gmail.com. Cel.3183659249

ÍNDICE DE MODIFICACIONES- REVISIONES Y APROBACIÓN

REVISIÓN	FECHA:	SECCIÓN MODIFICADA	DESCRIPCIÓN
REV-01			
REV-02			
REV-03			
REV-04			

APROBACIÓN	NUMERO DE REVISIÓN		REV-00	REV-01	REV-02
	Proyectó Contratista:	Nombre:			
		Firma:			
		Fecha:			
	Reviso Aprobó Contratista:	Nombre:			
		Firma:			
		Fecha:			
	Reviso Aprobó Interventoría:	Nombre			
		Firma:			
		Fecha			
	Vo. Bo. Interventoría:	Nombre			
		Firma:			
		Fecha			

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN 18
CAPÍTULO 2. MARCO NORMATIVO 19
CAPÍTULO 3. ANTECEDENTES 21
CAPÍTULO 4. LOCALIZACIÓN DE TRAMOS PRIORIZADOS PARA EL ACOTAMIENTO DE LA RONDA HÍDRICA 23
4.1 Q. Tinajas (cuenca Media-Alta) 24
4.2 F.H.Q. Gato Negro 25
CAPÍTULO 5. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE DETALLE 26
5.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE DETALLE QUEBRADA TINAJAS (SECCIONES TRANSVERSALES CORRIENTE HÍDRICA TINAJAS) 26
5.2 TOPOGRAFÍA DE DETALLE QUEBRADA GATO NEGRO 30
5.2.1 Planeación y captura de imágenes 30
5.2.2 Procesamiento de las imágenes 30
5.2.3 Procesamiento final y generación de los productos derivados 32
CAPÍTULO 6. MARCO METODOLÓGICO 33
6.1 Fase 0. Acciones previas 35
6.2 Fase 1. Delimitación del cauce permanente o de la línea de mareas máximas 36
6.2.1 Criterio cauce hidrológico-hidráulico 36
6.2.2 Criterio cauce geomorfológico 39
6.2.3 Validaciones en campo 41
6.2.4 Definición del cauce permanente final 44
6.3 Fase 2. Definición del límite físico y de estrategias para el manejo ambiental de la ronda hídrica 45
6.3.1 Definición del límite físico de la ronda hídrica 45
6.3.1.1 Delimitación del componente geomorfológico 47
6.3.1.2 Delimitación del componente hidrológico 47
6.3.1.3 Delimitación del componente ecosistémico 61
6.3.1.4 Definición del límite físico de la ronda hídrica 73
6.3.2 Directrices para el manejo ambiental de la ronda hídrica 73

6.3.2.1 Identificación de elementos constituyentes de la ronda hídrica 73
6.3.2.2 Identificación de actores 74
6.3.2.3 Identificación de servicios ecosistémicos.....76
CAPÍTULO 7. DELIMITACIÓN DEL CAUCE PERMANTE 79
7.1 Aplicación de criterios hidrológicos 79
7.1.1 Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Baja) 79
7.1.2 Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro 80
7.2 Aplicación de criterios geomorfológicos 81
7.2.1 Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Baja) 81
7.2.1.1 Clasificación morfométrica de la Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta) 81
7.2.1.2 Relación de la geología con el comportamiento morfológico de la corriente Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta) 86
7.2.1.3 Análisis multitemporal del cauce permanente Q. Tinajas 86
7.2.1.4 Delimitación del cauce permanente geomorfológico de la unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta) 88
7.2.2 Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro 90
7.2.2.1 Clasificación morfométrica de la Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro. 90
7.2.2.2 Relación de la geología con el comportamiento morfológico de la corriente Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro 95
7.2.2.3 Análisis multitemporal del cauce permanente Q. El Erazo 95
7.2.2.4 Delimitación del cauce permanente geomorfológico de la unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro. 97
7.3 Delimitación final del cauce permanente.....99
7.3.1 Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta) 99
7.3.2 Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro 101
CAPÍTULO 8. DEFINICIÓN DEL LÍMITE FÍSICO DE LA RONDA HÍDRICA.....104
8.1 Delimitación del componente geomorfológico 104
8.1.1 Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Baja) 104
8.1.1.1 Contexto geológico regional de la Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta) 104

8.1.1.2 Contexto geomorfológico para la identificación y clasificación de las geoformas asociadas a la ronda hídrica a escala 1:25.000- Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta)..... 108

8.1.1.3 Análisis de procesos morfodinámicos..... 113

8.1.1.4 Identificación y clasificación de las geoformas en los tramos priorizados a escala de detalle 1:1.000..... 115

8.1.1.5 Geoformas de Ambiente Denudacional (86.19%) 118

8.1.1.6 Geoformas de Ambiente Fluvial (13.81%)..... 118

8.1.1.7 Delimitación del componente geomorfológico Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta)..... 122

8.1.2 Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro..... 123

8.1.2.1 Contexto geológico regional de la Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro..... 123

8.1.2.2 Contexto geomorfológico para la identificación y clasificación de las geoformas asociadas a la ronda hídrica a escala 1:25.000- Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro. 126

8.1.2.3 Análisis de procesos morfodinámicos..... 129

8.1.2.4 Identificación y clasificación de las geoformas en los tramos priorizados a escala de detalle 1:1.000..... 134

8.1.2.5 Delimitación del componente geomorfológico Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro 142

8.2 Delimitación del componente hidrológico..... 143

8.2.1 Puntos de interés para la estimación de caudales máximos..... 143

8.2.1.1 Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Baja)..... 144

8.2.1.2 Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro 145

8.2.2 Revisión y análisis de información hidrometeorológica..... 146

8.2.2.1 Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta) 147

8.2.2.2 Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro 148

8.2.2.3 Análisis de consistencia y homogeneidad. 150

8.2.3 Caracterización morfométrica..... 153

8.2.3.1 Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca media – alta) 153

8.2.3.2 Unidad Hidrográfica F.H Q. Gato Negro 154

8.2.3.3 Caracterización hidrológica a partir de la estación de precipitación..... 155

8.2.4 Modelación hidrológica..... 156

8.2.4.1 Estimación de precipitación de diseño 156
8.2.4.2 Precipitación efectiva y pérdidas hidrológicas 157
8.2.4.3 Modelo hidrológico en HEC-HMS y caudales máximos 158
8.2.4.4 Caudales máximos Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta) 162
8.2.4.5 Caudales máximos Unidad Hidrográfica F. H. Q. Gato Negro 163
8.2.5 Modelación hidráulica 165
8.2.5.1 Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca media – alta) 165
8.2.5.2 Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro 171
8.2.6 Delimitación del componente hidrológico 177
8.2.6.1 Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta) 177
8.2.6.2 Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro 178
8.3 Delimitación del componente ecosistémico 179
8.3.1 Zonas de vida 179
8.3.1.1 Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta) 179
8.3.1.2 Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro 180
8.3.2 Caracterización florística y estructural (Cálculo altura media del dosel H) 182
8.3.2.1 Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta) 182
8.3.2.2 Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro 200
8.3.3 Cálculo de N (relación entre la densidad y el área de drenaje) 213
8.3.3.1 Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta) 214
8.3.3.2 Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro 217
8.3.4 Delimitación del componente ecosistémico 220
8.3.4.1 Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta) 220
8.3.4.2 Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro 222
8.4 Delimitación del límite físico/funcional de la ronda hídrica 223
8.4.1 Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta) 223
8.4.2 Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro 225
CAPÍTULO 9. DIRECTRICES PARA EL MANEJO AMBIENTAL DE LAS RONDAS HÍDRICAS 227
9.1 Identificación de los elementos constituyentes de la ronda hídrica 227

9.1.1 Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta) 227
9.1.2 Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro 229
9.2 Identificación de actores 231
9.2.1 Objetivos 233
9.2.2 Referente conceptual y metodológico 234
9.2.3 Ruta metodológica para la caracterización de actores 234
9.2.3.1 Revisión de información secundaria: 235
9.2.4 Caracterización de actores sociales 236
9.2.5 Desarrollo detallado de la caracterización 236
9.2.6 Estrategia de participación 240
9.2.7 Desarrollo detallado del componente social 241
9.2.8 Análisis social integral 244
9.2.9 Validación final y contraste territorial 244
9.3 Identificación de los servicios ecosistémicos 245
9.3.1 Identificación de los servicios ecosistémicos a partir de las coberturas del suelo 246
9.3.1.1 Análisis de la matriz de valoración de servicios ecosistémicos 248
9.3.1.2 Servicios ecosistémicos de soporte: 248
Los servicios de soporte, asociados a procesos ecológicos fundamentales como la biodiversidad, la provisión de hábitat y los ciclos de nutrientes, presentan sus mayores valores en: 248
9.3.1.3 Servicios ecosistémicos de provisión: 249
9.3.1.4 Servicios ecosistémicos de regulación: 249
9.3.1.5 Servicios ecosistémicos culturales 249
9.3.1.6 Síntesis espacial de los servicios ecosistémicos 250
9.3.2 Identificación de los servicios ecosistémicos a partir de la participación comunitaria 250
9.3.2.1 Unidad hidrográfica Quebrada Tinajas 250
9.3.2.2 Unidad hidrográfica Quebrada Gato Negro 252
9.3.3 Integración técnico–social y espacialización de los servicios ecosistémicos 253
9.4 Estrategias para el manejo ambiental de las rondas hídricas 254
9.4.1 Zonas homogéneas 255

9.4.1.1 Definición de zonas homogéneas 255
9.4.1.2 Criterios para la delimitación de zonas homogéneas 255
9.4.1.3 Descripción de las zonas homogéneas 256
9.4.2 Estrategias de manejo ambiental 259
9.4.2.1 Lineamientos normativos para la formulación de estrategias de manejo ambiental 261
9.4.2.2 Medidas de manejo generales 262
9.4.2.3 Medidas de manejo para la estrategia de preservación 263
9.4.2.4 Medidas de manejo para la estrategia de restauración 264
9.4.2.5 Medidas de manejo para la estrategia de uso sostenible 265
9.4.2.6 Estrategias de manejo ambiental por zonas homogéneas 267
CAPÍTULO 10. SEGUIMIENTO E INDICADORES 281
10.1 Descripción de los indicadores planteados 281
10.2 Establecimiento de la línea base de los indicadores 285
10.2.1 Cálculo de indicadores para la unidad hidrográfica Quebrada Tinajas 285
10.2.2 Cálculo de indicadores para la unidad hidrográfica Quebrada Gato Negro 291
CAPÍTULO 11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 298
CAPÍTULO 12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 300

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Localización general de las corrientes priorizadas 23
Figura 2 Localización general unidad hidrográfica quebrada Tinajas. 24
Figura 3 Localización general unidad hidrográfica quebrada Gato Negro. 25
Figura 4 Localización específica – puntos de secciones unidad hidrográfica quebrada Tinajas 27
Figura 5 Plano topográfico unidad hidrográfica Quebrada Tinajas 28
Figura 6 Registro fotográfico levantamiento topográfico unidad hidrográfica quebrada Tinajas 29
Figura 7 Plan de vuelo y captura de imágenes unidad hidrográfica quebrada Gato Negro 30
Figura 8 Superposición de imágenes 31

Figura 9 Ejemplos de productos fotogramétricos generados unidad hidrográfica quebrada Tinajas 32

Figura 10 Fases y actividades para el acotamiento de la ronda hídrica 33

Figura 11 Drenaje principal y afluente secundario a demarcar – Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta). 34

Figura 12 Drenaje principal y afluente secundario a demarcar – Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro. 35

Figura 13 Definición del cauce hidrológico-hidráulico como parte del cauce permanente – Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca media – alta) 38

Figura 14 Definición del cauce hidrológico-hidráulico como parte del cauce permanente – Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro 39

Figura 15 Registro fotográfico de mediciones en campo de ancho de cauce permanente 42

Figura 16 Puntos de medición en campo de ancho de cauce permanente – Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca media – alta). 43

Figura 17 Puntos de medición en campo de ancho de cauce permanente – Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro. 44

Figura 18 Elementos constituyentes de la ronda hídrica (Artículo 206 Ley 1450 de 2011) 45

Figura 19 Componentes físico-bióticos de la ronda hídrica. 46

Figura 20 Componentes físico-bióticos para la definición del límite físico de la ronda hídrica en sistemas lóticos. 46

Figura 21 Registro fotográfico – levantamiento obras hidráulicas 48

Figura 22 Obras hidráulicas identificadas en campo – Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca media – alta) 49

Figura 23 Obras hidráulicas identificadas en campo – Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro 50

Figura 24 Configuración geométrica modelo hidráulico 1D – Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca media – alta) 54

Figura 25 Configuración geométrica modelo hidráulico 1D – Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro (zona alta) 56

Figura 26 Configuración geométrica modelo hidráulico 2D – Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro (zona media – baja) 57

Figura 27 Mapa de rugosidad para modelación hidráulica Configuración – Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca media – alta) 58

Figura 28 Mapa de rugosidad para modelación hidráulica Configuración – Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro 59

Figura 29 Digitalización del componente hidrológico..... 60
Figura 30 Diagrama para la clasificación de zonas de vida de Holdridge..... 62
Figura 31 Jornada de caracterización vegetal, Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta)..... 68
Figura 32 Recorridos de campo para muestreo de vegetación riparia Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta) 69
Figura 33 Jornada de caracterización vegetal, F.H.Q. Gato Negro 70
Figura 34 Recorridos de campo para muestreo de vegetación riparia Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro. 70
Figura 35 Mancha de inundación TR 2.33 años cauce permanente Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (cuenca media – alta)..... 79
Figura 36 Mancha de inundación TR 2.33 años cauce permanente Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro 80
Figura 37 Perfil longitudinal- Quebrada Tinajas 81
Figura 38 Perfil longitudinal- Quebrada Cundina..... 82
Figura 39 Tramos morfológicos de la unidad hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – alta)..... 82
Figura 40 Comparación temporal del trazo cauce la quebrada Tinajas tramo 3 87
Figura 41 Comparación temporal del trazo cauce la quebrada Tinajas tramo 4 88
Figura 42 Perfil longitudinal- Quebrada El Erazo 90
Figura 43 Perfil longitudinal- Quebrada Llano Grande 91
Figura 44 Tramos morfológicos de la Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro 91
Figura 45 Comparación temporal del trazo cauce la quebrada Erazo tramo 3 96
Figura 46 Comparación temporal del trazo cauce la quebrada Erazo tramo 3- sector Cancha 97
Figura 47 Cauce permanente Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (cuenca media – alta) 100
Figura 48 Cauce permanente Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro..... 102
Figura 49 Ubicación aproximada de la microcuenca Tinajas dentro de las subdivisiones morfodinámicas del abanico del Quindío-Risaralda 105
Figura 50 Contexto geológico regional de la Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – alta) 106
Figura 51 Mapa geología de la Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca media – alta) 107
Figura 52 Geomorfología a escala 1:25.000 Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca media – Alta)..... 110

Figura 53 Fotografía sector Cuba- parte baja Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca media – Alta). 111

Figura 54 Fotografía sector mirador de Altagracia- Geomorfología del sector de la Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca media – Alta). 112

Figura 55 Geomorfología del sector de la Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca media – Alta) - Vía Altagracia- Pereira. 112

Figura 56 Análisis temporal de procesos morfodinámicos asociados a movimientos en masa en la zona baja de la U.H.Q. Tinajas (cuenca media y alta)..... 114

Figura 57. Mapa de proceso morfodinámicos identificados U.H.Q. Tinajas (cuenca media y alta) 115

Figura 58. Geoformas denudacionales de U.H.Q. Tinajas (Cuenca media- alta) 119

Figura 59. Geoformas denudacionales y fluviales de U.H.Q. Tinajas (Cuenca media-alta)..... 120

Figura 60. Geoformas fluviales de la parte baja de U.H.Q. Tinajas (cuenca media-alta)..... 121

Figura 61. Componente geomorfológico de U.H.Q. Tinajas (cuenca media- alta)..... 123

Figura 62 Contexto geológico regional de la Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro ... 124

Figura 63 Mapa geología de la Unidad Hidrográfica- F.H.Q. Gato Negro..... 126

Figura 64 Mapa geomorfología 1:25.000 de la Unidad Hidrográfica- F.H. Q. Gato Negro 128

Figura 65 Geomorfología regional- Unidad hidrográfica F.H.Q. Gato Negro 129

Figura 66 Procesos erosivos en laderas de la parte alta U.U.F.H.Q. Gato Negro Fuente: Elaboración propia 130

Figura 67 Procesos erosivos en laderas de la parte alta- media U.U.F.H.Q. Gato Negro 131

Figura 68 Procesos erosivos en laderas de la parte alta U.U.F.H.Q. Gato Negro. Fuente: Elaboración propia 132

Figura 69 Procesos erosivos en laderas de la parte alta U.U.F.H.Q. Gato Negro Fuente: Elaboración propia 132

Figura 70. Mapa de proceso morfodinámicos identificados U.H F.H.Q. Gato Negro 134

Figura 71. Geoformas denudacionales de U.H.F.H.Q. Gato Negro..... 139

Figura 72. Geoformas denudacionales y fluviales de U.H.F.H.Q. Gato Negro 140

Figura 73. Geoformas fluviales de U.H.F.H.Q. Gato Negro..... 141

Figura 74. Componente geomorfológico de U.H.F.H.Q. Gato Negro..... 143

Figura 75 Nodos hidrológicos Q. Tinajas y Q. Cundina 144

Figura 76 Nodos hidrológicos Q. Llano Grande y Q. El Erazo 145
Figura 77 Estaciones meteorológicas U.H. Q. Tinajas y F. H. Q. Gato Negro 146
Figura 78 Estaciones meteorológicas Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media - Alta). 148
Figura 79 Estaciones meteorológicas Franja Hidrográfica Q. Gato Negro 149
Figura 80 Serie mensual de precipitación 150
Figura 81 Curva de masa de precipitación 151
Figura 82 Diagramas de caja y bigotes 151
Figura 83 Grafica Curva DDF 156
Figura 84 Esquematización modelo hidrológico Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (cuenca media – alta) 160
Figura 85 Esquematización modelo hidrológico Unidad Hidrográfica F. H. Q. Gato Negro 161
Figura 86 Hietograma de diseño Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (cuenca media – alta) 162
Figura 87 Hietograma de diseño Unidad Hidrográfica F. H. Q. Gato Negro 164
Figura 88 Profundidad de flujo modelo hidráulico Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (cuenca media – alta) 166
Figura 89 Velocidad de flujo modelo hidráulico Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (cuenca media – alta) 167
Figura 90 Profundidad de flujo modelo hidráulico Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro 172
Figura 91 Velocidad de flujo modelo hidráulico Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro 173
Figura 92 Componente hidrológico Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (cuenca media – alta) 177
Figura 93 Componente hidrológico Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro 178
Figura 94 Zonas de vida Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta) 180
Figura 95 Zonas de vida Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro 181
Figura 96 Coberturas de la tierra Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta) 183
Figura 97 Riqueza de especies vegetales en cada familia registrada en Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta) 195
Figura 98 Oreopanax cecropifolius Foto: Jorge L. Peña en iNaturalist 196
Figura 99 Aegiphila truncata Foto: Jorge L. Peña en iNaturalist 196

Figura 100. Mapa salida del H (altura media del dosel) de 21.2 m - Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta) 199

Figura 101 Coberturas de la tierra Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro..... 201

Figura 102 Riqueza de especies vegetales en cada familia registrada en la Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro 208

Figura 103 Ocotea oblonga (Laurel) 209

Figura 104 Cecropia angustifolia (Yarumo)..... 209

Figura 105 Smallanthus riparius (Yacon) 210

Figura 106 Trema micranthum (Zurrumbo) 210

Figura 107 Mapa salida del H (altura media del dosel) de 19.4 m de la Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro 213

Figura 108 Componente Ecosistémico Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (cuenca media – alta)..... 221

Figura 109 Componente Ecosistémico Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro..... 222

Figura 110 Límite físico de la ronda hídrica Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (cuenca media – alta) 224

Figura 111 Límite físico de la ronda hídrica Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro..... 226

Figura 112 Elementos constituyentes Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (cuenca media – alta)..... 228

Figura 113 Elementos constituyentes Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro..... 230

Figura 114 Memoria histórica de la comunidad Unidad Hidrográfica Quebrada Tinajas 251

Figura 115 Mapa memoria histórica de la comunidad Unidad Hidrográfica Gato Negro 252

Figura 116 Calificación de Bienes y Servicios Ecosistémicos – Unidad Hidrográfica Gato Negro 253

Figura 117 Calificación de Bienes y Servicios Ecosistémicos – Unidad Hidrográfica Tinajas 254

Figura 118 Mapa zonas homogéneas Unidad Hidrográfica Gato Negro 258

Figura 119 Mapa de zonas homogéneas Unidad Hidrográfica Tinajas 259

Figura 120 Mapa de estrategias ambientales de la unidad hidrográfica Quebrada Gato Negro 279

Figura 121 Mapa de estrategias ambientales de la unidad hidrográfica Quebrada Tinajas 280

Figura 122 Mapa indicador 1 unidad hidrográfica Tinajas 286

Figura 123 Mapa indicador 2 unidad hidrográfica Tinajas 287
Figura 124 Mapa indicador 3 unidad hidrográfica Tinajas 288
Figura 125 Mapa indicador 4 unidad hidrográfica Tinajas 289
Figura 126 Mapa indicador 5 unidad hidrográfica Tinajas 290
Figura 127 Mapa indicador 6 unidad hidrográfica Tinajas 291
Figura 128 Mapa indicador 1 unidad hidrográfica Gato Negro 292
Figura 129 Mapa indicador 2 unidad hidrográfica Gato Negro 293
Figura 130 Mapa indicador 3 unidad hidrográfica Gato Negro 294
Figura 131 Mapa indicador 4 unidad hidrográfica Gato Negro 295
Figura 132 Mapa indicador 5 unidad hidrográfica Gato Negro 296
Figura 133 Mapa indicador 6 unidad hidrográfica Gato Negro 297

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Precisión de puntos de control terrestre 31
Tabla 2 Caudales 2.33 años para desarrollo del criterio hidrológico-hidráulico cauce permanente 37
Tabla 3. Rangos de clasificación de las pendientes 40
Tabla 4 Parámetros morfométricos e índices geomorfológicos 41
Tabla 5 Mediciones de ancho de cauce permanente en campo. 42
Tabla 6 Periodos de retorno máximos seleccionados para el componente hidrológico 51
Tabla 7 Características modelo 1D Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca media – alta) 53
Tabla 8 Características modelo 1D Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro – zona alta. 55
Tabla 9 Características modelo 2D Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro – zona media – baja. 56
Tabla 10 Reclasificación de la biotemperatura 64
Tabla 11 Reclasificación de la precipitación 64
Tabla 12 Reclasificación de la relación ETP/P 65
Tabla 13 Código zonas de vida 65
Tabla 14 Clasificación de la densidad de drenaje 71
Tabla 15 Rango de clasificación de áreas aferentes 72
Tabla 16 Valor de N según área de la cuenca y densidad de drenaje 72

Tabla 17 Clasificación morfológica del eje de la quebrada Tinajas 83
Tabla 18 Clasificación morfológica del eje de la quebrada Cundina..... 85
Tabla 19. Delimitación del cauce permanente geomorfológico U.H.Q. Tinajas 89
Tabla 20 Clasificación morfométrica del eje de la quebrada El Erazo 92
Tabla 21 Clasificación morfométrica del eje de la quebrada Llano Grande 94
Tabla 22 Delimitación del cauce permanente geomorfológico U.H.F.H.Q. Gato Negro.... 98
Tabla 23 Medidas cauce permanente Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (cuenca media – alta)..... 100
Tabla 24 Medidas cauce permanente Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro 102
Tabla 25 Unidades geomorfológicas de la Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca media – Alta)..... 109
Tabla 26 Jerarquización geomorfológica hasta nivel de geoforma de la UH Q. Tinajas (Cuenca media- alta)..... 117
Tabla 27 Unidades geomorfológicas de la Unidad Hidrográfica 127
Tabla 28 Jerarquización geomorfológica hasta nivel de geoforma de la U.H.F.H.Q. Gato Negro 136
Tabla 29 Criterios selección estaciones meteorológicas 147
Tabla 30 Resultados de la prueba de Mann-Kendall..... 152
Tabla 31 Resultados de la prueba de Mann-Whitney..... 152
Tabla 32 Resultados prueba de Shapiro-Wilk 153
Tabla 33. Caracterización morfométrica U.H. Q. Tinajas (Cuenca media – alta)..... 154
Tabla 34 Caracterización morfométrica F. H. Q. Tinajas..... 155
Tabla 35 Caudales máximos para diferentes periodos de retorno Q. Tinajas y Q. Cundina de la Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca media- alta)..... 163
Tabla 36 Caudales máximos para diferentes periodos de retorno Q. El Erazo y Q. Llano Grande de la Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro..... 164
Tabla 37 Identificación de puntos críticos por inundación - Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (cuenca media – alta) 168
Tabla 38 Identificación de puntos críticos por inundación - Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro 174
Tabla 39 Registro de especies vegetales reportadas en la Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta)..... 184
Tabla 40 Lista de especies en la Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta) con su estado de conservación..... 197

Tabla 41 Especies con mayor IVI en la Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta) 198

Tabla 42 Registro de especies vegetales reportadas en la Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro 202

Tabla 43 Lista de especies en la Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro con su estado de conservación 211

Tabla 44 Especies con mayor IVI en la Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro 212

Tabla 45 Rangos de clasificación de áreas aferentes 214

Tabla 46 Cálculo de Densidad de drenaje U.H. Q. Tinajas 215

Tabla 47 Valor de N según área de la cuenca y densidad de drenaje..... 215

Tabla 48 Resultado Valor de N U. H. Q. Tinajas 216

Tabla 49 Rangos de clasificación de áreas aferentes 218

Tabla 50 Calculo de Densidad de drenaje F.H. Q. Gato Negro 219

Tabla 51 Valor de N según área de la cuenca y densidad de drenaje..... 219

Tabla 52 Resultado Valor de N F.H.Q. Gato Negro..... 220

Tabla 53. Áreas componentes físico-bióticos y ronda hídrica – U.H. Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta) 223

Tabla 54. Áreas componentes físico-bióticos y ronda hídrica – U.H. F.H.Q. Gato Negro 225

Tabla 55. Áreas elementos constituyentes – U.H. Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta)..... 227

Tabla 56. Áreas elementos constituyentes – U.H. F.H.Q. Gato Negro 229

Tabla 57 base de datos de actores clave identificados 231

Tabla 58 Matriz para valoración de las coberturas de la tierra en función de los servicios ecosistémicos- unidad hidrográfica quebrada Gato Negro 247

Tabla 59 Matriz para valoración de las coberturas de la tierra en función de los servicios ecosistémicos- unidad hidrográfica quebrada Tinajas 248

Tabla 60 Estrategias y medidas de manejo para las zonas homogéneas identificadas en las unidades hidrográficas Tinajas y Gato Negro 269

Tabla 61 Áreas por zonas homogéneas Unidad hidrográfica Quebrada Tinajas 278

Tabla 62 Áreas por zonas homogéneas Unidad hidrográfica Quebrada Gato Negro 278

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 y 2 Acercamiento con actores sociales claves en el área de influencia de la quebrada Tinajas. Fuente: Propia 233

Ilustración 3 y 4 Mesa de trabajo comunitaria con habitantes del sector Ciudad Capry – quebrada Tinajas. Fuente Propia 237

Ilustración 5 y 6 Ejercicio de cartografía social desarrollado con la comunidad del sector Tinajas (Barrio Ciudad Capry). Fuente: Propia 237

Ilustración 7 y 8 Mesa de trabajo comunitaria con habitantes de las veredas La Gramínea y el Guayabal– quebrada Tinajas. Fuente Propia 238

Ilustración 9 y 10 Ejercicio de cartografía social desarrollado con la comunidad del sector Tinajas (Veredas La Gramínea y el Guayabal). Fuente: Propia 238

Ilustración 11 y 12 Mesa de trabajo comunitaria con habitantes del barrio Parque Industrial– quebrada Gato Negro. Fuente Propia 239

Ilustración 13 y 14 Ejercicio de cartografía social desarrollado con la comunidad del sector Gato Negro (Barrio Parque Industrial). Fuente: Propia 239

Ilustración 15 Desarrollo de estrategia participativa mediante cartografía social y diálogo comunitario. Fuente: Propia. 241

Ilustración 16 y 17 Recorrido de reconocimiento territorial en la quebrada Tinajas y Gato Negro. Fuente: elaboración propia, diciembre 2025. 242

Ilustración 18 y 19 Espacio participativo desarrollado con actores sociales del área de influencia de ambas quebradas. Fuente: Propia. 243

Ilustración 20, 21 y 22 Articulación institucional. Fuente: Propia 244

Ilustración 23, 24 y 25 Evidencia de ocupación y construcciones en el área de influencia de la ronda hídrica observadas durante la validación final. Fuente: Propia. 245

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

La protección, delimitación y gestión integral de las rondas hídricas constituyen un componente esencial para la sostenibilidad ambiental del territorio, en la medida en que garantizan la conservación de los ecosistemas acuáticos, la regulación de los procesos hidrológicos y geomorfológicos, y la reducción de riesgos asociados a fenómenos como inundaciones, erosión y ocupación inadecuada del suelo. Estas franjas de protección son reconocidas a nivel global como áreas estratégicas para la preservación de la biodiversidad, la conectividad ecológica y la provisión de servicios ecosistémicos fundamentales para el bienestar de las comunidades y el equilibrio ambiental. En el contexto colombiano, estos lineamientos han sido incorporados a través de un marco normativo y técnico que reconoce las rondas hídricas como bienes de uso público, definiendo criterios para su delimitación y orientando su articulación con los instrumentos de ordenamiento territorial y planificación ambiental. En este sentido, el acotamiento técnico de las rondas hídricas se consolida como una herramienta clave para la gestión integral del recurso hídrico, la prevención de conflictos por uso del suelo y el fortalecimiento de las estrategias de gestión del riesgo.

Bajo este enfoque, el presente documento corresponde al Informe Final del Contrato No. 957-2025, suscrito con la Corporación Autónoma Regional de Risaralda – CARDER, cuyo objeto es “realizar los estudios para la demarcación de la ronda hídrica de dos (2) corrientes priorizadas en el municipio de Pereira, departamento de Risaralda”, conforme a los criterios establecidos en la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de Rondas Hídricas en Colombia. Las corrientes objeto de estudio corresponden a las unidades hidrográficas Gato Negro y Tinajas, priorizadas previamente por la Corporación Autónoma Regional de Risaralda por su relevancia ambiental y territorial.

El presente informe final consolida de manera integral los resultados obtenidos durante la ejecución del contrato, evidenciando el cumplimiento de los alcances técnicos definidos. En este sentido, se presenta la síntesis de las actividades desarrolladas a lo largo del proyecto, incluyendo la recopilación y validación de información secundaria, la aplicación y ajuste metodológico conforme a las condiciones locales, el desarrollo de jornadas de campo para el reconocimiento detallado de las unidades hidrográficas y sus áreas aferentes, así como el levantamiento, procesamiento y análisis de la información necesaria para la delimitación de las rondas hídricas. De manera complementaria, se incorpora el componente social como eje transversal del proceso, mediante la recolección y análisis de información asociada a la memoria histórica del territorio, el reconocimiento de las dinámicas de ocupación, uso y apropiación de las rondas hídricas por parte de las comunidades, y la identificación de percepciones locales frente al recurso hídrico, lo cual permite fortalecer el enfoque integral de la delimitación y garantizar su articulación con la realidad social del área de estudio.

Finalmente, el documento integra los resultados técnicos obtenidos, los productos cartográficos generados y las recomendaciones orientadas a la gestión y protección de las áreas delimitadas, constituyéndose en un insumo fundamental para la toma de decisiones por parte de la autoridad ambiental y su incorporación en los instrumentos de planificación y ordenamiento territorial.

CAPÍTULO 2. MARCO NORMATIVO

El proceso de delimitación y manejo de las rondas hídricas en Colombia se fundamenta en un marco normativo de carácter constitucional, legal y técnico, que reconoce el agua, sus cauces y áreas asociadas como bienes de uso público y elementos estructurantes del ordenamiento ambiental y territorial. A nivel constitucional, la Constitución Política de 1991 establece el derecho colectivo a un ambiente sano y el deber del Estado de proteger los recursos naturales y planificar su uso bajo criterios de desarrollo sostenible (artículos 8, 79 y 80), lo cual sustenta la protección de las rondas hídricas como áreas estratégicas para la regulación ambiental y la mitigación del riesgo.

En el ámbito legal, el Decreto Ley 2811 de 1974 define los cauces, lechos y riberas como bienes de uso público e introduce la figura de la faja paralela. La Ley 99 de 1993 crea el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y asigna a las Corporaciones Autónomas Regionales la administración y protección de los recursos naturales. Por su parte, el Decreto 1076 de 2015 compila la normativa del sector ambiente, estableciendo el régimen de uso y protección del recurso hídrico. La Ley 388 de 1997 incorpora las rondas hídricas como determinantes ambientales en el ordenamiento territorial, mientras que la Ley 1450 de 2011 (artículo 206) define sus elementos constitutivos: la faja paralela y el área de protección o conservación aferente.

Desde el enfoque técnico, la delimitación se rige por la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia (Resolución 957 de 2018 – MADS), la cual establece las fases metodológicas y la integración de los componentes geomorfológico, hidrológico y ecosistémico para la definición del límite físico de la ronda hídrica. El presente estudio se articula con instrumentos de planificación ambiental como los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA) y las políticas nacionales de gestión del recurso hídrico y biodiversidad, así como con las disposiciones de la Corporación Autónoma Regional de Risaralda – CARDER, entidad competente que ha priorizado las corrientes objeto de estudio mediante actos administrativos vigentes.

En este sentido, la priorización de las unidades hidrográficas de las quebradas Tinajas y Gato Negro corresponde a una competencia propia de las Corporaciones Autónomas Regionales, en el marco de lo establecido en la Ley 99 de 1993, mediante la cual se les asigna la función de administrar, proteger y planificar el uso de los recursos naturales dentro de su jurisdicción. En este caso particular, la Corporación Autónoma Regional de Risaralda – CARDER, como autoridad ambiental competente, ha definido la intervención de estas unidades hidrográficas a través de sus instrumentos de planificación ambiental y actos administrativos asociados a la gestión del recurso hídrico y el ordenamiento de cuencas, en coherencia con lo dispuesto en el Decreto 1076 de 2015 y la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de Rondas Hídricas (Resolución 957 de 2018).

Dicha priorización responde a criterios técnicos y normativos que orientan la intervención hacia aquellas áreas que presentan condiciones de mayor presión antrópica, importancia estratégica para el abastecimiento hídrico y necesidad de regulación del uso del suelo. En este contexto, las quebradas Tinajas y Gato Negro evidencian procesos de transformación del territorio asociados a actividades urbanas y agropecuarias, así como dinámicas hidrológicas y geomorfológicas que requieren una delimitación precisa para garantizar la

protección del recurso hídrico, la conservación de los servicios ecosistémicos y la gestión del riesgo. De manera particular, la quebrada Tinajas ha sido reconocida en escenarios institucionales como una fuente potencial de abastecimiento futuro para el municipio de Pereira, lo que refuerza su carácter prioritario dentro de los procesos de planificación ambiental y territorial.

CAPÍTULO 3. ANTECEDENTES

La gestión de las rondas hídricas en Colombia se ha consolidado como un eje fundamental para la protección del recurso hídrico, la prevención del riesgo y la conservación de la biodiversidad. En el municipio de Pereira, las quebradas Gato Negro y Tinajas han sido priorizadas por la Corporación Autónoma Regional de Risaralda – CARDER, en el marco del Contrato No. 957-2025, con el propósito de realizar estudios técnicos que permitan su delimitación conforme a la normativa ambiental vigente y a los lineamientos de la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de Rondas Hídricas en Colombia (Resolución 957 de 2018, MADS).

Históricamente, estas corrientes han estado estrechamente vinculadas con el desarrollo urbano y social de Pereira. La línea del tiempo social evidencia cómo, desde mediados del siglo XX, las quebradas pasaron de ser espacios rurales con funciones ambientales y ecológicas, a convertirse en áreas de creciente presión antrópica:

En los primeros años, antes de 1950, el paisaje era eminentemente rural. Las quebradas fluían libres entre cafetales y potreros, cumpliendo con su función de drenaje natural y equilibrio hídrico. Eran parte del entorno campesino, sin mayores presiones urbanas.

Con el auge urbano de mediados del siglo XX, la ciudad comenzó a expandirse hacia sus periferias. Entre 1950 y 1970 aparecieron los primeros asentamientos espontáneos cerca de los cauces. Las quebradas, hasta entonces vistas como elementos naturales, empezaron a ser utilizadas como fuentes cercanas de agua y como límites informales de barrios en formación. La ocupación de sus rondas se iniciaba, marcando un cambio en la relación comunidad–territorio.

Las décadas de 1970 a 1990 trajeron consigo la consolidación de barrios populares alrededor de Gato Negro y Tinajas. La densidad poblacional aumentó y las quebradas se convirtieron en espacios receptores de aguas residuales y residuos sólidos, reflejando la presión de la urbanización acelerada.

Ya en los años noventa, las consecuencias de esa ocupación se hicieron evidentes: inundaciones, erosión de taludes y deterioro de la calidad del agua. Entre 1990 y 2005, las quebradas se convirtieron en escenario de conflictos socioambientales que despertaron alertas institucionales y la necesidad de un enfoque más riguroso en su manejo.

El nuevo milenio trajo consigo un giro. Entre 2006 y 2016, el Plan de Ordenamiento Territorial de Pereira reconoció las quebradas como suelos de protección e integró sus rondas a la Estructura Ecológica Principal. La institucionalidad comenzó a fortalecer su presencia, priorizando la conservación y recuperación de estos espacios.

A partir de 2017, los procesos de gestión ambiental y social se intensificaron. Se avanzó en el acotamiento de rondas hídricas y en proyectos de recuperación ambiental urbana, especialmente en la quebrada Tinajas. La comunidad empezó a participar más activamente, reconociendo que la protección de estos ecosistemas era también la protección de su propio bienestar.

Hoy, en el marco del contrato suscrito con la CARDER, las unidades hidrográficas de las quebradas Gato Negro y Tinajas son concebidas como corredores ambientales urbanos.

Bajo los lineamientos del POT y los planes ambientales vigentes, se les reconoce un potencial para la recreación pasiva, la educación ambiental y la mitigación del riesgo. La narrativa que comenzó en un territorio rural de baja densidad poblacional se transforma ahora en una apuesta por la sostenibilidad y la adaptación al cambio climático.

Así, los antecedentes de este estudio no son solo un recuento normativo o técnico: son la memoria viva de cómo Pereira ha transitado desde la ocupación desordenada de sus rondas hídricas hacia un presente que busca reconciliar la ciudad con sus quebradas, devolviéndoles el papel de aliadas en la construcción de un territorio más seguro, resiliente y ambientalmente responsable.

CAPÍTULO 4. LOCALIZACIÓN DE TRAMOS PRIORIZADOS PARA EL ACOTAMIENTO DE LA RONDA HÍDRICA

Las unidades hidrográficas del presente proyecto para el acotamiento de la ronda hídrica corresponden a las siguientes corrientes: unidad hidrográfica (FH) de la quebrada Gato Negro y de la quebrada Tinajas, ubicadas en el municipio de Pereira, Risaralda. Los tramos seleccionados se localizan en suelo rural, urbano y de expansión urbana según el plan de ordenamiento territorial vigente (Acuerdo 35 de 2016), así mismo la quebrada Gato negro se encuentra al norte de la cabecera municipal y por el contrario la quebrada Tinajas esta al sur de esta ver **figura 1**.

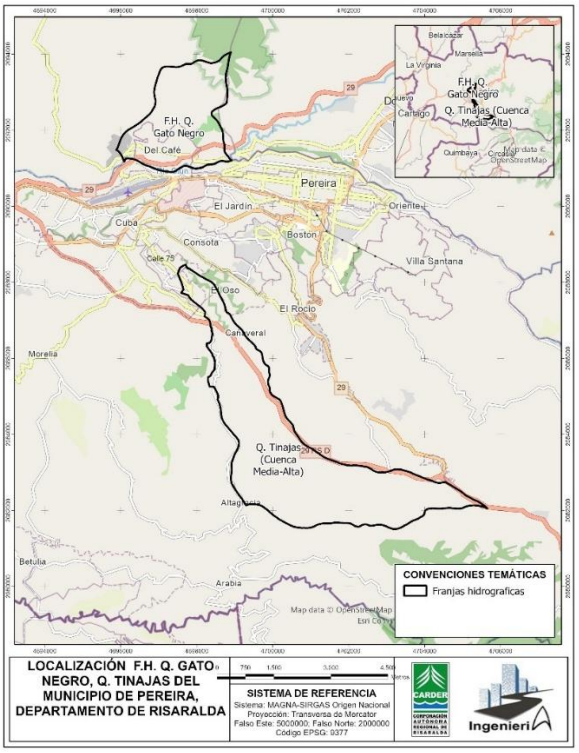


Figura 1 Localización general de las corrientes priorizadas
Fuente Elaboración propia (2026)

Se relaciona una descripción de la localización de cada una de las unidades hidrográficas priorizadas, su relación con la división político administrativa, para conocer si pertenece a una comuna, un corregimiento o un centro poblado, además la sectorización hidrográfica determinada por la autoridad ambiental (CARDER, 2015).

4.1 Q. Tinajas (cuenca Media-Alta)

El tramo de la quebrada Tinajas se encuentra, al sur de la cabecera municipal, la CARDER determina según la sectorización hidrográfica de Risaralda se encuentra en el Área Hidrográfica Magdalena Cauca (2), Zona hidrográfica Cauca (26), Subzona Hidrográfica Río La Vieja (2612), Subcuenca R. Consotá (26120201) y microcuenca denominada Franja Hidrográfica Q. Tinajas (2612020101) (CARDER, 2015).

La unidad hidrográfica de la corriente priorizada de la quebrada Tinajas se localiza en suelo rural en los corregimientos de Altagracia y Tribunas – Córcega, en el caso de la zona urbana está localizado en la comuna del Perla del sur y El Oso, también tiene un porcentaje en el área determinada como centro poblado de Altagracia (Alcaldía Municipal de Pereira, 2016). ver **figura 2**. Es preciso mencionar que dentro de esta unidad hidrográfica se incluyen las quebradas Cundina y Tinajas.

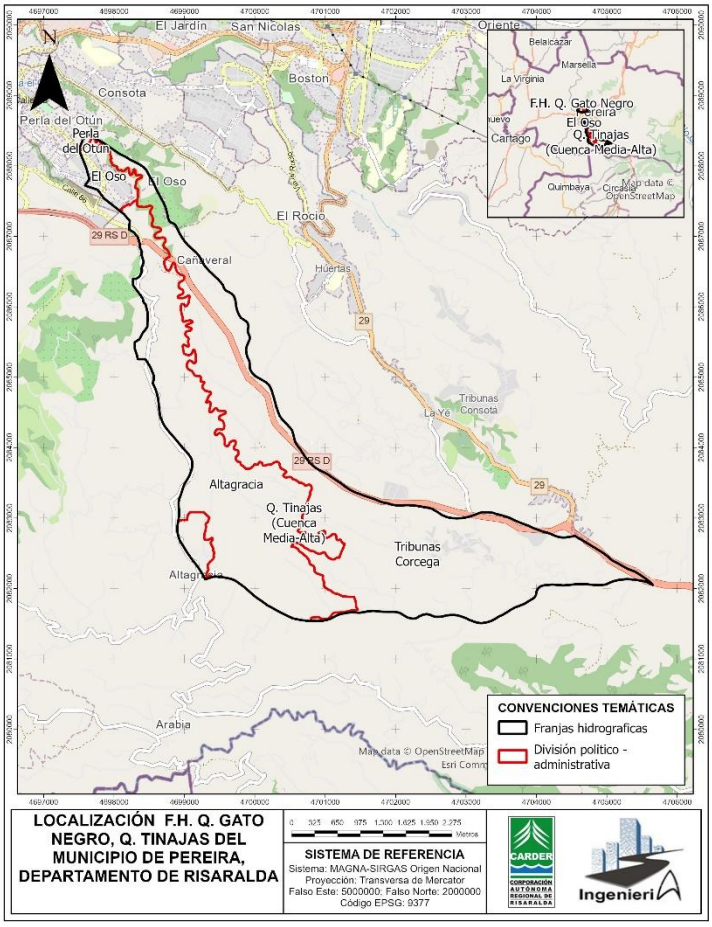


Figura 2 Localización general unidad hidrográfica quebrada Tinajas.
Fuente Elaboración propia (2026)

4.2 F.H.Q. Gato Negro

El tramo de la quebrada Gato Negro se encuentra localizado como se mencionó al norte de la cabecera municipal, limita al oriente con el municipio de Dosquebradas, la CARDER determina según la sectorización hidrográfica de Risaralda se encuentra en el Área Hidrográfica Magdalena Cauca (2), Zona hidrográfica Cauca (26), Subzona Hidrográfica Río Otún y otros directos al Cauca (2613), Subcuenca NA (26130000) y microcuenca denominada Franja Hidrográfica F.H. Q. Gato Negro (2613000024) (CARDER, 2015).

La unidad hidrográfica de la corriente priorizada de la quebrada Gato Negro se localiza en suelo rural, en los corregimientos de Combia Alta y Combia Baja, en el caso de la zona urbana está localizado en la comuna del Café (Alcaldía Municipal de Pereira, 2016). ver **figura 3**. Es preciso mencionar que dentro de esta unidad hidrográfica se incluyen las quebradas El Erazo y Llano Grande.

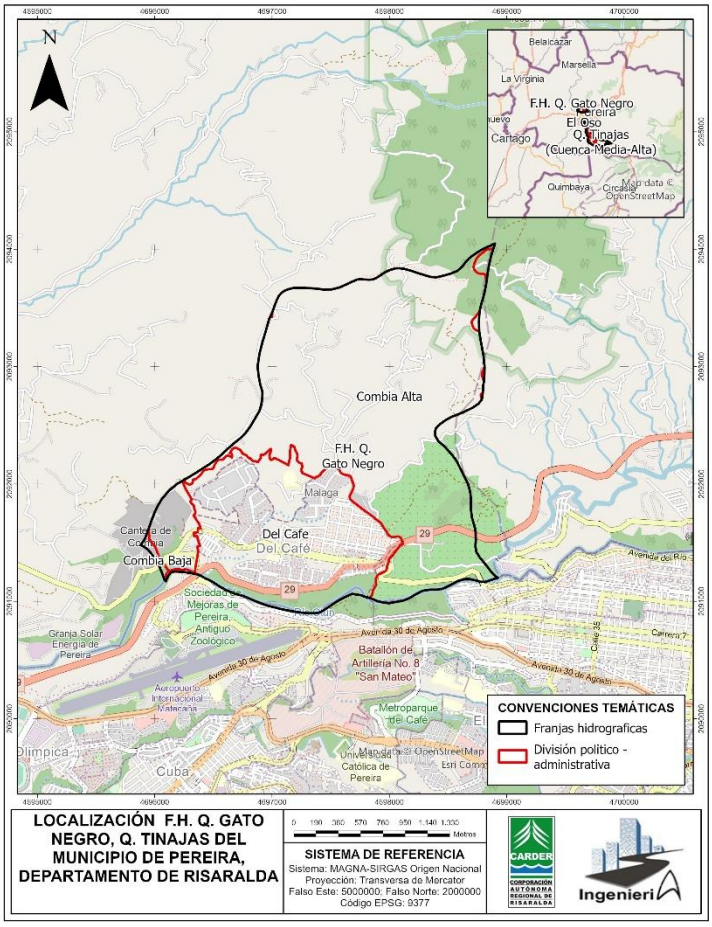


Figura 3 Localización general unidad hidrográfica quebrada Gato Negro.
Fuente Elaboración propia (2026)

CAPÍTULO 5. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE DETALLE

Como parte del levantamiento de información de detalle y en apoyo al desarrollo de los componentes hidrológico y geomorfológico del estudio, se realizaron actividades de adquisición de información encaminadas a obtener levantamientos topográficos de precisión y los procesos de fotogrametría aérea, para la construcción del MDT, mediante levantamientos topográficos de precisión y procesos de fotogrametría aérea. En este sentido, se ejecutaron secciones transversales a lo largo de los tramos priorizados, con el propósito de caracterizar la geometría del cauce, las márgenes y las geoformas asociadas, permitiendo la definición de parámetros hidráulicos y morfodinámicos necesarios para el análisis del sistema fluvial. Se desarrolló de igual modo, un levantamiento fotogramétrico que permitió generar insumos de alta resolución para la construcción de modelos digitales del terreno y superficies, facilitando la identificación de unidades geomorfológicas, zonas potencialmente inundables y elementos relevantes para la modelación hidrológica e hidráulica requerida en el proceso de acotamiento de la ronda hídrica.

5.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE DETALLE QUEBRADA TINAJAS (SECCIONES TRANSVERSALES CORRIENTE HÍDRICA TINAJAS)

Con el propósito de fortalecer el desarrollo de los componentes hidrológico y geomorfológico del proceso de acotamiento de la ronda hídrica, se ejecutó el levantamiento topográfico de detalle mediante la obtención de secciones transversales en puntos estratégicamente definidos a lo largo de la corriente hídrica quebrada Tinajas. Este levantamiento tuvo como finalidad caracterizar con precisión la geometría del cauce, las márgenes y las formas del terreno adyacente, generando insumos técnicos fundamentales para la modelación hidráulica, el análisis de dinámica fluvial y la delimitación del límite físico de la ronda hídrica.

El levantamiento se desarrolló mediante tecnología GNSS de alta precisión bajo metodología RTK (Real Time Kinematic), la cual permitió determinar coordenadas planimétricas y altimétricas en tiempo real con precisión centimétrica, garantizando la confiabilidad espacial de la información obtenida. Para ello se estableció una estación base vinculada a un punto geodésico de referencia, permitiendo la corrección diferencial de errores atmosféricos y orbitales durante la adquisición de datos en campo, asegurando así la calidad geométrica requerida para estudios ambientales de detalle.

Todas las mediciones fueron referidas al sistema de referencia oficial MAGNA-SIRGAS Origen Nacional, empleando proyección Transversal Mercator (CTM-12), conforme a los lineamientos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC y la normativa vigente para trabajos topográficos en Colombia, lo que permitió integrar la información levantada con los demás insumos cartográficos del proyecto. Las secciones transversales fueron levantadas de manera perpendicular al eje del cauce, extendiéndose hasta aproximadamente 50 metros por cada margen, con el fin de capturar la variabilidad topográfica del terreno natural y las geoformas asociadas al sistema fluvial **Ver figura 4**. Este procedimiento permitió identificar cambios en la pendiente, taludes, zonas de inundación potencial y variaciones morfológicas relevantes para el análisis geomorfológico y la estimación de parámetros hidráulicos.

Durante las actividades de campo se empleó una comisión topográfica conformada por un topógrafo profesional y auxiliares técnicos, quienes realizaron la georreferenciación de puntos geodésicos, levantamiento de perfiles y registro de elementos físicos representativos del entorno fluvial. Las condiciones del terreno fueron evaluadas previamente con el fin de asegurar adecuada visibilidad satelital y minimizar interferencias que pudieran afectar la precisión del posicionamiento GNSS. Como resultado del proceso se generaron perfiles topográficos detallados y planos de secciones transversales que representan la configuración geométrica del cauce y sus márgenes, incluyendo cotas de fondo y niveles asociados a la lámina de agua en los puntos levantados, información que constituye un insumo directo para la modelación hidráulica y el análisis hidrológico del estudio.

En conjunto, el levantamiento topográfico de detalle permitió disponer de una base altimétrica confiable para la interpretación geomorfológica del sistema fluvial, la identificación de unidades funcionales del cauce y el soporte técnico requerido para la definición preliminar del límite físico de la ronda hídrica en la quebrada Tinajas, contribuyendo al cumplimiento de los objetivos técnicos del contrato de consultoría. En la **figura 5** el mapa topográfico resultante de dicho levantamiento; y en la **figura 6** el respectivo registro fotográfico. De igual modo, en el anexo 1 se presenta el levantamiento topográfico.

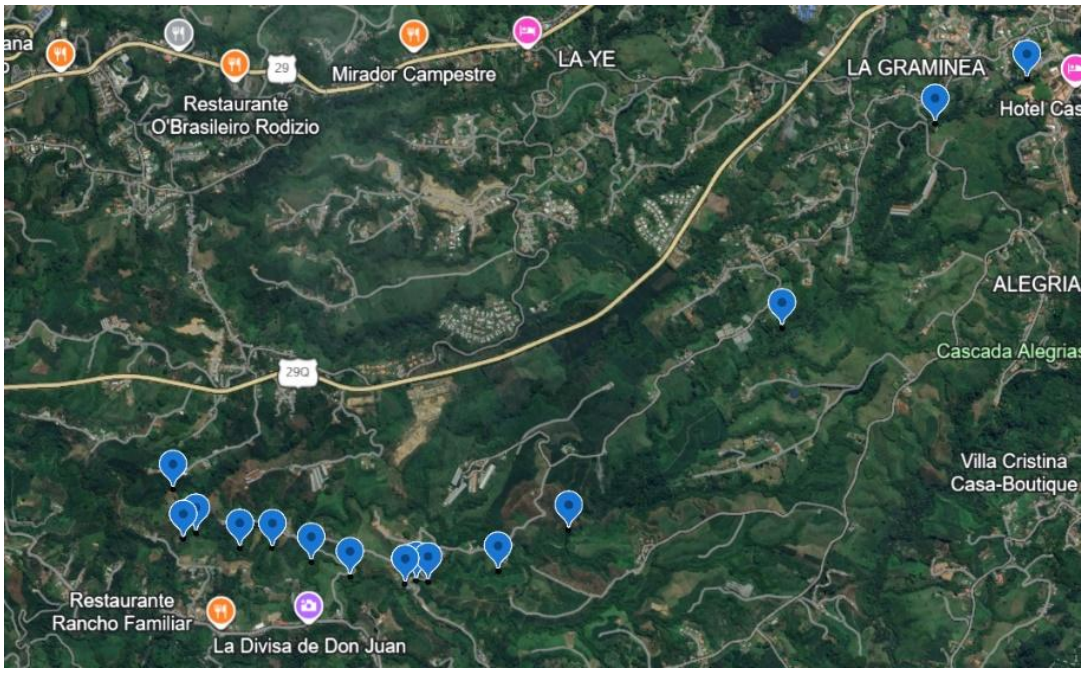


Figura 4 Localización específica – puntos de secciones unidad hidrográfica quebrada Tinajas
Fuente: Elaboración propia

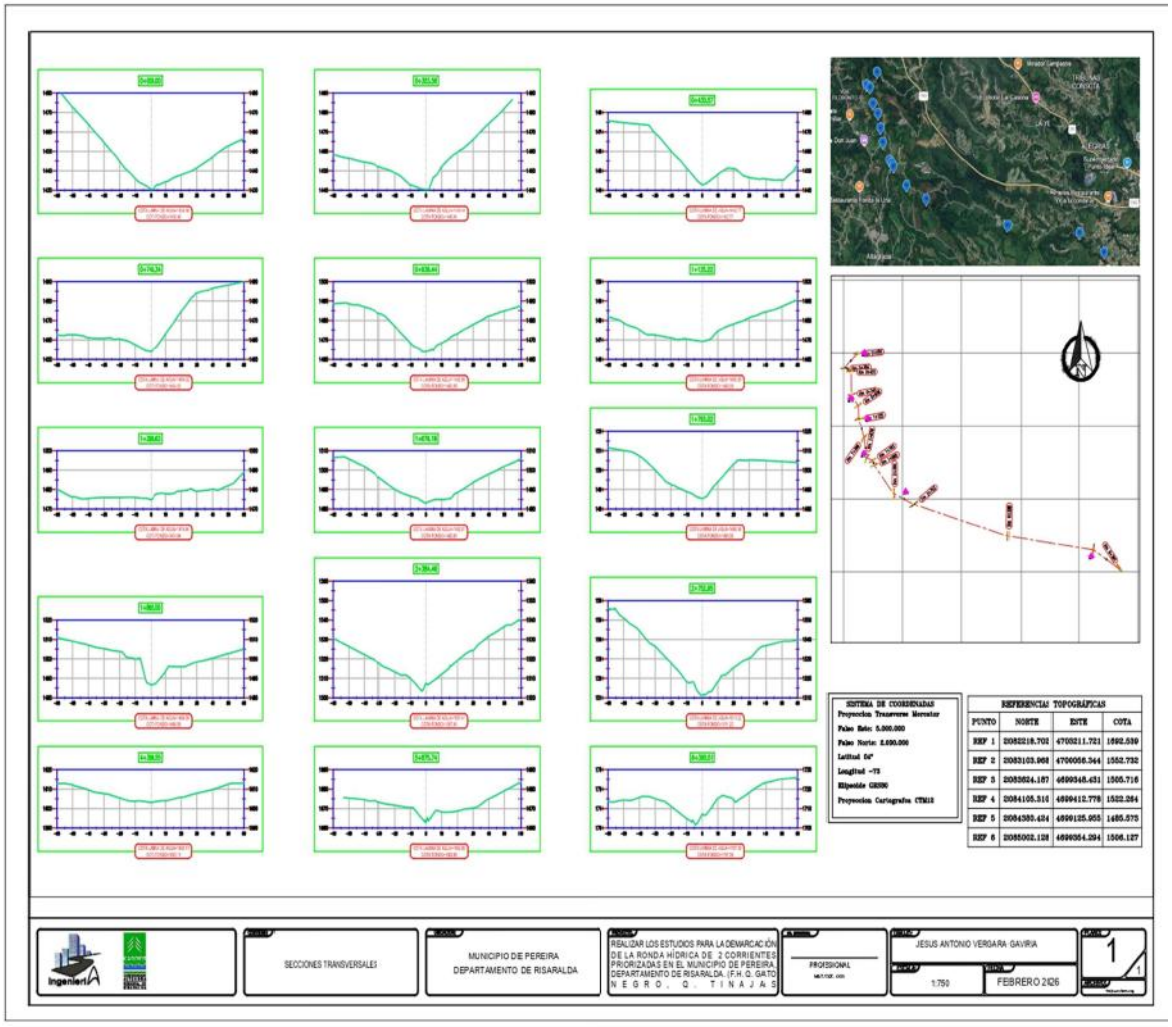


Figura 5 Plano topográfico unidad hidrográfica Quebrada Tinajas
Fuente: Elaboración propia



Figura 6 Registro fotográfico levantamiento topográfico unidad hidrográfica quebrada Tinajas
Fuente: Elaboración propia

5.2 TOPOGRAFÍA DE DETALLE QUEBRADA GATO NEGRO

5.2.1 Planeación y captura de imágenes

Para la captura de las fotografías aéreas se utilizó el equipo UAV EVO II Pro RTK V3 y el equipo GNSS submétrico Polaris S100, el plan de vuelo conjunto con un traslape del 70% entre imágenes, con un GSD de 10 cm por píxel. (**Ver figura 7**)

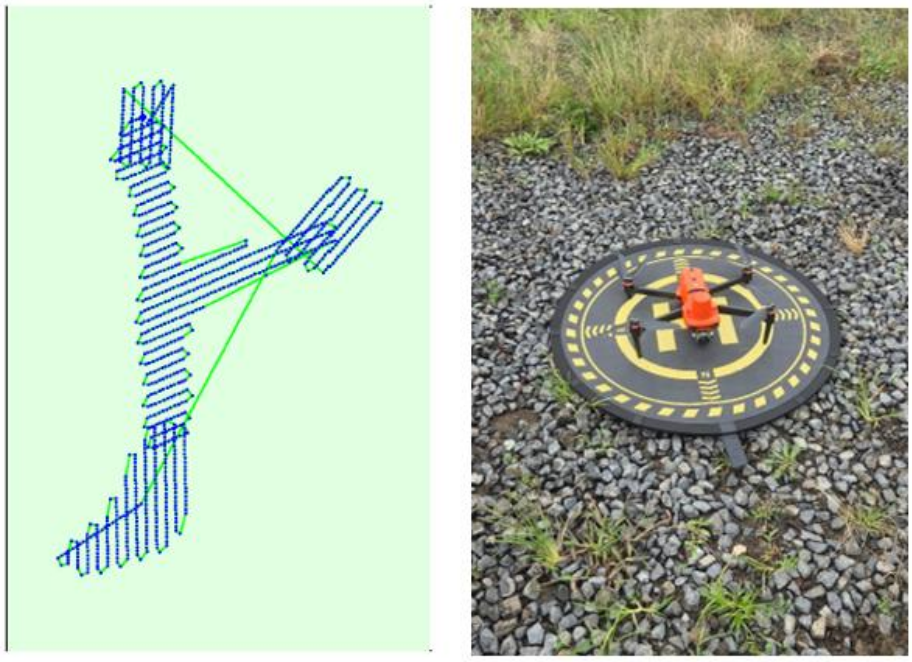


Figura 7 Plan de vuelo y captura de imágenes unidad hidrográfica quebrada Gato Negro
Fuente: Elaboración propia

5.2.2 Procesamiento de las imágenes

Las imágenes se procesaron en el software PIX4D, de las 1052 imágenes se calibraron 1047, se logró una alta superposición de imágenes, del número de imágenes superpuestas calculado para cada píxel del orto mosaico. Las áreas rojas y amarillas indican una baja superposición, en las que pueden generarse resultados deficientes. Las áreas verdes indican una superposición de más de 5 imágenes para cada píxel. Se generarán resultados de buena calidad siempre que el número de coincidencias de puntos clave (keypoints) también sea suficiente para estas áreas **Ver Figura 8**.

Desglose técnico:

Color (Rojo/Amarillo): Baja superposición = Posible mala calidad.

Color (Verde): Alta superposición (>5 imágenes) = Buena calidad.

Condición adicional: Se requiere un número suficiente de coincidencia de puntos clave para garantizar la calidad.

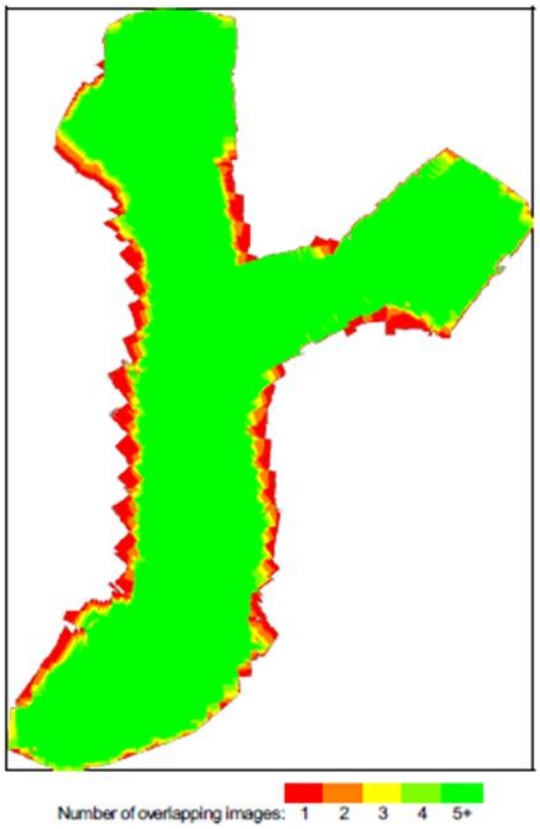


Figura 8 Superposición de imágenes
Fuente: Elaboración propia

La precisión de los puntos de control terrestre o GCP por sus siglas en inglés, muestra que hay errores medios en las tres direcciones de coordenadas. La última columna cuenta el número de imágenes calibradas donde el GCP ha sido verificado automáticamente frente al marcado manualmente. En síntesis, el error promedio se encuentra en los parámetros que garantizan la calidad de los datos. Ver **Tabla 1**:

GCP Name	Accuracy XY/Z [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
1 (3D)	0.020/ 0.020	-0.001	-0.016	0.004	0.496	12 / 12
2 (3D)	0.020/ 0.020	-0.019	0.080	0.008	0.494	27 / 27
3 (3D)	0.020/ 0.020	0.024	-0.081	-0.009	1.116	45 / 45
4 (3D)	0.020/ 0.020	-0.006	0.028	0.020	0.262	5 / 5
Mean [m]		-0.000725	0.002941	0.005775		
Sigma [m]		0.015319	0.059136	0.010318		
RMS Error [m]		0.015337	0.059210	0.011824		

Tabla 1 Precisión de puntos de control terrestre
Fuente: Elaboración propia

5.2.3 Procesamiento final y generación de los productos derivados

Para el procedimiento final se generaron la nube de puntos, con resultados de 128,553.715 de puntos 3D y una densidad promedio de 232.18 por m3. Como resultado del proceso fotogramétrico, se generó un modelo de elevación de la superficie (MDS o DSM por siglas en inglés), un modelo de elevación del terreno (MDT o DTM por siglas en inglés) y una ortomosacio de la zona, al final se recortaron los productos en el área útil de los mismos y se estandarizo al sistema de referencia MAGNA Origen Nacional EPSG:9377. El MDT y DSM sirven para identificar planicie de inundación, geoformas fluviales y la transición cauce–ronda. Ver **figura 9**. De igual modo, en el anexo 2 se presenta el producto resultante de esta fotogrametría.

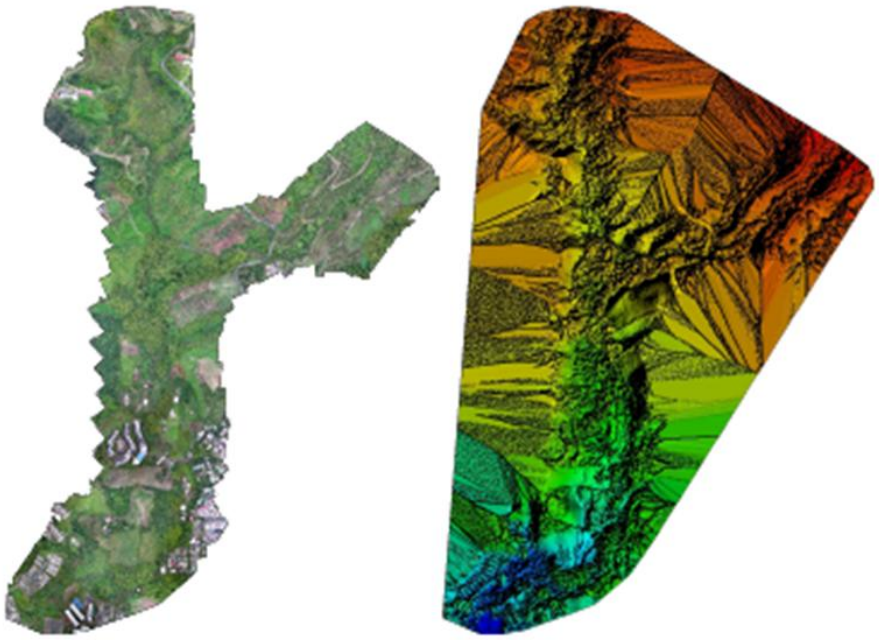


Figura 9 Ejemplos de productos fotogramétricos generados unidad hidrográfica quebrada Tinajas
Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 6. MARCO METODOLÓGICO

Para el Acotamiento de rondas hídricas en Colombia, se definen 3 fases de desarrollo: 0) acciones previas, 1) delimitación del cauce permanente o de la línea de mareas máximas y 2) definición del límite físico y de estrategias para el manejo ambiental (**Figura 10**).

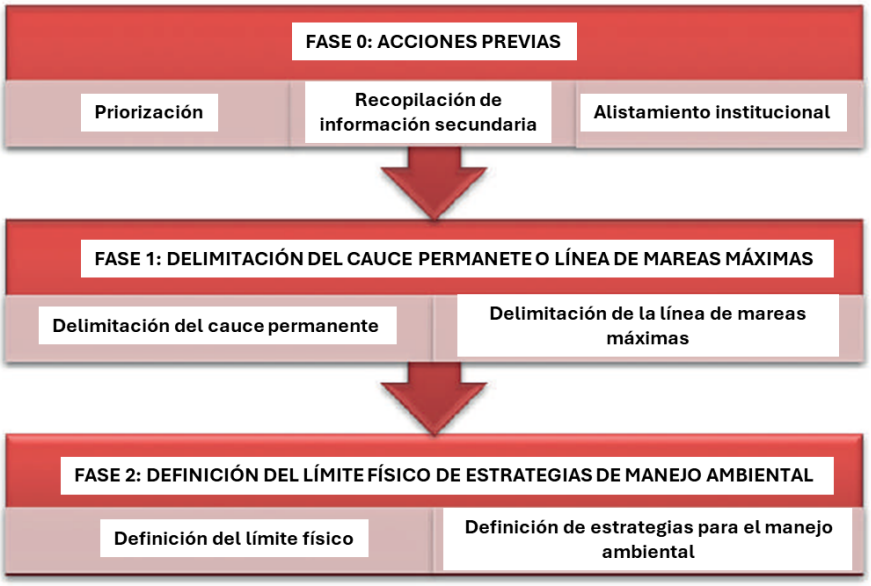


Figura 10 Fases y actividades para el acotamiento de la ronda hídrica
Fuente: Tomado y adaptado de MADS (2018)

Para definir las rondas hídricas del presente estudio, se plantea un proceso metodológico, basado en el desarrollo y cumplimiento de dichas fases y actividades definidas en la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia (2018). Para la corriente principal de cada una de las unidades hidrográficas a trabajar: Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta) y F.H.Q. Gato Negro, se aplicarán al detalle los criterios de la guía con el levantamiento de información primaria, por su parte, para el afluente principal de estas corrientes, el acotamiento de ronda hídrica se hará a partir de información secundaria disponible. En la **Figura 11** se muestra el drenaje principal (Q. Tinajas) y el drenaje secundario (Q. Cundina) a demarcar dentro de la Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta), por su parte en la **Figura 12** se muestra el drenaje principal (Q. Llano Grande – Q. El Erazo parte baja) y el drenaje secundario (Q. El Erazo parte alta) a demarcar dentro de la Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro.

En este sentido, la corriente principal de estas Unidades Hidrográficas concentra los procesos hidrológicos, geomorfológicos y ecosistémicos dominantes del sistema, lo que justifica la aplicación integral y detallada de los tres componentes metodológicos establecidos en la guía técnica, mientras que los drenajes secundarios, por su carácter subsiguiente y menor impacto territorial, permiten un ejercicio de delimitación basado 100% en información secundaria, sin que ello implique incumplimiento del marco normativo y metodológico, es decir, se aplicarán los mismos criterios mencionados en la guía técnica, pero teniendo en cuenta solo información ya existente.

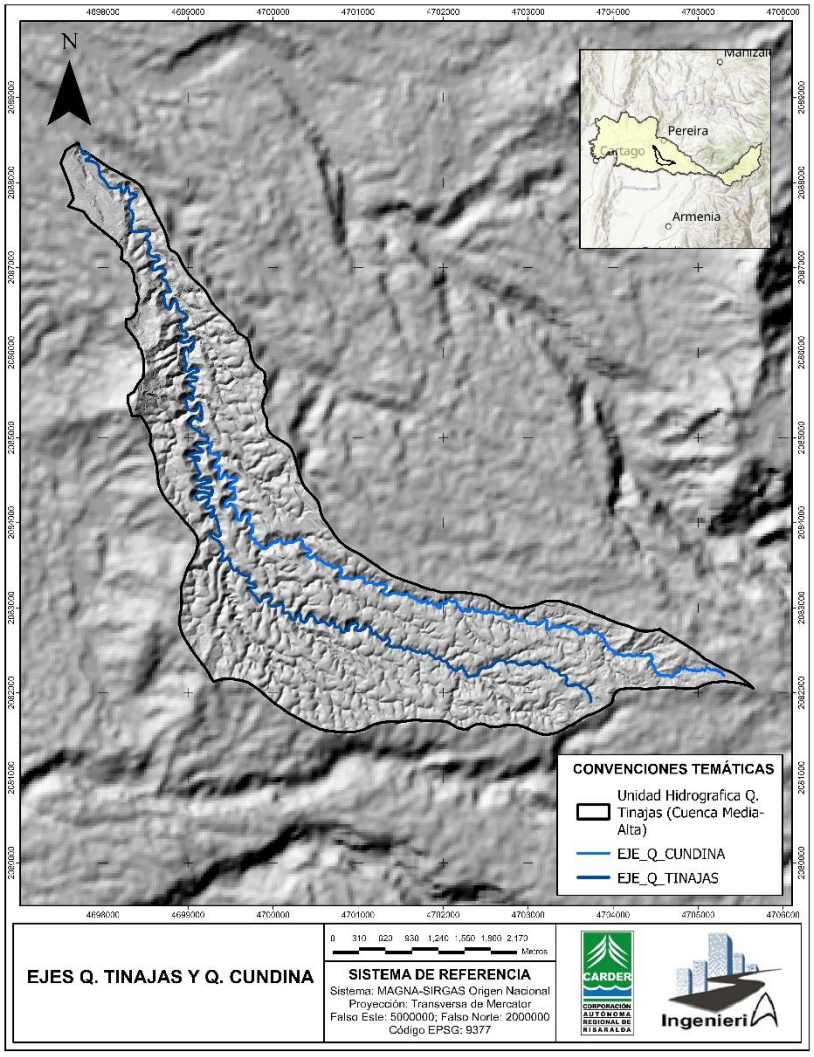


Figura 11 Drenaje principal y afluente secundario a demarcar – Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta).
Fuente: Elaboración propia

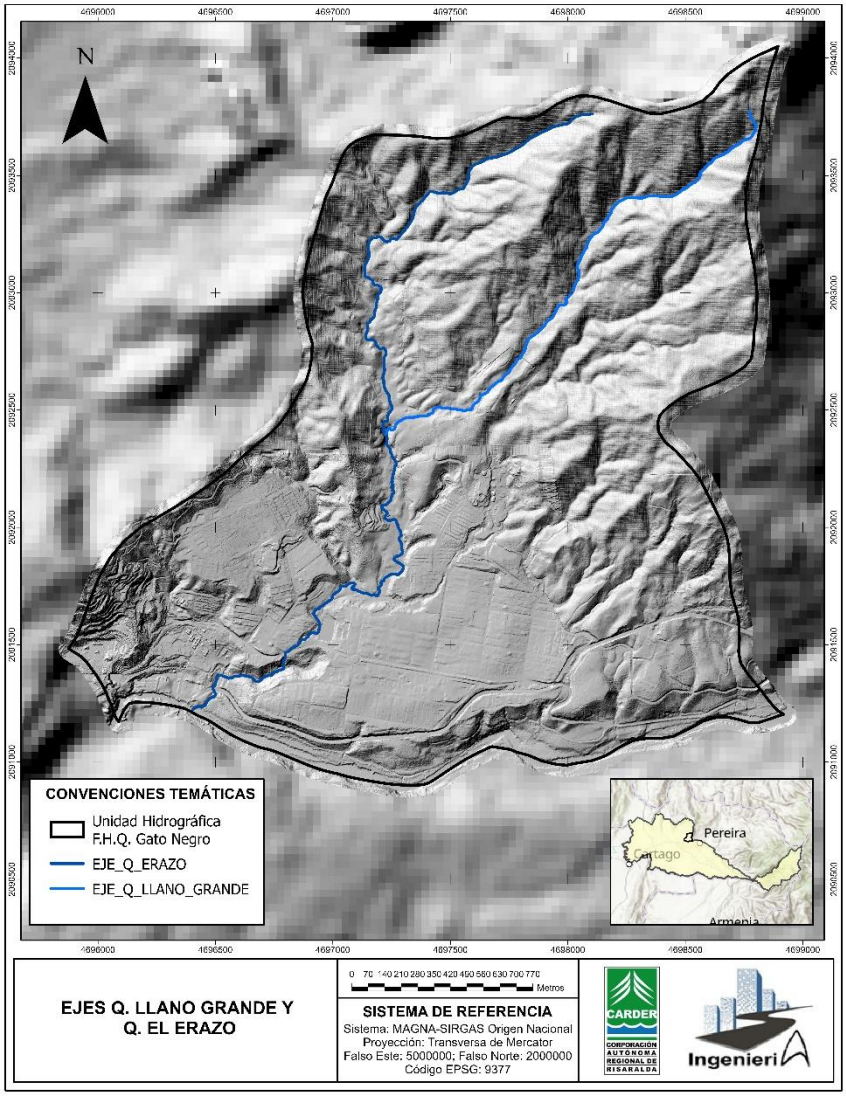


Figura 12 Drenaje principal y afluente secundario a demarcar – Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro.
Fuente: Elaboración propia

6.1 Fase 0. Acciones previas

Para la fase 0, orientada a establecer las condiciones óptimas para el inicio del acotamiento de las rondas hídricas, la Corporación Autónoma Regional de Risaralda - CARDER, realizó en 2018 la priorización de cuencas hidrográficas en todo Risaralda para el acotamiento de las rondas hídricas, considerando lo dispuesto en la guía técnica de acotamiento.

La CARDER definió un orden de prioridades de microcuencas mediante la Resolución No 1510 de 2018, lo cual se actualizó a corrientes posteriormente mediante la Resolución No 0537 de 2023, quedando Gato Negro en posición No 3 y Tinajas en posición No 6, ambas con nivel de priorización “Muy alta”.

Con respecto a la recopilación de información secundaria y alistamiento institucional, la CARDER ha realizado las gestiones correspondientes para la obtención de información cartográfica de interés para los acotamientos de rondas hídricas, así como las contrataciones y/o desarrollo de convenios interadministrativos para llevar a cabo los respectivos acotamientos.

6.2 Fase 1. Delimitación del cauce permanente o de la línea de mareas máximas

La ronda hídrica se acota a partir de la línea del cauce permanente, que corresponde a la cicatriz visible en el terreno, en la que fluye la corriente de agua y sedimentos la mayor parte del tiempo. Este es igualmente definido como el espacio correspondiente a banca llena o cauce natural activo, el cual tiene la capacidad hidráulica para transitar el flujo de caudales asociados a la ocurrencia de eventos de crecientes propias de la dinámica hidrológica de un período intranual normal.

Para el presente estudio, se define como cauce permanente el polígono envolvente del cauce geomorfológico, el cual se delimita a partir de criterios asociados a la dinámica geomorfológica del cuerpo de agua y del cauce hidrológico-hidráulico, el cual se delimita a partir de criterios asociados al caudal máximo de periodo de retorno formador o banca llena (Tr 2.33 años) en los tramos donde los criterios geomorfológicos no tengan mayor relevancia.

Adicionalmente, para el cauce permanente se miden valores en campo que permiten validar y/o ajustar los resultados de los procesos anteriormente descritos.

6.2.1 Criterio cauce hidrológico-hidráulico

El cauce hidrológico-hidráulico se delimita principalmente en la zona alta de las corrientes, dado que, por las características predominantes del cauce, correspondientes a geoformas encañonadas y escarpadas con secciones hidráulicas muy bien marcadas, el criterio geomorfológico no tiene mayor relevancia, puesto que el flujo de agua y de sedimentos permanecen encajados sin mayores movimientos laterales.

En este sentido, el criterio hidrológico-hidráulico utilizado, tiene como finalidad, demarcar el espacio ocupado por el tránsito hidráulico de la avenida correspondiente a un caudal de un período de retorno de 2.33 años, el cual se considera como caudal formador o de banca llena y que representa la dinámica hidrológica de un período intranual normal, es decir, los eventos producidos principalmente por el paso de la zona de convergencia intertropical.

Para obtener el valor del caudal correspondiente al periodo de retorno de 2.33 años en las corrientes objeto de estudio, se hace el proceso de modelación hidrológica descrito en el numeral 8.2. del componente hidrológico. Una vez definido este caudal, se realiza una modelación hidráulica unidimensional (1D), para el total de la corriente, con condiciones de flujo permanente, a través del uso del programa de modelación HEC-RAS versión 6, por sus siglas en inglés (Hydrologic Engineering Center and River Analysis System), desarrollado por el cuerpo de Ingenieros del ejército de los Estados Unidos. Como insumo topográfico para la configuración de la geometría del modelo, se hace uso del MDT de detalle disponible para el estudio. En la **Tabla 2** se muestran los caudales correspondientes al periodo de retorno máximo de 2.33 años a punto de cierre de cada corriente objeto de acotamiento.

Tabla 2 Caudales 2.33 años para desarrollo del criterio hidrológico-hidráulico cauce permanente

Unidad hidrográfica	Cuerpo de agua	Punto	Q. TR 2.33 años (m3/s)
Q. Tinajas (cuenca media – alta)	**Q. Tinajas**	Desembocadura antes de confluencia a Q. El Oso	28
	Q. Cundina	Desembocadura antes de confluencia a Q. Tinajas	9.1
F.H.Q. Gato Negro	**Q. El Erazo**	Desembocadura antes de confluencia a R. Otún	5.5
	Q. Llano Grande	Desembocadura antes de confluencia a Q. El Erazo	1.4

Fuente: Elaboración propia

Una vez modelados estos caudales, el resultado de la mancha de inundación generada por el caudal de 2.33 años es verificada y chequeada posteriormente con respecto a la ortofoto y perfiles topográficos, así como con la modelación hidráulica realizada más adelante en el componente hidrológico, con el fin de corregir inconsistencias que puedan derivarse de errores en el MDT por la alta densidad de la cobertura vegetal y otros factores que puedan inducir a errores en la modelación. En la **Figura 13 y Figura 14** se muestra la envolvente de esta modelación sobre algunos sectores de los cuerpos de agua de la U.H. Q Tinajas (Cuenca media-alta) y la U.H. F.H.Q. Gato Negro. Es importante mencionar que este producto se genera para el total de longitud de las corrientes, no obstante, solo se usa como parte del cauce permanente en la zona media-alta o donde el criterio geomorfológico no tenga mayor importancia, lo cual se detallará más adelante.

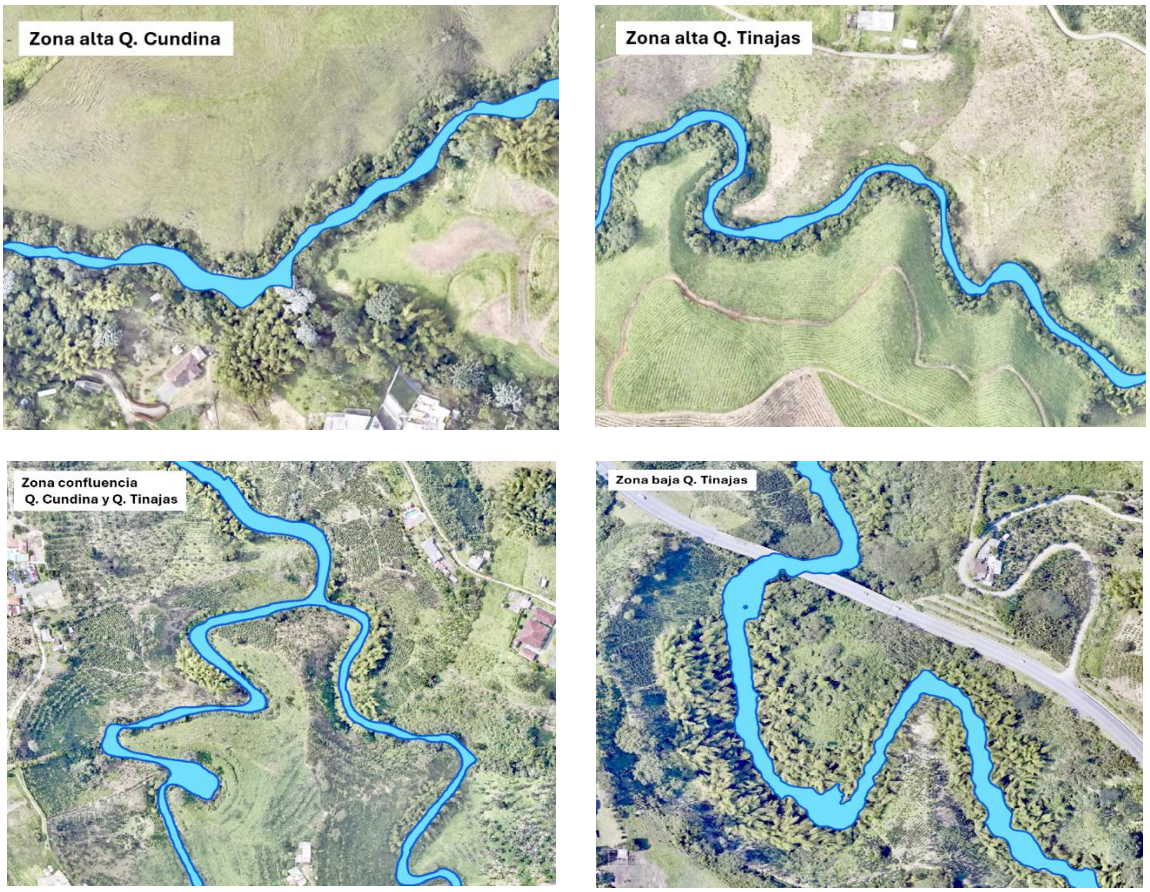


Figura 13 Definición del cauce hidrológico-hidráulico como parte del cauce permanente – Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca media – alta)
Fuente: Elaboración propia

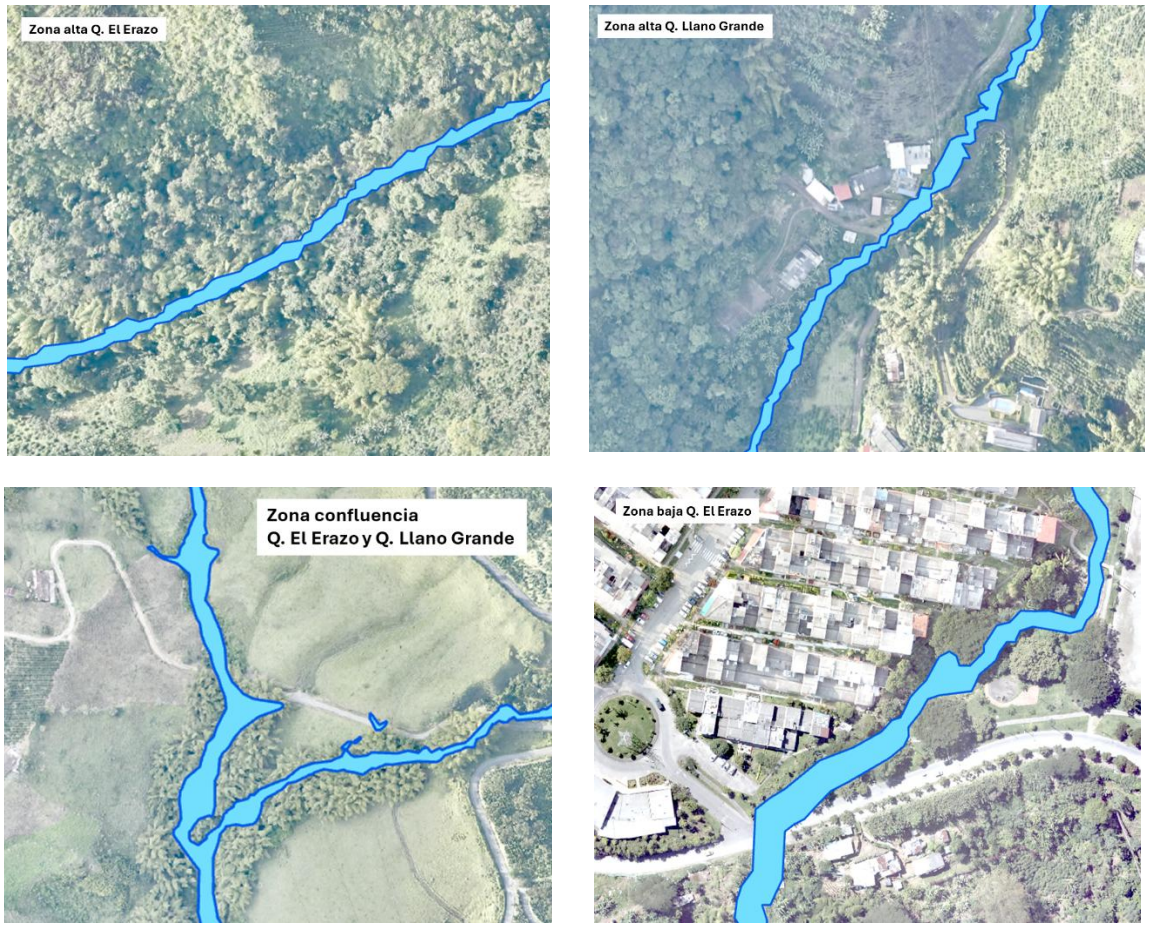


Figura 14 Definición del cauce hidrológico-hidráulico como parte del cauce permanente – Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro
Fuente: Elaboración propia

6.2.2 Criterio cauce geomorfológico

En relación con la dinámica geomorfológica, el análisis parte del reconocimiento de las expresiones morfológicas visibles en el terreno (cicatrices, escarpes y rasgos asociados a procesos activos), a partir de las cuales se realiza una clasificación preliminar del comportamiento morfológico de la corriente mediante la identificación de formas del terreno dentro de la unidad hidrográfica. Esta fase se sustenta en la interpretación integrada de imágenes de sensores remotos, fotografías aéreas históricas y modelos digitales de elevación (MDE), lo que permite establecer patrones espaciales, tendencias evolutivas y controles geomorfológicos.

Posteriormente, se realiza una caracterización detallada del cauce y sus geoformas fluviales asociadas, empleando información de alta resolución como ortofotografías y MDE, apoyada en herramientas de análisis geomático tales como perfiles topográficos longitudinales y transversales, modelos de sombras (hillshade) y análisis de pendientes. Estas últimas se clasifican de acuerdo con los lineamientos establecidos por el Servicio Geológico Colombiano en la Guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa a escala 1:25.000 (SGC, 2017), la cual retoma y adapta rangos de inclinación propuestos por Van Zuidam (1986) para fines de análisis geomorfológico e identificación de procesos asociados a la inestabilidad del terreno (**Tabla 3**).

Tabla 3. Rangos de clasificación de las pendientes

Inclinación (°)	Pendiente (%)	Descripción / Condición del Terreno	Procesos Característicos
0 - 2	0.0% - 3.5%	Plano a casi plano	Sin denudación apreciable.
2- 4	3.5% - 7.0%	Suavemente inclinado	Movimientos de baja velocidad. Erosión laminar y en surcos. Susceptible a procesos erosivos.
4-8	7.0% - 14.1%	Inclinado	Condiciones similares a las anteriores. Alta susceptibilidad a la erosión.
8- 16	14.1% - 28.7%	Moderadamente abrupto	Solifluxión periglaciar, reptación (creep) y deslizamientos ocasionales. Erosión laminar/surcos.
16 - 35	28.7% - 70.0%	Abrupto	Procesos denudacionales intensos, erosión bajo cubierta forestal, reptación y deslizamientos frecuentes.
35 - 55	70.0% - 142.8%	Muy abrupto	Afloramientos rocosos, depósitos granulares caóticos de poco espesor. Denudación intensa.
> 55	> 142.8%	Extremadamente abrupto	"Denudación de escarpe", rodamiento de rocas y afloramientos masivos.

Fuente: SGC (2017), adaptado de Van Zuidam (1986).

Finalmente, la interpretación es verificada en campo, mediante el reconocimiento directo de geoformas (cauces activos, inactivos, barras), la validación de relaciones estratigráficas y geométricas, y la medición de variables morfométricas, garantizando la coherencia entre el análisis remoto y las condiciones reales del terreno.

Para el análisis morfológico de la corriente se adopta lo establecido en la guía técnica (MADS, 2018), el componente geomorfológico requiere la caracterización objetiva del sistema fluvial, el grado de ajuste lateral y vertical del cauce, y su relación con la planicie asociada. Para ello, se emplean parámetros morfométricos e índices geomorfológicos ampliamente sustentados en la literatura científica, donde destacan los descritos en la **Tabla 4**.

Tabla 4 Parámetros morfométricos e índices geomorfológicos

Parámetro	Definición técnica	Método de determinación	Rangos típicos	Autor principal
Pendiente longitudinal (S)	Gradiente promedio del cauce, controla energía y competencia.	ΔH/L mediante MDT y perfil longitudinal.	plano a casi plano (0–3,5 %), suavemente inclinado (3,5–7 %), inclinado (7–14,1 %), moderadamente abrupto (14,1–28,7 %), abrupto (28,7–70 %), muy abrupto (70–142,8 %) y extremadamente abrupto (>142,8 %).	SGC (2017). Adaptado de Van Zuidam (1986)
Índice de sinuosidad (P)	Relación entre la longitud real del cauce y la longitud del valle o eje recto del tramo. Describe el patrón planimétrico.	P = Lc / Lv, medido en SIG sobre el talweg.	<1.1: recto–estructural (común en tramos encajados); 1.1–1.3: sinuoso leve (frecuente en sectores intermedios); >1.3: meándrico (poco común en abanicos activos).	Leopold & Wolman (1957)
Índice de confinamiento (Ic)	Relación entre el ancho del valle activo y el ancho del canal a bankfull. Cuantifica la restricción lateral.	Ic = Ancho valle activo / Ancho bankfull (cartografía + secciones transversales).	<2: altamente confinado. 2–4: parcialmente confinado (condición típica en sector intermedio); >4: no confinado (sectores distales abiertos).	Rinaldi et al. (2013)
Relación ancho-profundidad (W/D)	Expresa la forma hidráulica del canal y su eficiencia geométrica.	W/D = Ancho bankfull / Profundidad media (campo + MDT).	<15: canal encajado y profundo (piedemonte proximal); 15–30: intermedio (abanico medio); >30: canal ancho y somero (sectores distales).	Leopold & Maddock (1953)
Tasa de migración lateral	Velocidad promedio de desplazamiento lateral del eje del cauce en el tiempo.	Análisis multitemporal de ortofotos o imágenes históricas.	<0.1 m/año: baja (canal encajado); 0.1–0.5 m/año: moderada; >0.5 m/año: activa (sectores no confinados).	Rinaldi (2003)

Fuente: Elaboración propia

6.2.3 Validaciones en campo

Como parte de las actividades enmarcadas en la definición del cauce permanente, se realizan mediciones en campo de los anchos de cauce en diferentes puntos de las corrientes principales de cada Unidad Hidrográfica (**Figura 15**); esto con el fin de validar y/o ajustar los resultados obtenidos de los criterios hidrológico-hidráulico y geomorfológico. En la **Tabla 5** se resumen los valores de ancho de cauce permanente obtenidos en campo y en la **Figura 16** y **Figura 17** se muestra la localización de los puntos medidos para cada U.H.



Figura 15 Registro fotográfico de mediciones en campo de ancho de cauce permanente

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5 Mediciones de ancho de cauce permanente en campo.

Unidad Hidrográfica	Cuerpo de agua principal	Ancho de cauce mínimo (m)	Ancho de cauce máximo (m)	Ancho de cauce promedio (m)
Q. Tinajas (cuenca media – alta)	Q. Tinajas	1.5	12	5.7
F.H.Q. Gato Negro	Q. Llano Grande – El Erazo	0.6	10	5

Fuente: Elaboración propia

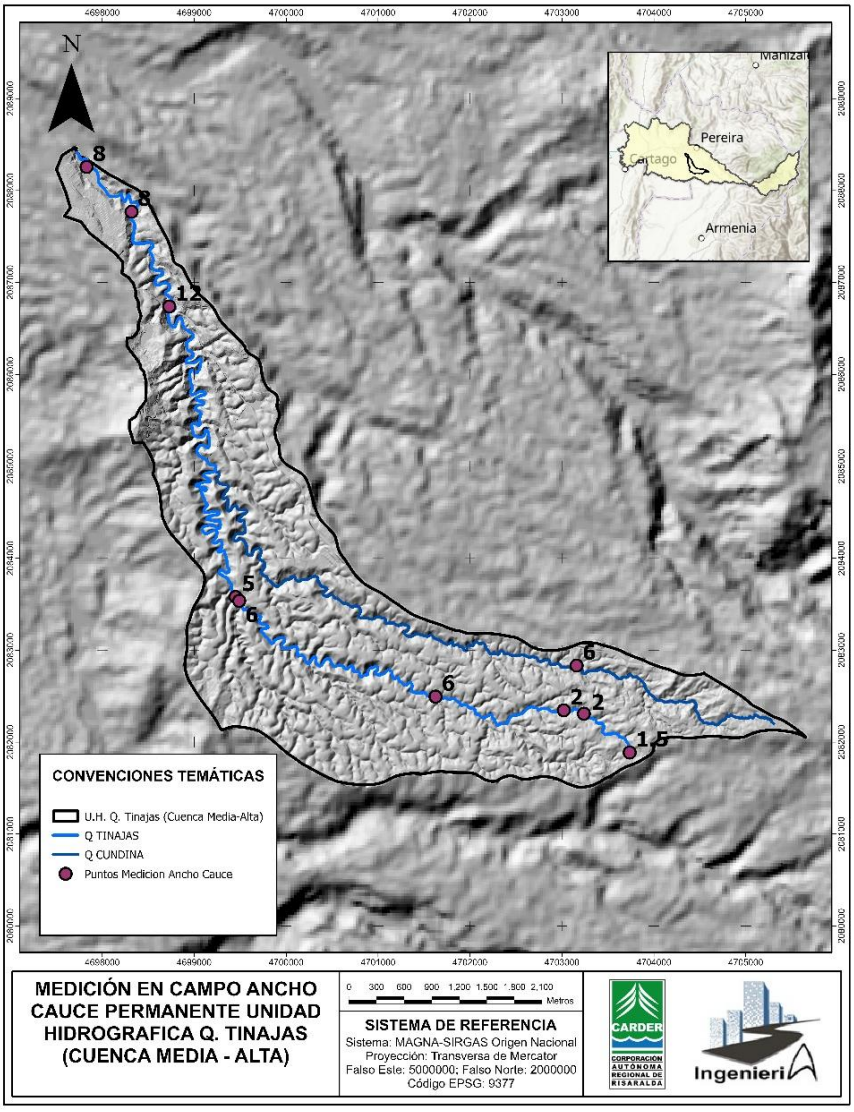


Figura 16 Puntos de medición en campo de ancho de cauce permanente – Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca media – alta).

Fuente: Elaboración propia

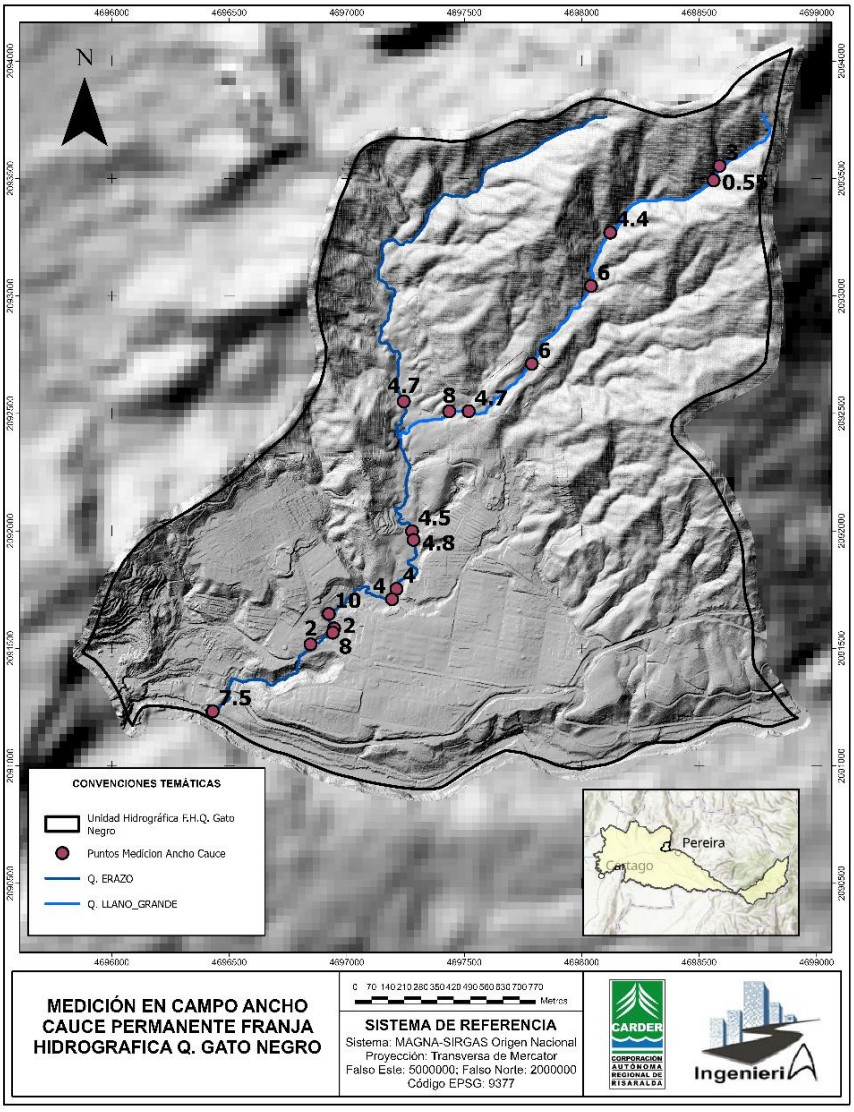


Figura 17 Puntos de medición en campo de ancho de cauce permanente – Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro.
Fuente: Elaboración propia

6.2.4 Definición del cauce permanente final

El cauce permanente final se delimita mediante la integración de criterios geomorfológicos e hidrológicos, aplicados de forma diferenciada a lo largo de las corrientes de interés. Estos criterios se ajustan según las condiciones particulares de cada tramo, permitiendo así una delimitación coherente con la dinámica fluvial actual del sistema.

6.3 Fase 2. Definición del límite físico y de estrategias para el manejo ambiental de la ronda hídrica

La ronda hídrica se compone de los elementos constituyentes correspondientes a la faja paralela hasta de treinta metros de ancho y al área de protección o conservación aferente como se muestra en la **Figura 18**. Para obtener estos elementos constituyentes es necesario definir el límite físico de la ronda hídrica desde el punto de vista funcional y posteriormente, establecer dentro de éste, las estrategias para su manejo ambiental.

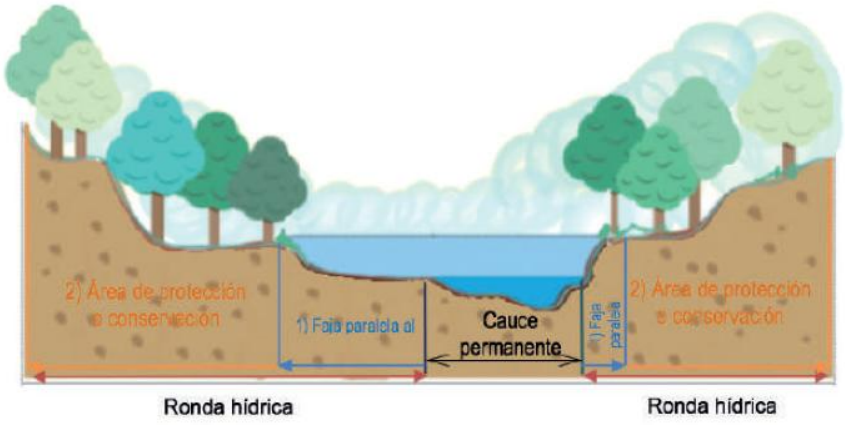


Figura 18 Elementos constituyentes de la ronda hídrica (Artículo 206 Ley 1450 de 2011).

Fuente: Tomado de (MADS, 2018).

6.3.1 Definición del límite físico de la ronda hídrica

Para la definición del límite físico de la ronda hídrica, se caracterizan los límites físico-bióticos correspondientes a las dinámicas de los componentes geomorfológico, hidrológico y ecosistémico (**Figura 19**) a partir de la línea del cauce permanente (**Figura 20**).

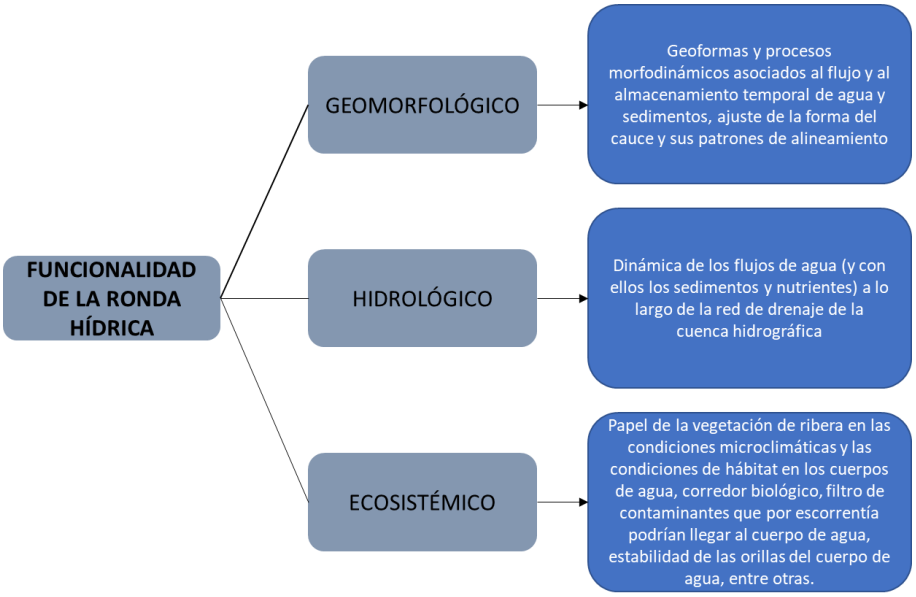


Figura 19 Componentes físico-bióticos de la ronda hídrica.

Fuente: Tomado de (MADS, 2018) y adaptado por (UTP, 2020)

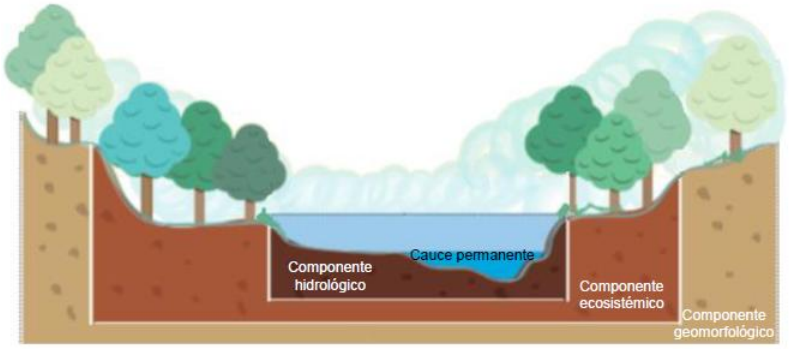


Figura 20 Componentes físico-bióticos para la definición del límite físico de la ronda hídrica en sistemas lóticos.

Fuente: Tomado de (MADS, 2018).

A continuación, se describe la metodología para definir cada componente de la ronda hídrica.

6.3.1.1 Delimitación del componente geomorfológico

El componente geomorfológico de la ronda hídrica se define como el área necesaria para garantizar los procesos morfodinámicos que soportan las funciones de transporte y almacenamiento de agua y sedimentos. Conceptualmente, la ronda hídrica se entiende como una zona de transición entre los medios terrestre y acuático, donde la geomorfología actúa como el escenario físico que permite el normal funcionamiento de la dinámica fluvial (MADS, 2018).

La inclusión del componente geomorfológico en el acotamiento de rondas hídricas permite reconocer a la fuente hídrica como un sistema dinámico con memoria y potencial evolutivo. La memoria se expresa en las geoformas fluviales terrazas, paleocauces, llanuras de inundación, que registran las posiciones y dinámicas pasadas del cauce, mientras que el potencial geomorfológico permite anticipar sus trayectorias futuras, ya sea por migración lateral progresiva o por cambios abruptos durante eventos extremos. Este enfoque busca preservar el espacio de “libertad” de la fuente hídrica, entendido como el ámbito mínimo necesario para que las geoformas fluviales regulen la energía del flujo y el transporte de sedimentos, así como en la contribución de la estabilidad del sistema.

Para la definición del componente geomorfológico de la ronda hídrica, se adopta un enfoque metodológico multiescalar, de conformidad con los lineamientos establecidos en el numeral 6.1.1.1 de la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia, el cual aborda en una primera fase mediante la caracterización geológica y geomorfológica a escala 1:25.000, con el fin de establecer el marco litoestructural y morfogenético que condiciona el comportamiento del cauce a nivel de cuenca. Posteriormente, se realiza la identificación y delimitación de geoformas a escala de detalle (1:2000 o 5000), incluyendo tanto las asociadas directamente al cauce como las geoformas fluviales relacionadas. Este análisis se complementa con la evaluación morfológica, el análisis multitemporal y la validación en campo, lo que permite finalmente definir de manera integral el componente geomorfológico de la ronda hídrica.

6.3.1.2 Delimitación del componente hidrológico

El componente hidrológico permite el funcionamiento del sistema fluvial durante los eventos extremos más frecuentes, los cuales son necesarios para la conexión de los cuerpos lóticos y lénticos, el intercambio de sedimentos, nutrientes y organismos y en general, para el mantenimiento de los ciclos biológicos de las especies en estos ecosistemas (MADS, 2018). En este sentido, el componente hidrológico está dado por el área ocupada por la corriente durante los eventos de crecida e inundaciones asociados a un período de retorno de 15 años para cuerpos de agua sin modificaciones en su morfología natural y, por el contrario, a un periodo de 100 años para los cauces modificados significativamente tanto en su cauce principal, como en sus llanuras de inundación.

Con base en lo anterior, para la delimitación de este componente, se definen 4 pasos metodológicos correspondientes a: 1) recorrido de campo para identificación de obras hidráulicas, revisión de coberturas, materiales y características asociadas a la rugosidad, 2) selección del periodo de retorno máximo que representará la inundación en el terreno, 3) definición del caudal para el periodo de retorno máximo seleccionado y 4) modelación hidráulica. A continuación, se describe cada uno de estos pasos.

- **Recorrido de campo por las corrientes objeto de estudio.**

Se realiza un recorrido sobre las corrientes objetivo de estudio, con el fin de identificar principalmente la existencia de obras hidráulicas que puedan representar un “obstáculo” para la modelación hidráulica sobre el MDT disponible, tal como los puentes, dado que en algunos casos, según la resolución y método de levantamiento de los MDT, se puede tomar como cota del terreno, el punto sobre la vía del puente y no sobre el lecho de los cuerpos de agua, en este sentido se identifica la localización de obras como puentes y se toman los datos correspondientes al área libre sobre la que transitaría el flujo. Así mismo, se identifica la presencia de otras obras que puedan tener influencia sobre la rugosidad del suelo, tales como canales, muros, entre otros, con el fin de establecer las zonas donde deben ingresarse otros valores de rugosidad en la modelación hidráulica. En la **Figura 22** y **Figura 23** se muestra la localización de obras identificadas en cada Unidad Hidrográfica.



Figura 21 Registro fotográfico – levantamiento obras hidráulicas
Fuente: elaboración propia

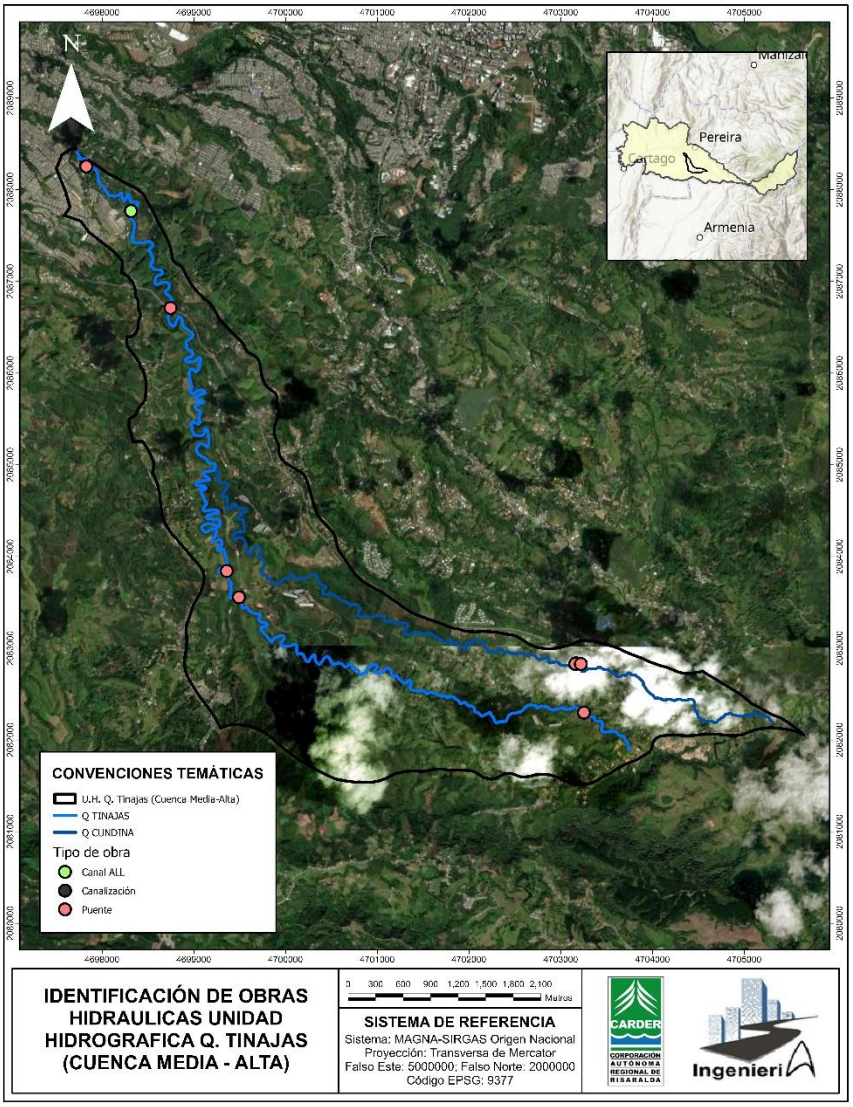


Figura 22 Obras hidráulicas identificadas en campo – Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca media – alta)
Fuente: elaboración propia

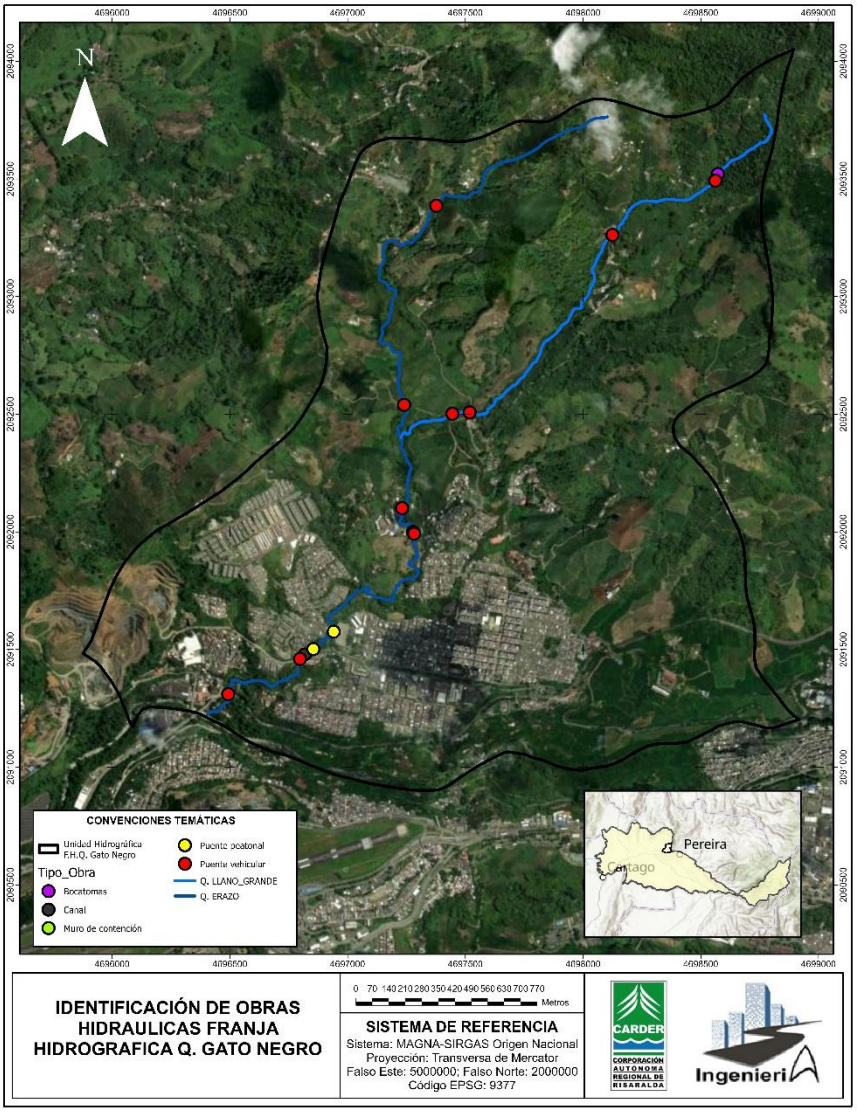


Figura 23 Obras hidráulicas identificadas en campo – Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro

Fuente: elaboración propia

- **Selección del periodo de retorno máximo para modelación.**

Para delimitar el componente hidrológico, se selecciona el periodo de retorno del caudal máximo, determinado por el método de modelación hidrológica y simulado posteriormente mediante la implementación de un modelo hidráulico que permita determinar las áreas inundadas por dicho flujo de agua. Para su selección se evalúa el nivel de intervenciones antrópicas de los cauces objeto de estudio, considerando que el sistema lótico no tiene alteraciones morfológicas significativas cuando no se ha modificado la forma natural del cauce permanente y su conexión con la ribera, entendiendo que la ronda hídrica está cumpliendo con su función de almacenamiento temporal del agua y sedimentos en su llanura inundable, y que, por el contrario, se considera que el sistema lótico tiene alteraciones morfológicas considerables cuando se modifica el flujo. Se selecciona un TR 15 para cauces sin alteraciones y un TR 100 para cauces con alteraciones significativas.

Para el desarrollo de esta actividad se tiene en cuenta como insumo principal los recorridos de campo y la información secundaria asociada a obras y ortofoto, lo cual permite analizar el entorno y características generales de las corrientes en cuanto a intervenciones antrópicas. A continuación, en la **Tabla 6** se presenta el periodo de retorno máximo seleccionado para cada corriente objeto de estudio.

Tabla 6 Periodos de retorno máximos seleccionados para el componente hidrológico

Unidad Hidrográfica	Cuerpo de agua	Periodo de retorno máximo seleccionado (años)	Justificación
Q. Tinajas (cuenca media – alta)	Q. Tinajas	TR 15	Tanto la quebrada Tinajas como la quebrada Cundina son corrientes que, si bien tienen obras a lo largo del cauce, estas no modifican significativamente la forma natural del cauce permanente y su conexión con la ribera, por lo tanto, se considera pertinente que el componente hidrológico esté dado por el TR de 15 años.
	Q. Cundina	TR 15	
F.H.Q. Gato Negro	Q. El Erazo	TR 100	La quebrada El Erazo, especialmente en su zona media – baja, presenta un nivel de intervención antrópica más significativo, con obras que evidentemente alteran la dinámica natural del cauce. Por la cantidad de obras e intervenciones de esta corriente es pertinente que el componente hidrológico esté dado por el TR de 100 años.
	Q. Llano Grande	TR 100	

Fuente: Elaboración propia

- **Definición del caudal máximo - Modelación hidrológica.**

Para determinar los caudales máximos para el componente hidrológico, se parte del estudio del comportamiento del agua en la cuenca, analizando procesos de precipitación, escorrentía e infiltración. Según los lineamientos de la Guía Técnica Nacional, este análisis caracteriza la respuesta del sistema ante eventos extremos, proporcionando el insumo fundamental para la evaluación hidráulica y la definición de las áreas de influencia del cuerpo de agua (MADS, 2018). Para cumplir con este objetivo, se realizó inicialmente una caracterización climática enfocada en la precipitación como principal motor de escorrentía, evaluando la variabilidad temporal y espacial de la lluvia a partir de la información hidrometeorológica de estaciones de IDEAM, lo que permitió definir condiciones de diseño acordes al comportamiento regional.

Posteriormente, se determinaron las características morfométricas de las Unidades Hidrográficas de estudio, tales como el área de drenaje, pendiente media y tiempo de concentración, variables que controlan la magnitud y velocidad de la respuesta hidrológica. Este análisis se complementó con la evaluación del uso y cobertura del suelo para estimar procesos de retención y generación de escorrentía superficial, considerando el grado de intervención antrópica observado en las unidades hidrológicas. Para integrar estas variables, se realizó la modelación hidrológica utilizando el modelo precipitación - escorrentía HEC-HMS 4.13, desarrollado por el Hydrologic Engineering Center del US Army Corps of Engineers, herramienta que permitió transformar las lluvias de diseño en hidrogramas de caudales máximos para las corrientes priorizadas. En el capítulo 8.2 se presenta el desarrollo y resultados del estudio hidrológico.

- **Modelación hidráulica.**

Una vez seleccionados y definidos los caudales máximos de interés para representar las áreas inundadas, se realiza una modelación hidráulica mediante el uso del software de modelación HEC-RAS versión 6 por sus siglas en inglés (Hydrologic Engineering Center and River Analysis System), desarrollado por el cuerpo de Ingenieros del ejército de los Estados Unidos y de uso libre. De acuerdo con las características de los cauces se implementa un modelo unidimensional (1D) para condiciones de flujo permanente en aquellos tamos con vertientes de topografías abruptas en donde los patrones de flujo están bien definidos y el componente transversal de la velocidad es despreciable (tramos rectos de montaña principalmente) y, bidimensional (2D) para condiciones de flujo no permanente, en las zonas del cauce donde existen variaciones en el flujo en un plano horizontal, es decir, que el componente transversal al cauce tiene una importancia significativa o semejante al componente longitudinal, lo cual suele presentarse en las llanuras de inundación, por la presencia de obras hidráulicas paralelas al cauce y en zonas de divagación del cauce.

Para el caso específico de las quebradas Tinajas y Cundina de la U.H. Q. Tinajas (cuenca media – alta), se configura y desarrolla un modelo hidráulico 1D con confluencia hidráulica entre ambas corrientes, dado que estos cauces presentan una geometría predominantemente bien definida y confinada, lo que permite representar el flujo de manera adecuada mediante secciones transversales.

En este tipo de sistemas, el flujo se desarrolla principalmente en la dirección longitudinal, siendo las variaciones laterales y verticales relativamente pequeñas frente a la componente principal del movimiento, lo cual es un supuesto fundamental de los modelos 1D. Adicionalmente, la modelación se apoya en un conjunto de secciones transversales representativas, obtenidas a partir de información topográfica confiable, lo que garantiza una correcta caracterización de la geometría hidráulica del cauce; en la **Tabla 7** se presentan las características del modelo empleado para estas corrientes.

Tabla 7 Características modelo 1D Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca media – alta)

Característica	Descripción
Tramos	Q. Cundina: desde nacimiento hasta desembocadura. Q. Tinajas: desde nacimiento hasta desembocadura.
Plataforma de configuración geométrica	RAS Mapper – HEC-RAS V.6.3
Curvas de nivel	Cada 1 m
Modelo Digital del Terreno	Resolución: 1 x 1 m
Longitud de los tramos modelados 1D	Q. Cundina: 9501 m Q. Tinajas: 16297 m
Número de secciones transversales	1171
Longitud de secciones transversales	*150 m
Separación entre secciones transversales	**30 m
Tipo de flujo	Permanente
Régimen de flujo	Mixto
Condiciones de borde	Profundidad normal Q. Cundina: 0.038 m Q. Tinajas aguas arriba: 0.026 m Q. Tinajas aguas abajo: 0.019 m

*La mayor parte de secciones del modelo tienen una longitud de 150 m, sin emabrgo, esta longitud es es mayor o menor en algunas secciones de acuerdo a las caracteristicas propias de su ubicación y su relación con la llanura de inundación.
**El espaciamiento entre secciones cumple con los criterios de la guía de 4 a 6 veces el ancho del cauce permanente, para este caso el espaciamiento promedio es de 30 m, sin embargo, en algunos tramos este espaciamiento es menor por procesos de detallamiento en algunos sectores.
Fuente: Elaboración propia

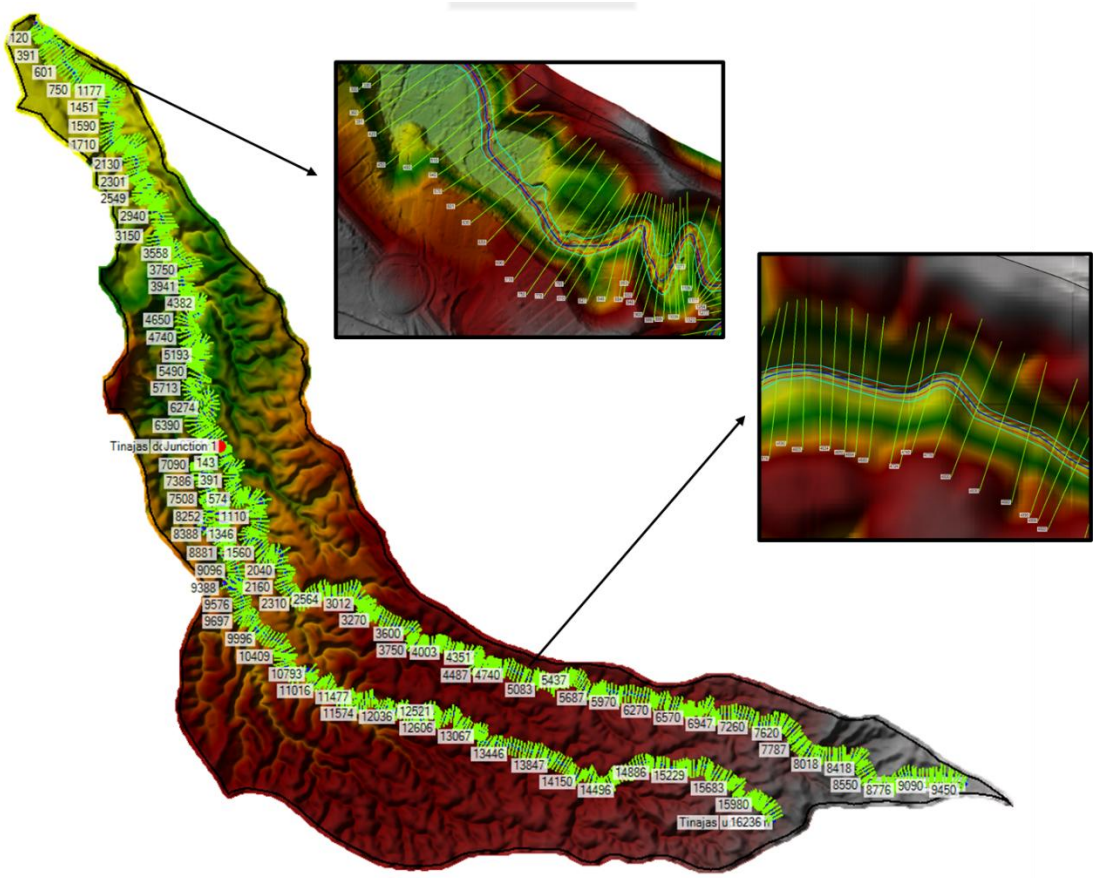


Figura 24 Configuración geométrica modelo hidráulico 1D – Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca media – alta)
Fuente: elaboración propia

Por su parte, para las quebradas El Erazo y Llano Grande de la U.H. F.H.Q. Gato Negro se empleó un modelo 1D en la parte alta de las corrientes y un modelo 2D en la zona media alta, esto dado que ambas corrientes hasta unos metros aguas debajo de su confluencia, presentan una geometría predominantemente bien definida y confinada, lo que permite representar el flujo de manera adecuada mediante secciones transversales, no obstante, de este punto en adelante, la lateralidad que puede tomar el flujo se vuelve aún más relevante por la amplias llanuras de inundación, intervenciones antrópicas y ambiente más urbanizado y por lo tanto un modelo 1D no representa adecuadamente la inundación, motivo por el cual para esta zona media – baja se opta por implementar un modelo 2D que represente con mejor precisión estos patrones de circulación. A continuación, se presentan en **las tablas 8 y 9**; y en las **figuras 25 y 26**; se presentan las características de los modelos.

Tabla 8 Características modelo 1D Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro – zona alta.

Característica	Descripción
Tramos	Q. Llano Grande: desde nacimiento hasta desembocadura. Q. El Erazo: desde nacimiento hasta 100 m aguas abajo de confluencia con Q. Llano Grande.
Plataforma de configuración geométrica	RAS Mapper – HEC-RAS V.6.3
Curvas de nivel	Cada 1 m
Modelo Digital del Terreno	Resolución: 1 x 1 m
Longitud de los tramos modelados 1D	Q. Llano Grande: 2300 Q. El Erazo: 2312
Número de secciones transversales	485
Longitud de secciones transversales	*150 m
Separación entre secciones transversales	**25 m
Tipo de flujo	Permanente
Régimen de flujo	Mixto
Condiciones de borde	Profundidad normal Q. Llano Grande: 0.24 m Q. El Erazo: 0.175 m

*La mayor parte de secciones del modelo tienen una longitud de 150 m, sin emabrgo, esta longitud es es mayor o menor en algunas secciones de acuerdo a las caracteristicas propias de su ubicación y su relación con la llanura de inundación.
**El espaciamiento entre secciones cumple con los criterios de la guía de 4 a 6 veces el ancho del cauce permanente, para este caso el espaciamiento promedio es de 25 m, sin embargo, en algunos tramos este espaciamiento es menor por procesos de detallamiento en algunos sectores.

Fuente: Elaboración propia

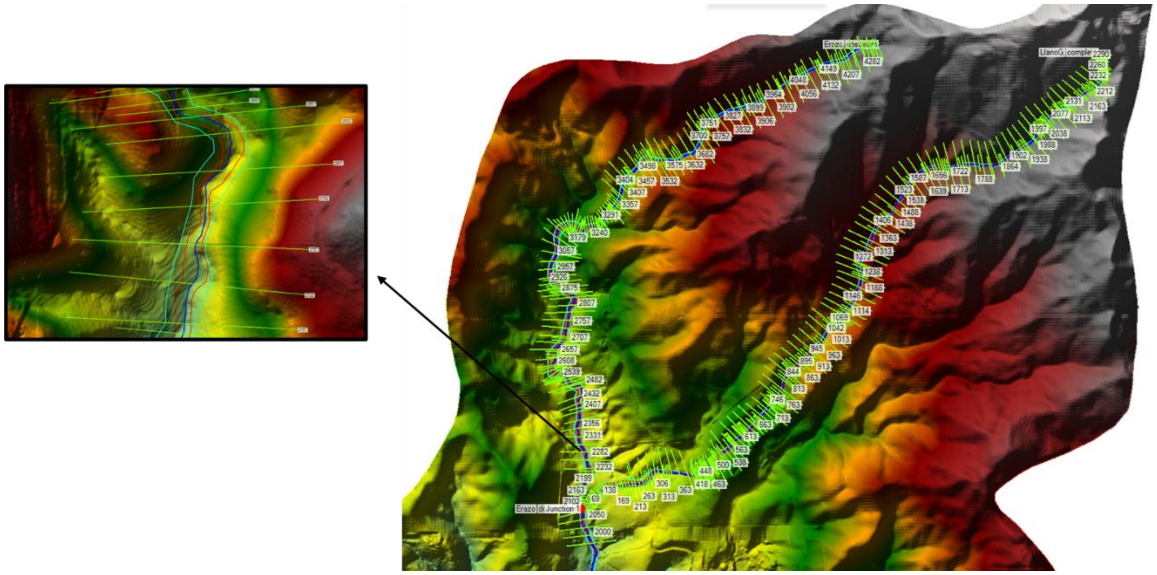


Figura 25 Configuración geométrica modelo hidráulico 1D – Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro (zona alta)
Fuente: elaboración propia

Tabla 9 Características modelo 2D Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro – zona media – baja.

Característica	Descripción
Tramo	Q. El Erazo: desde 100 m aguas abajo de confluencia con Q. Llano Grande hasta desembocadura al río Otún.
Plataforma de configuración geométrica	RAS Mapper – HEC-RAS V.6.3
Curvas de nivel	Cada 1 m
Modelo Digital del Terreno	Resolución: 1 x 1 m
Longitud del tramo modelado 2D	1969 m
Tamaño de celda de malla de computacional general	3 m x 3 m
Tamaño de celda de malla de computacional refinada al cauce	1 m x 1 m
Tipo de flujo	No permanente
Condiciones de borde	Aguas arriba: Hidrograma (Tr 100) Aguas abajo: Profundidad normal (pendiente de fricción: 0.01 m)
Intervalo de tiempo de computo	0.5 seg
Intervalo de tiempo de salida de mapa	1 min

Fuente: Elaboración propia

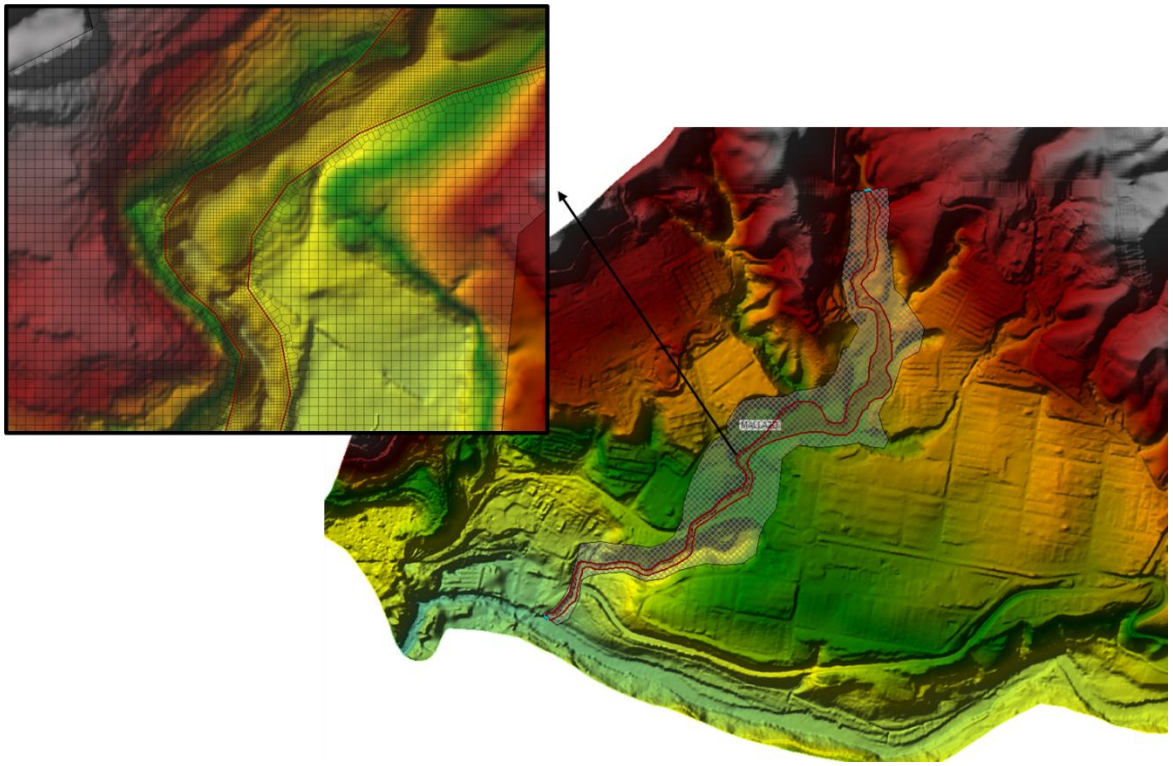


Figura 26 Configuración geométrica modelo hidráulico 2D – Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro (zona media – baja)
Fuente: elaboración propia

Como parte de la información de la geometría de los modelos hidráulicos, se ingresan los datos correspondientes a los coeficientes de rugosidad de Manning para el proyecto. Es importante mencionar, que en versiones anteriores del programa en uso para modelación (HEC-RAS), se asignan tres valores de rugosidad: uno para el canal principal, uno para la margen izquierda y uno para la margen derecha, no obstante, las nuevas actualizaciones permiten establecer valores de rugosidad variables en toda la sección transversal (1D) y en toda el área modelada (2D). Por lo tanto, para el presente estudio, se ingresan los modelos un mapa de usos del suelo con asignación de valor de rugosidad de Manning, según los valores recomendados por (Chow, 1994) para el tipo de cauce y usos en las llanuras de inundación.

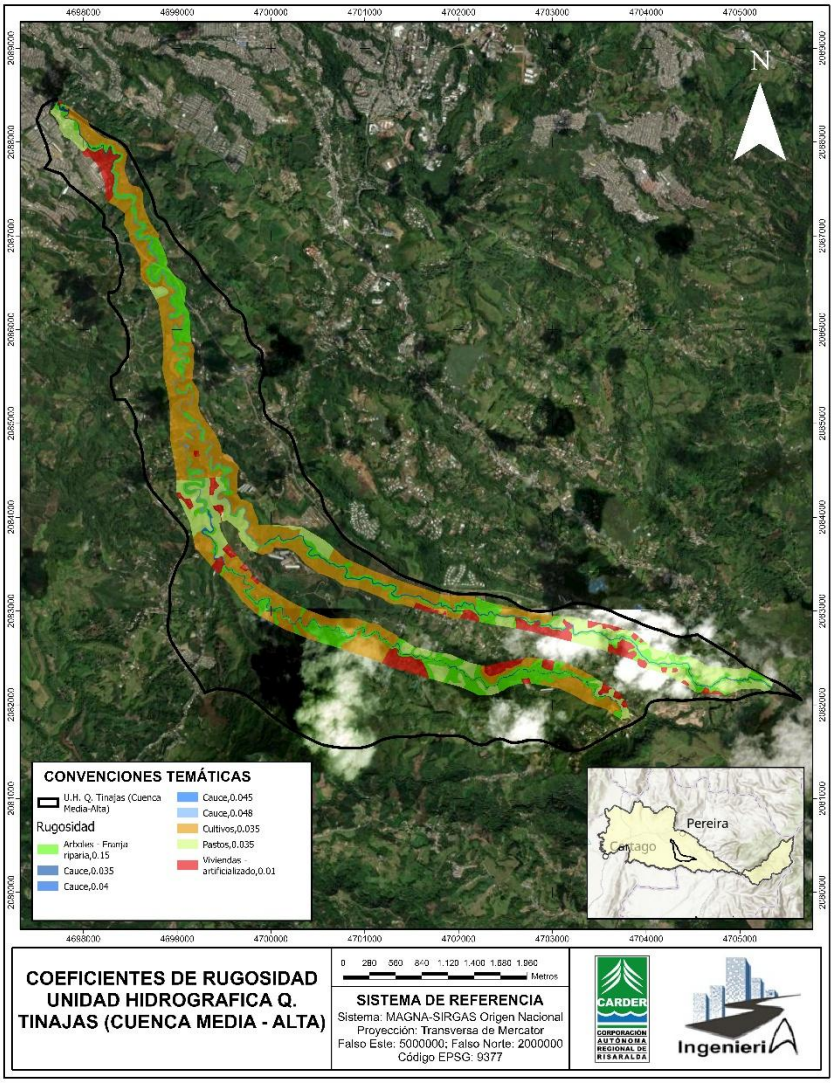


Figura 27 Mapa de rugosidad para modelación hidráulica Configuración – Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca media – alta)
Fuente: elaboración propia

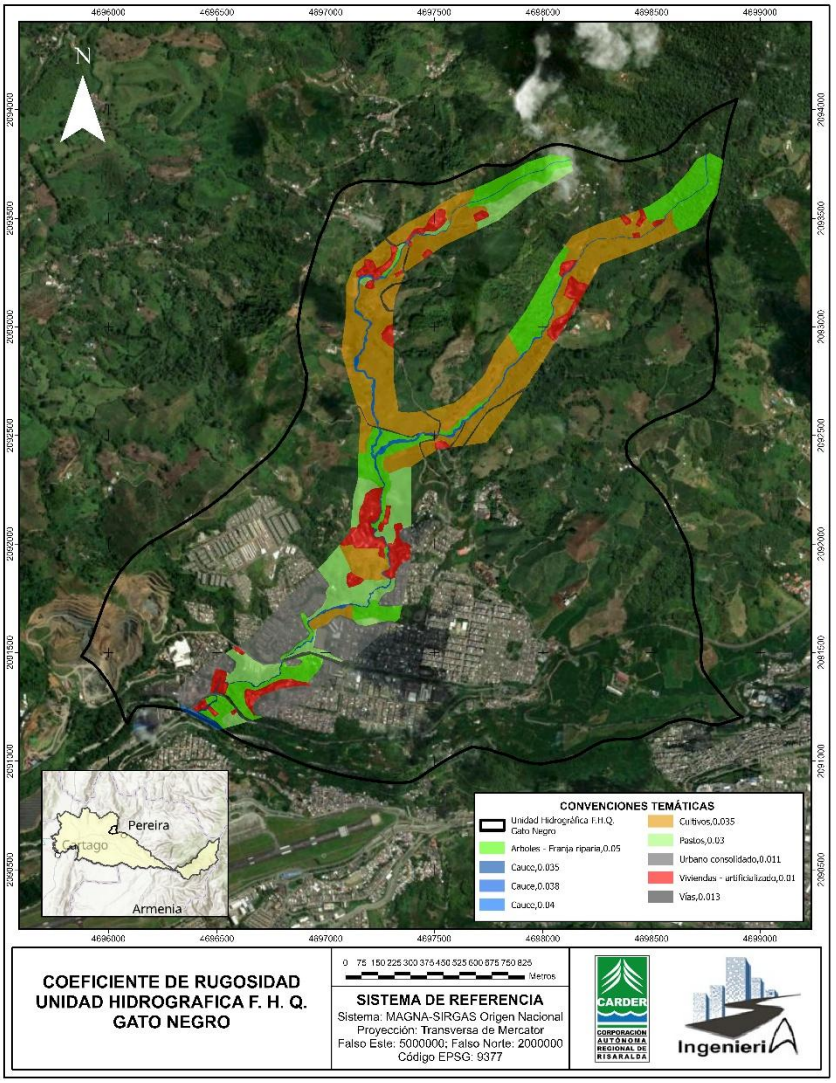


Figura 28 Mapa de rugosidad para modelación hidráulica Configuración – Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro
Fuente: elaboración propia

Una vez se obtienen los resultados de la modelación hidráulica para los caudales de periodo de retorno de interés, se realiza la digitalización del contorno de la extensión de la inundación, conformando un único polígono envolvente que integra los procesos de inundación con conexión directa al cauce; dicho polígono conforma el componente hidrológico de la ronda hídrica.

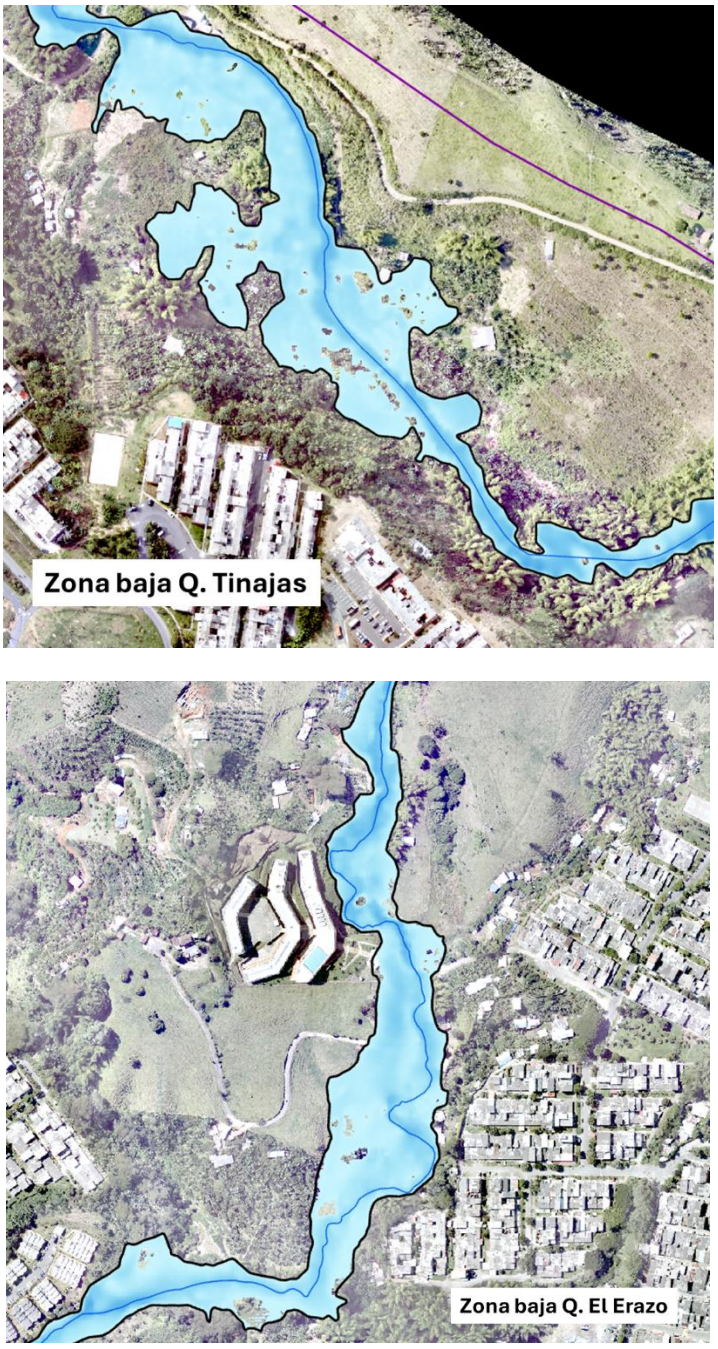


Figura 29 Digitalización del componente hidrológico
Fuente: elaboración propia

6.3.1.3 Delimitación del componente ecosistémico

La delimitación del componente ecosistémico se realiza con el fin de representar el área requerida para el funcionamiento ecosistémico del cuerpo de agua y los componentes bióticos y abióticos de la ribera siendo su vegetación un elemento fundamental para dicho funcionamiento. Por “ecosistema” se entiende un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional (Ley 165 de 1994).

Las funciones ecosistémicas de la ronda hídrica se asocian a los procesos físicos, químicos y biológicos que resultan de la interacción entre los componentes bióticos (flora y fauna) y abióticos (suelo, agua y atmósfera) de un ecosistema y son necesarias para su funcionamiento (Turner y Chapin, 2005; De Groot et al., 2002).

Para lograr la delimitación del componente ecosistémico, siguiendo los criterios de la guía, se deberá definir las zonas de vida para cada fuente hídrica y la altura representativa (H) de las comunidades vegetales que las componen, además de calcular la densidad de drenaje por unidad geomorfológica y el área acumulada o aferente a cada punto de la red de drenaje objeto de estudio. Y, en consecuencia, determinar la relación N entre la densidad de drenaje y el área aferente a partir del cual se establecerá el ancho de la franja según relación N*H. Para finalmente, a partir del polígono de cauce permanente generar la cartografía donde se definirá la franja correspondiente al componente ecosistémico.

- **Identificación de las zonas de vida.**

La identificación de las zonas de vida se realiza como un insumo bioclimático de soporte, cuyo objetivo es contextualizar la vegetación de ribera dentro de un marco climático coherente. Se adopta el sistema de Zonas de Vida de Holdridge, el cual clasifica los ecosistemas a partir de la interacción entre biotemperatura media anual, precipitación media anual y la relación evapotranspiración potencial/precipitación (Holdridge, 1967). Ver **figura 30**

De acuerdo con la metodología actualizada de zonas de vida empleada en este estudio, la delimitación no se limita al uso de cartografía preexistente, sino que se realiza mediante modelación climática espacial en Sistemas de Información Geográfica (SIG).

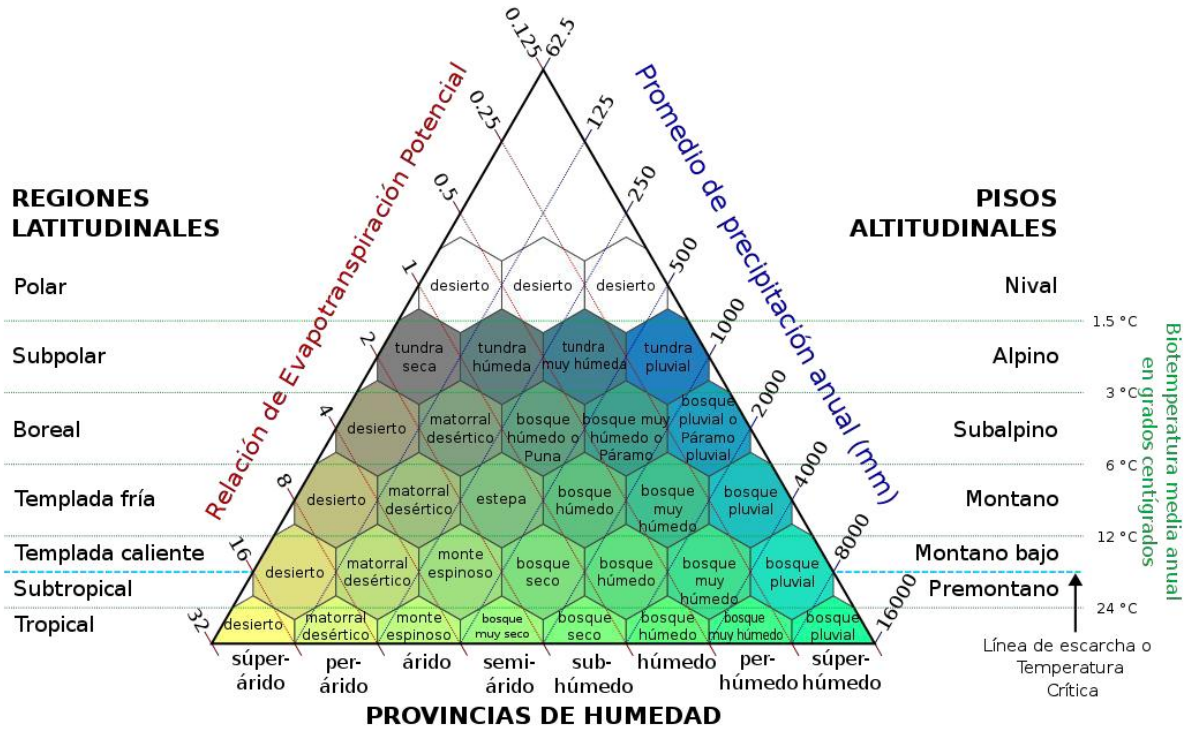


Figura 30 Diagrama para la clasificación de zonas de vida de Holdridge
Fuente: Holdridge, 1987.

Cálculo de la biotemperatura a partir del Modelo Digital de Elevación:

La biotemperatura media anual se estimó a partir del Modelo Digital de Elevación (MDE), siguiendo el principio del enfriamiento adiabático del aire, según el cual la temperatura disminuye con la altitud debido a la reducción de la presión atmosférica y la expansión de las masas de aire (Wallace, 2006).

Aunque el gradiente térmico estándar definido por la Organización de Aviación Civil Internacional es de 6,5 °C por cada 1.000 m, en estudios ecológicos tropicales se emplea un gradiente ajustado de –0.006 °C/m, por las siguientes razones:

- En atmósferas húmedas y vegetadas, el enfriamiento del aire es más lento debido a la liberación de calor latente durante la condensación del vapor de agua (Barry, 2010).
- Joseph Tosi, en la adaptación del sistema de Holdridge para América Latina, demostró que un gradiente cercano a **6 °C/km** representa de forma más precisa la transición de los pisos altitudinales y zonas de vida en los Andes tropicales (Tosi, 1960).
- Este coeficiente presenta ventajas operativas para el procesamiento de grandes volúmenes de datos ráster en SIG, manteniendo consistencia ecológica y estabilidad numérica.

El cálculo se realizó mediante la expresión:

$$\mathbf{Tb} = \mathbf{DEM} * (-\mathbf{0.006} \times \mathbf{T0})$$

donde **Tb** corresponde a la biotemperatura estimada, **To** a la temperatura base de referencia. Los valores se ajustaron posteriormente al rango efectivo de **0–30 °C**, conforme a lo establecido por Holdridge (1967).

Cálculo de la relación Evapotranspiración Potencial / Precipitación (ETP/P):

La relación entre la evapotranspiración potencial (ETP) y la precipitación media anual (P) constituye uno de los ejes fundamentales del sistema de Zonas de Vida de Holdridge, dado que expresa el balance hídrico climático y el grado de disponibilidad de agua para los procesos biológicos (Holdridge, 1967). Este cociente permite diferenciar condiciones que van desde ambientes perhúmedos hasta áridos, siendo determinante en la definición de las provincias de humedad.

- Cálculo del índice ETP/P mediante álgebra de mapas

Una vez obtenidas las superficies ráster de ETP y precipitación, la relación ETP/P se calculó mediante álgebra de mapas, aplicando la expresión:

$$\frac{\boldsymbol{ETP}}{\boldsymbol{P}}$$

Este procedimiento permite obtener un valor adimensional para cada celda del territorio, representando el balance entre la demanda atmosférica de agua y el aporte hídrico efectivo. Los valores resultantes se clasificaron conforme a los rangos establecidos por Holdridge para la delimitación de las provincias de humedad (árida, subhúmeda, húmeda, muy húmeda y perhúmeda).

Reclasificación de las variables climáticas:

La reclasificación constituye una etapa metodológica esencial dentro de la delimitación de las zonas de vida, ya que permite transformar variables climáticas continuas en clases discretas normalizadas, compatibles con el sistema de clasificación bioclimática de Holdridge y con los procesos de álgebra de mapas en Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Desde el punto de vista conceptual, la reclasificación responde a la necesidad de interpretar ecológicamente variables como la biotemperatura, la precipitación y la relación evapotranspiración potencial/precipitación, las cuales, aunque se calculan como superficies continuas, solo adquieren significado ecológico cuando se agrupan en rangos funcionales que representan umbrales de respuesta de la vegetación ((Holdridge, 1967); (Tosi, 1960)).

Reclasificación de la Biotemperatura:

La biotemperatura media anual, calculada previamente a partir del Modelo Digital de Elevación, se reclasifica con base en los rangos establecidos por el sistema de Holdridge, los cuales definen pisos altitudinales y regiones térmicas. Esta reclasificación permite diferenciar condiciones térmicas que determinan la fisiología vegetal y la estructura de los ecosistemas **ver tabla 10**.

Tabla 10 Reclasificación de la biotemperatura

Variable	Rango (Valor Real)	Nuevo Valor (Código)	Significado Ecológico
Biotemperatura (T)	< 1.5 °C	**1**	Nival
	1.5 - 3 °C	**2**	alpino
	3 - 6 °C	**3**	Subalpino
	6 - 12 °C	**4**	Montano
	12 - 18 °C	**5**	Montano bajo
	18 - 24 °C	**6**	Premontano
	> 24 °C	**7**	Tropical

Fuente: Elaboración propia

Reclasificación de la Precipitación:

La precipitación media anual se reclasifica con el objetivo de representar gradientes de disponibilidad hídrica, fundamentales para la diferenciación de formaciones vegetales. En el sistema Holdridge, la precipitación actúa como el eje vertical del diagrama bioclimático y condiciona la biomasa, la densidad del dosel y la productividad primaria.

Tabla 11 Reclasificación de la precipitación

Variable	Rango (Valor Real)	Nuevo Valor (Código)	Significado Ecológico
Precipitación (P)	< 125 mm	**10**	Super árido
	125 - 250 mm	**20**	Per Árido
	250 - 500 mm	**30**	Árido
	500 - 1000 mm	**40**	Semi árido
	1000 - 2000 mm	**50**	Sub Húmedo
	2000 - 4000 mm	**60**	Húmedo
	4000 - 8000 mm	**70**	Perhúmedo
	> 8000 mm	**80**	Superhúmedo

Fuente: Elaboración propia

Reclasificación de la Relación Evapotranspiración Potencial / Precipitación (ETP/P):

La relación ETP/P sintetiza el balance hídrico climático, integrando la demanda atmosférica de agua (controlada por la temperatura) y la oferta hídrica (precipitación). Su reclasificación permite definir las provincias de humedad, elemento central del sistema de zonas de vida.

Tabla 12 Reclasificación de la relación ETP/P

Variable	Rango (Valor Real)	Nuevo Valor (Código)	Significado Ecológico
Relación REPT (R)	< 0.25	**100**	Superhúmedo
	0.25 - 0.5	**300**	Perhúmedo
	0.5 - 1.0	**400**	Húmedo
	1.0 - 2.0	**500**	Subhúmedo
	2.0 - 4.0	**600**	Semiárido
	4.0 - 8.0	**700**	Árido
	> 8.0	**800**	Desértico

Fuente: Elaboración propia

Integración de variables mediante álgebra de mapas:

Una vez reclasificadas las tres variables fundamentales (biotemperatura, precipitación y relación ETP/P), se procedió a su integración mediante álgebra de mapas, utilizando la calculadora ráster del SIG.

La ecuación empleada fue:

$$\textbf{Codigo Final (Zona de Vida)} = \textbf{BioTRecl} + \textbf{PRecl} + \textbf{ETP/PRecl}$$

donde:

BioTRecl: corresponde al código de biotemperatura reclasificada,

PRecl: corresponde al código de precipitación reclasificada,

ETP/PRecl: corresponde al código de la relación evapotranspiración/precipitación reclasificada.

El resultado es un ráster de códigos únicos, en el cual cada combinación numérica representa una zona de vida específica.

Tabla 13 Código zonas de vida

Código Final	Nombre de la Zona de Vida (Holdridge)	Código Final	Nombre de la Zona de Vida (Holdridge)
187	Bosque Pluvial Tropical	**446**	Bosque Seco Subtropical
277	Bosque Pluvial Tropical	**536**	Bosque Muy Seco Subtropical

Código Final	Nombre de la Zona de Vida (Holdridge)	Código Final	Nombre de la Zona de Vida (Holdridge)
177	Bosque Muy Húmedo Tropical	**175**	Bosque Pluvial Premontano
267	Bosque Muy Húmedo Tropical	**265**	Bosque Muy Húmedo Premontano
367	Bosque Muy Húmedo Tropical	**355**	Bosque Húmedo Premontano
357	Bosque Húmedo Tropical	**445**	Bosque Seco Premontano
457	Bosque Húmedo Tropical	**164**	Bosque Pluvial Montano Bajo
447	Bosque Seco Tropical	**254**	Bosque Muy Húmedo Montano Bajo
547	Bosque Seco Tropical	**344**	Bosque Húmedo Montano Bajo
537	Bosque Muy Seco Tropical	**153**	Bosque Pluvial Montano
637	Monte Espinoso Tropical	**243**	Bosque Muy Húmedo Montano
727	Desierto Tropical	**333**	Bosque Húmedo Montano
176	Bosque Pluvial Subtropical	**142**	Páramo Pluvial Subalpino
266	Bosque Muy Húmedo Subtropical	**232**	Páramo Muy Húmedo Subalpino
356	Bosque Húmedo Subtropical	**121**	Tundra Pluvial Alpina

Fuente: Elaboración propia

- **Cálculo de la altura media del dosel (H).**

El bosque ripario hace referencia a la vegetación típica de las riberas de ríos, arroyos y quebradas, que da lugar a formaciones longitudinales de interés paisajístico y climático (Guevara & Reinoso, 2008). Esta formación (estratificada) arbórea o arbustiva de distribución lineal contrasta fuertemente con el paisaje circundante, razón por la que ha sido denominada con frecuencia vegetación o bosque en galería o de cañada, la cual desempeña un papel importante en la preservación del recurso hídrico y en la estabilización de los cauces; actúa como corredor de dispersión de la biota y como albergue para la fauna en época seca (Johansson et al., 1996; Nakano & Murakami, 2001). Por lo que determinar la altura (H) de los árboles dominantes de una comunidad vegetal constituye una variable clave para la definición del componente ecosistémico de la ronda hídrica.

La altura (H), representa el dosel medio de una comunidad vegetal, su cálculo busca caracterizar la vegetación nativa que exista o haya existido en una cuenca, lo cual permite delimitar una faja que busca establecer, mantener o inducir las condiciones para el desarrollo de comunidades animales y vegetales de un ecosistema en particular.

Para la caracterización vegetal de las dos Unidades Hidrográficas objeto de estudio se llevaron a cabo dos fases. La primera consistió en la búsqueda y recopilación de información secundaria publicada sobre la zona en general. Esta revisión bibliográfica incluyó fuentes científicas y académicas, como revistas indexadas, repositorios y bibliotecas digitales, entre ellas Scopus, Web of Science, Agrosavia, Agroexplora, Global Plants y Scielo. También se consultaron buscadores bibliográficos como Google Scholar, así como literatura gris, incluyendo tesis publicadas, notas científicas, informes técnicos, boletines y documentos elaborados por corporaciones regionales como la CARDER, tales como, POT, POMCA, entre otros.

La segunda fase consistió en trabajo de campo donde se realizó un muestreo y reconocimiento de especies vegetales de mayor porte (diámetro >10cm y altura >3m), según la Guía Técnica (MADS, 2018). La actividad en campo se realizó por medio de una búsqueda libre de especies vegetales, esta metodología exploratoria es utilizada para el reconocimiento y registro de la flora en un área determinada sin el uso de parcelas fijas (Villarreal et al., 2004). Esta estrategia permite identificar una mayor diversidad de especies, especialmente en ecosistemas heterogéneos, al recorrer el área de estudio sin restricciones espaciales específicas. Lo cual es útil en áreas donde no se dispone de información previa detallada y se busca maximizar la detección de especies en un corto período de tiempo. Cabe resaltar que, el recorrido se realizó en el área total de las Unidades Hidrográficas (Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta) y F.H.Q. Gato Negro), muestreando todas las coberturas ribereñas posibles de los diferentes afluentes presentes.



Figura 31 Jornada de caracterización vegetal, Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta)

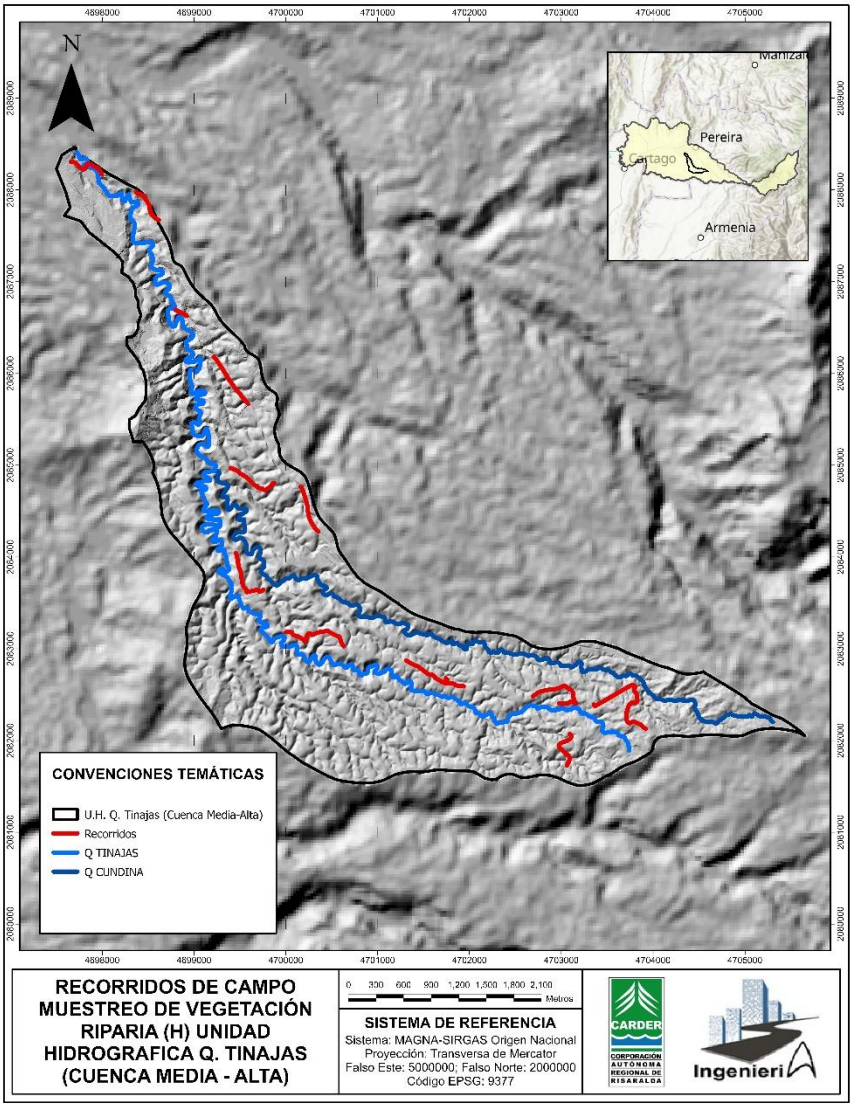


Figura 32 Recorridos de campo para muestreo de vegetación riparia Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta)

Fuente: Elaboración propia



Figura 33 Jornada de caracterización vegetal, F.H.Q. Gato Negro
Fuente: Elaboración propia

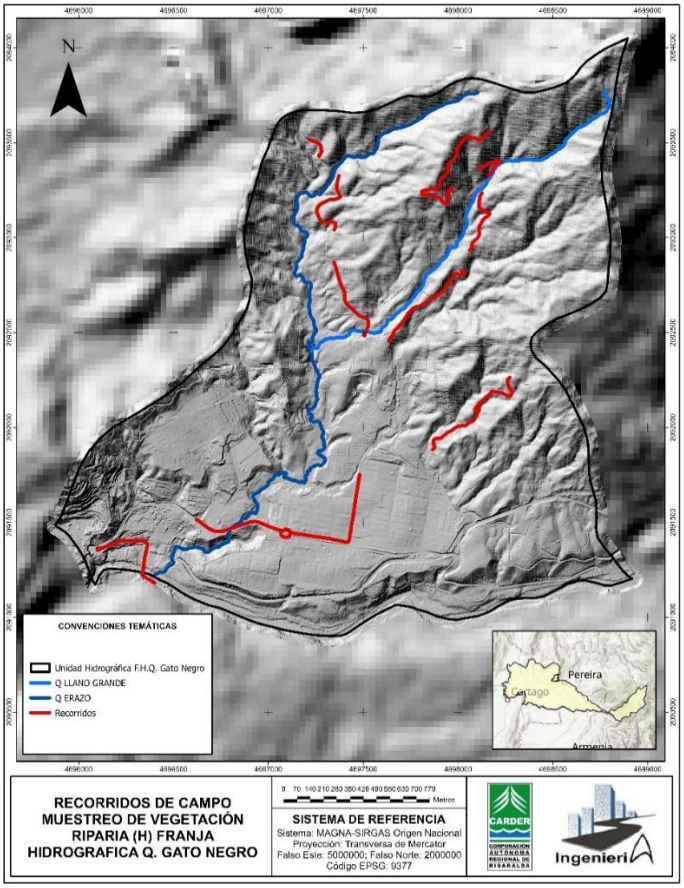


Figura 34 Recorridos de campo para muestreo de vegetación riparia Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro.
Fuente: Elaboración propia

- **Definición de N (Relación entre Dd y Aa).**

N es la relación entre la densidad de drenaje por unidad geomorfológica y el área aferente. Para esto se realiza la definición de Unidades Geomorfológicas (UG) a escala 1:25.000 según sea definido por el componente geomorfológico, de acuerdo con la descripción y el sistema de clasificación de unidades geomorfológicas definido por el IGAC.

La variable N se calcula como la relación entre la densidad de drenaje por unidad geomorfológica y el área de la cuenca aferente a cada punto de la corriente objeto de estudio; de esta manera se expresa la relación natural del patrón de drenaje y la morfología del territorio, por lo que, la franja ecosistémica, será menor en las corrientes que posean alta densidad de drenaje y áreas aferentes menores, y será mayor en las corrientes que posean baja densidad de drenaje y áreas aferentes mayores.

La densidad de drenaje de una cuenca es el cociente entre la longitud total de los cauces que conforman su sistema fluvial, expresada en km, y el área total de la cuenca, expresada en km2. La longitud de los drenajes asociados a cada unidad geomorfológica se calcula a partir de la red de drenaje IGAC disponible para el departamento de Risaralda.

Di=Li/Ai

Donde:

Di= Densidad de drenaje de la unidad geomorfológica i (km/Km2)

Li= Longitud de drenaje asociada a la unidad geomorfológica i (Km)

Ai= Área de la unidad geomorfológica i (km2)

Una vez calculada la Dd por UG se clasificará la categoría de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla 14 Clasificación de la densidad de drenaje

Densidad de drenaje (Dd=Km/km2)	
Baja	<1.5
Media	1.5-3.0
Alta	> 3.0

Fuente: Tomado de (MADS, 2018).

Para el cálculo de las áreas aferentes se utiliza el DTM disponible de detalle para cada Unidad Hidrográfica de estudio; los valores obtenidos para cada UG se reclasificarán de acuerdo con los rangos propuestos en la **Tabla 15**.

Tabla 15 Rango de clasificación de áreas aferentes

Área de cuenca aferente (Aa=km2)	Clase
0 < a ≤1	1
1 < a ≤10	2
10 < a ≤ 100	3
100 < a ≤ 1000	4
1.000 < a ≤ 10.000	5
10.000 < a ≤ 100.000	6

Fuente: Tomado de (MADS, 2018).

Finalmente, para el cálculo de N se emplea la tabla de doble entrada en la que se relacionan el área de la cuenca aferente en Km² y la densidad de drenaje en Km/Km² (**Tabla 16)**.

La franja ecosistémica, será menor en las corrientes que posean alta densidad de drenaje y áreas aferentes menores, y será mayor en las corrientes que posean baja densidad de drenaje y áreas aferentes mayores.

Tabla 16 Valor de N según área de la cuenca y densidad de drenaje

Valor de N			
Área de cuenca aferente	Categoría Densidad de drenaje		
	Baja	Media	Alta
1	2	1.5	1
2	2.5	2	1.5
3	3	2.5	2
4	3.5	3	2.5
5	4	3.5	3
6		4	

Fuente: Tomado de (MADS, 2018).

- **Estimación del ancho del componente ecosistémico (N*H).**

El ancho del componente ecosistémico comprende, además de la altura de los árboles representativos de la zona de vida (H), la relación entre la densidad de drenaje de las corrientes y el área de la cuenca aferente (N), la cual varía de acuerdo con el cuerpo de agua analizado.

Lo anterior se estima de acuerdo con la Ecuación:

Componente ecosistémico = N*H

Donde:

H= Altura media de las especies representativas de la zona de vida (m)

N= Relación de la densidad de drenaje con el área de la cuenca aferente.

El valor de ancho obtenido de dicha ecuación se traza como un “buffer” a partir del cauce permanente definido para la ronda hídrica y este conformará el polígono final correspondiente al componente ecosistémico.

6.3.1.4 Definición del límite físico de la ronda hídrica

El límite físico de la ronda hídrica o límite funcional (ronda hídrica unificada) es el resultado de la envolvente que genera la superposición de los tres componentes físico-bióticos del ecotono desde el punto de vista funcional: componente geomorfológico, hidrológico y ecosistémico. Con este polígono envolvente, se obtiene el área total acotada de ronda hídrica del cuerpo de agua y se procede con la definición de las estrategias para su manejo ambiental.

6.3.2 Directrices para el manejo ambiental de la ronda hídrica

6.3.2.1 Identificación de elementos constituyentes de la ronda hídrica

Definidos por la faja paralela y el área de protección o conservación aferente de acuerdo con el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011, estos elementos se definen haciendo uso de los componentes hidrológico, geomorfológico y ecosistémico que establecen la ronda envolvente y siguiendo las orientaciones normativas de la guía se establece según sea el caso al interior de la ronda envolvente, el alcance de la faja paralela y del área de protección o conservación aferente:

- **Faja paralela** a la línea de mareas máximas o a la del cauce permanente de ríos y lagos, hasta de 30 m de ancho (componente hidrológico). literal d) del artículo 83 del Decreto Ley 2811 de 1974, artículo 206 de la Ley 1450 de 2011.
- **Área de protección o conservación aferente - APCA** corresponde a la integración de los componente ecosistémico y geomorfológico. Sin embargo, si el componente hidrológico es mayor a 30 m, el APCA será: Componente ecosistémico + geomorfológico+ sobrante del hidrológico.

6.3.2.2 Identificación de actores

6.3.2.2.1 Objetivo general

Desarrollar el proceso de identificación y caracterización de actores sociales en las áreas de influencia de las quebradas Tinajas y Gato Negro, en el marco del contrato cuyo objeto es “Realizar estudios para la demarcación de la ronda hídrica de dos corrientes priorizadas en el municipio de Pereira, departamento de Risaralda”, con el fin de reconocer las dinámicas territoriales, condiciones de vulnerabilidad, usos del suelo y memoria histórica como insumo para el proceso de acotamiento de rondas hídricas.

6.3.2.2.2 Objetivos específicos

- Identificar los actores sociales presentes en contextos rurales y urbanos asociados a las corrientes hídricas priorizadas.
- Caracterizar las dinámicas de ocupación del territorio y los usos del suelo en áreas cercanas a las rondas hídricas.
- Recopilar información sobre eventos históricos, transformaciones del cauce y condiciones de riesgo.
- Promover la participación comunitaria como mecanismo de recolección de información social relevante.
- Consolidar información social como insumo para el análisis técnico del proceso de acotamiento.

6.3.2.2.3 Referente conceptual y metodológico

El proceso de identificación y caracterización de actores sociales se enmarca en los lineamientos establecidos en la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de Rondas Hídricas en Colombia, la cual reconoce la participación comunitaria como un elemento fundamental para la construcción de insumos técnicos en procesos de delimitación. En este sentido, el componente social permite integrar el conocimiento local, la memoria histórica y las dinámicas territoriales como elementos clave para la comprensión del comportamiento de las corrientes hídricas y su relación con el territorio.

Se consolidó la fase participativa del componente social, en coherencia con los lineamientos metodológicos establecidos en la Guía. La metodología implementada se basó en un enfoque participativo, mediante la realización de mesas de trabajo comunitarias, orientadas a fortalecer la interacción entre el equipo técnico y la comunidad, así como a profundizar en la recolección de información social relacionada con:

- Eventos históricos
- Usos del suelo
- Condiciones de vulnerabilidad
- Percepciones comunitarias frente al comportamiento de las corrientes hídricas

Como herramienta principal se utilizó la cartografía social, permitiendo representar la percepción comunitaria del territorio e identificar eventos históricos asociados a procesos de MRM, eventos de inundación y avenidas torrenciales.

6.3.2.2.4 Ruta metodológica para la caracterización de actores

El proceso de caracterización de actores sociales se desarrolló mediante la implementación de mesas de trabajo comunitarias en sectores rurales y urbanos, las cuales se estructuraron en los siguientes momentos:

- **Convocatoria comunitaria**

Se realizó la convocatoria a los actores sociales ubicados en las áreas de influencia de las quebradas Tinajas y Gato Negro

- **Socialización del proyecto**

Se llevó a cabo la socialización institucional y la contextualización técnica del proceso, presentando:

El objeto del contrato

El alcance del proceso de acotamiento de rondas hídricas

La importancia de la participación comunitaria

- **Espacios de diálogo**

Se desarrollaron espacios de diálogo abierto con los asistentes, permitiendo identificar dinámicas territoriales, usos del suelo, problemáticas y percepciones frente a las corrientes hídricas.

- **Ejercicio de cartografía social**

Se realizaron ejercicios participativos en los cuales la comunidad identificó:

- Eventos históricos
- Usos del suelo
- Puntos críticos del territorio
- Transformaciones del cauce

- **Soportes de la información**

Cada jornada contó con:

- Acta de reunión
- Listado de asistencia
- Registro fotográfico
- Resultados de cartografía social

6.3.2.3 Identificación de servicios ecosistémicos

La identificación y valoración de los servicios ecosistémicos en el presente estudio se desarrollará mediante un enfoque mixto, integrando herramientas de análisis espacial, revisión conceptual y valoración experta, con el fin de establecer la relación entre las coberturas del suelo y la capacidad del territorio para proveer bienes y servicios ecosistémicos.

La metodología se fundamenta en la aproximación propuesta por Burkhard et al. (2009), adaptada por Arias (2012), la cual permite evaluar la capacidad de las coberturas del suelo para suministrar servicios ecosistémicos a escala de paisaje. Este enfoque se basa en el análisis espacial de las coberturas del territorio y su relación funcional con los servicios ecosistémicos, permitiendo su posterior cuantificación y representación cartográfica.

Para la identificación de los servicios ecosistémicos se adoptó la clasificación propuesta por:

- De Groot (2006)
- Evaluación de los Ecosistemas del Milenio – EEM (2005)
- Costanza et al. (1997)

Dicha clasificación agrupa los servicios ecosistémicos en cuatro categorías principales:

Servicios de soporte: Corresponden a los procesos ecológicos fundamentales que permiten el funcionamiento de los ecosistemas, como la formación del suelo, los ciclos de nutrientes y la provisión de hábitat para las especies.

Servicios de provisión: Incluyen los bienes materiales que los ecosistemas proveen directamente, tales como agua, alimentos, madera, fibras y recursos biológicos.

Servicios de regulación: Hacen referencia a los beneficios derivados del control de procesos naturales, como la regulación hídrica, el control de la erosión, la calidad del aire y la mitigación de riesgos naturales.

Servicios culturales: Comprenden los beneficios intangibles que las personas obtienen de los ecosistemas, como el valor paisajístico, la identidad cultural, la recreación y el conocimiento tradicional.

- **Identificación de coberturas del suelo**

Como unidad de análisis se emplearán las coberturas de la tierra, definidas a partir de la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia por el IDEAM, a escala 1:25.000. Estas coberturas constituyen la base para determinar la capacidad del territorio de generar servicios ecosistémicos.

La identificación de los servicios ecosistémicos se realizará mediante la construcción de una matriz de impacto cruzado, en la cual:

- ✓ Las filas corresponden a las coberturas del suelo
- ✓ Las columnas corresponden a los servicios ecosistémicos

A través de esta matriz se establece la relación entre cada cobertura y su capacidad de proveer determinados servicios ecosistémicos.

- **Valoración mediante criterio experto**

La asignación de valores a cada relación cobertura–servicio se realizó mediante talleres y mesas de trabajo con expertos en: Ordenamiento territorial, Gestión ambiental y ecosistemas. En estos espacios se discutieron y ponderaron las capacidades de cada cobertura para proveer servicios ecosistémicos, incorporando criterios técnicos y conocimiento del territorio.

- **Sistema de ponderación**

Se empleó una escala de valoración cuantitativa de 0 a 5, donde:

0: La cobertura no presenta capacidad de proveer el servicio

1 - 2: capacidad baja

3 - 4: capacidad media

5: alta capacidad de provisión del servicio ecosistémico

Esta ponderación permitió estandarizar la evaluación y facilitar la comparación entre coberturas.

- **Análisis espacial**

Los resultados de la matriz serán integrados en un Sistema de Información Geográfica (SIG), lo cual permitió:

- ✓ Asociar valores a cada cobertura del territorio
- ✓ Generar análisis espaciales de los servicios ecosistémicos
- ✓ Obtener representaciones cartográficas.

Los resultados de este proceso metodológico serán: La identificación de los servicios ecosistémicos presentes en el área de estudio y la valoración de su nivel de prestación por cobertura.

- **Complemento mediante enfoque participativo:**

La identificación de los servicios ecosistémicos descrita anteriormente se complementará con un enfoque participativo, en concordancia con lo establecido en la guía metodológica para la delimitación de rondas hídricas. En este sentido, se incorporarán los resultados obtenidos a partir de las mesas de trabajo con la comunidad, las cuales permiten reconocer la percepción local sobre el territorio, el uso de los recursos naturales y la importancia de los servicios ecosistémicos en la vida cotidiana.

De igual forma, se tendrá en cuenta la memoria histórica del territorio, entendida como el conjunto de saberes, prácticas tradicionales y transformaciones del paisaje identificadas por los actores locales, lo cual permite contextualizar los cambios en la oferta de servicios ecosistémicos a lo largo del tiempo. Adicionalmente, se integrará la información recopilada mediante ejercicios de cartografía social, los cuales facilitan la identificación participativa de

áreas de importancia ambiental, zonas de uso tradicional, conflictos territoriales y espacios estratégicos asociados a la provisión de servicios ecosistémicos.

La articulación entre el análisis técnico (basado en coberturas y valoración cuantitativa) y el conocimiento local permitirá obtener una visión más integral del territorio, fortaleciendo la identificación y priorización de los servicios ecosistémicos en el área de estudio.

CAPÍTULO 7. DELIMITACIÓN DEL CAUCE PERMANTE

Como se mencionó en el marco metodológico, el cauce permanente se definió a través de criterios geomorfológicos e hidrológicos/hidráulicos. Los resultados y análisis obtenidos se describen a continuación.

7.1 Aplicación de criterios hidrológicos

7.1.1 Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Baja)

Para la U.H. Q. Tinajas se obtuvo una mancha de inundación correspondiente al periodo de retorno de 2.33 años tanto para la quebrada Tinajas como para la quebrada Cundina (ver **Figura 35**), como insumo de trabajo del cauce permanente. En términos generales, el análisis de este criterio muestra que no hay desbordamientos significativos en la zona media alta de las corrientes y, por el contrario, para la zona plana, en el tramo final de la quebrada Tinajas, si se produce un desbordamiento mayor que no es típico de banca llena de un cauce permanente, por lo tanto, este criterio no se tiene en cuenta para la delimitación del cauce permanente en zona plana. La modelación hidráulica para este periodo de retorno se presenta en el Anexo 3.

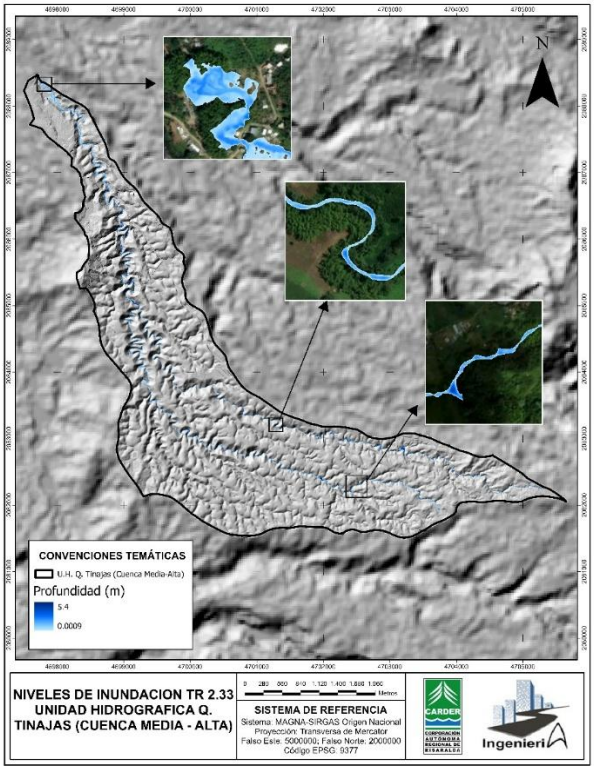


Figura 35 Mancha de inundación TR 2.33 años cauce permanente Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (cuenca media – alta)
Fuente: Elaboración propia

7.1.2 Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro

Para la U.H. F.H.Q. Tinajas se obtuvo una mancha de inundación correspondiente al periodo de retorno de 2.33 años tanto para la quebrada El Erazo como para Llano Grande (ver **Figura 36**), como insumo de trabajo del cauce permanente.

Para este caso el periodo de retorno de 2.33 se mantiene principalmente dentro del cauce solo en la zona alta, antes de la confluencia de ambas corrientes, a partir de su confluencia, este periodo de retorno muestra anchos de inundación significativos por lo cual no es representativo del cauce permanente, por lo tanto, se desprecia este resultado en el trazo del cauce permanente en la zona media baja de la quebrada El Erazo. La modelación hidráulica para este periodo de retorno se presenta en el Anexo 3.

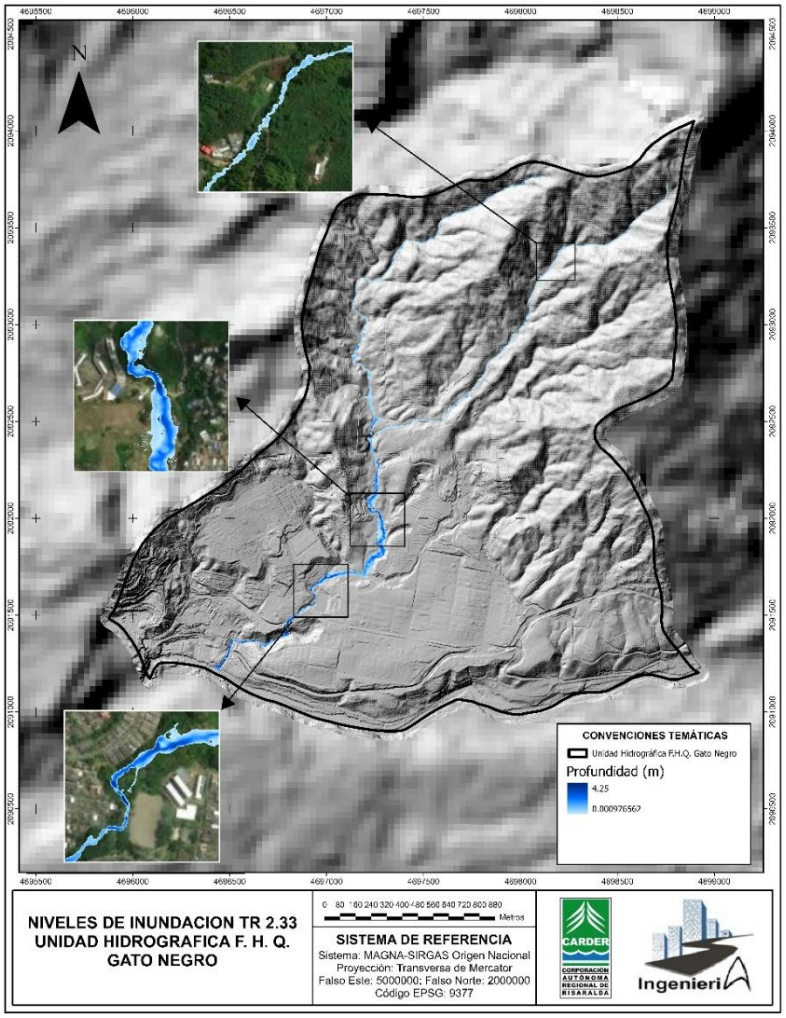


Figura 36 Mancha de inundación TR 2.33 años cauce permanente Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro
Fuente: Elaboración propia

7.2 Aplicación de criterios geomorfológicos

7.2.1 Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Baja)

7.2.1.1 Clasificación morfométrica de la Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta)

El cauce de las quebradas Tinajas y Cundina, al desarrollarse dentro del cuerpo del abanico volcaniclástico del Quindío–Risaralda, no presenta la transición fisiográfica clásica montaña- piedemonte- valle. Su evolución ocurre íntegramente en el interior de una misma unidad geomorfológica cuaternaria, por lo que su comportamiento morfodinámico está controlado principalmente por heterogeneidades litológicas internas del depósito y por condicionantes estructurales, más que por cambios fisiográficos regionales. Este aspecto se desarrolla con mayor detalle en el ítem correspondiente al contexto geológico y geomorfológico de la unidad hidrográfica.

En términos generales, ambas corrientes presentan pendientes longitudinales bajas asociadas al abanico. No obstante, el análisis del perfil longitudinal de la quebrada Tinajas permite diferenciar cuatro tramos con comportamiento geomorfológico contrastante (**Figura 37**).

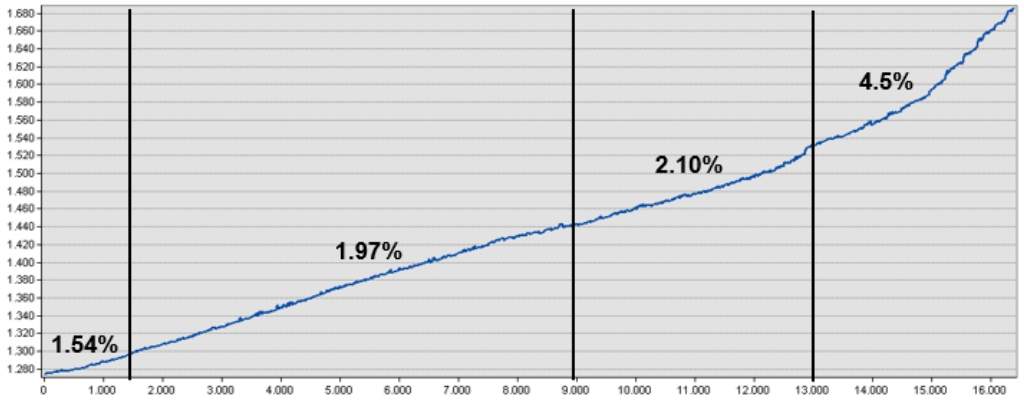


Figura 37 Perfil longitudinal- Quebrada Tinajas

Fuente: Elaboración propia

Para el caso del cauce de la quebrada Cundina, se logran diferenciar dos tramos con pendientes longitudinales relativamente similares a los dos primeros identificados en la quebrada Tinajas.

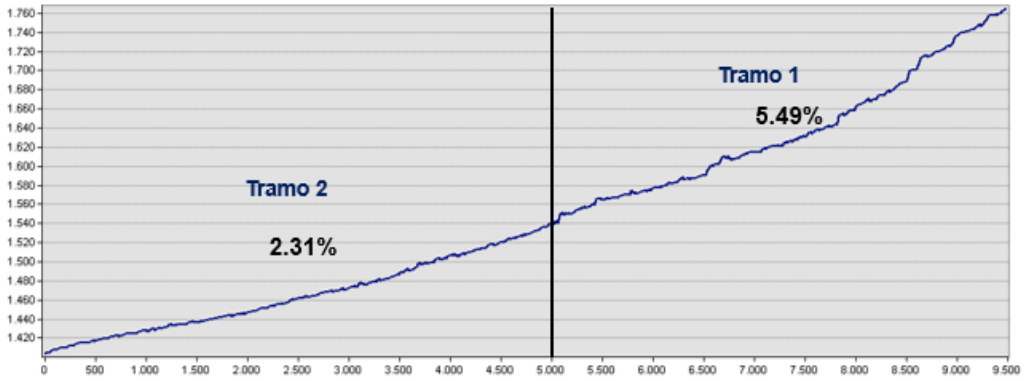


Figura 38 Perfil longitudinal- Quebrada Cundina
Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 39** se presenta el Modelo Digital de Terreno (MDT) de la Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta) con una exageración vertical de 3x, lo que permite resaltar las variaciones morfológicas del perfil longitudinal y diferenciar los tramos identificados desde su nacimiento hasta su desembocadura. En la **Tabla 17** y **Tabla 18** se presenta con más detalle los tramos identificados para la quebrada Tinajas y Cundina respectivamente, con información de la sinuosidad, vista de planta en el mapa de pendientes y el perfil transversal promedio y la migración que se da en cada tramo.

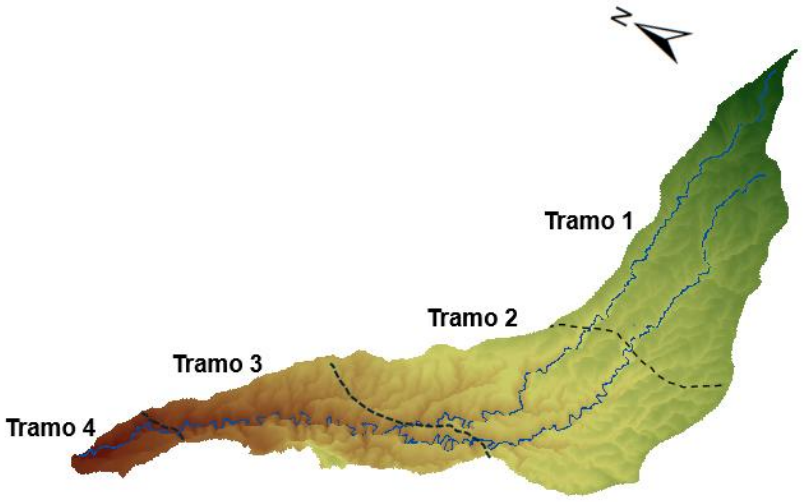
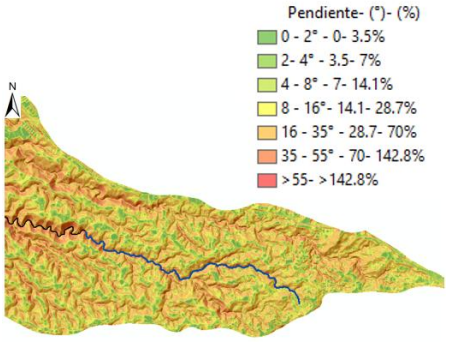
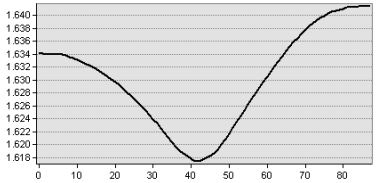
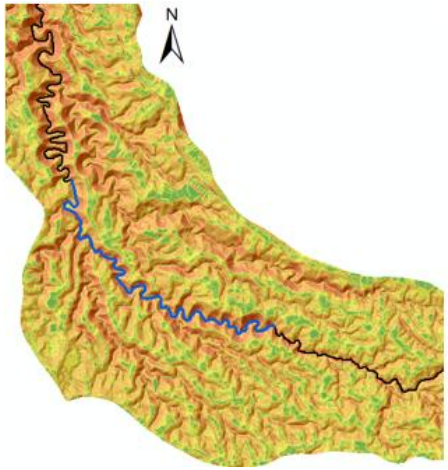
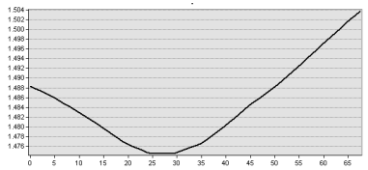
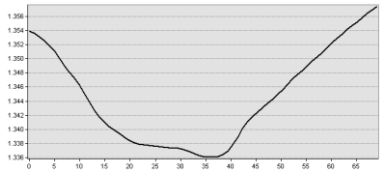
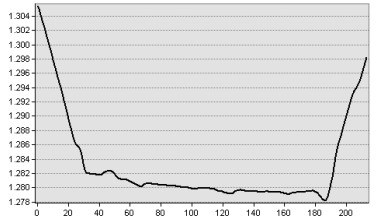


Figura 39 Tramos morfológicos de la unidad hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – alta)
Fuente: Elaboración propia

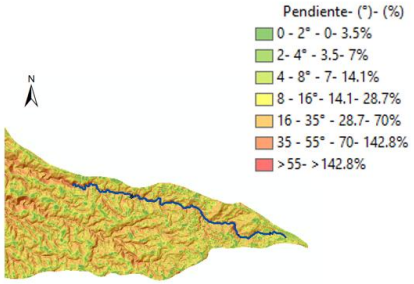
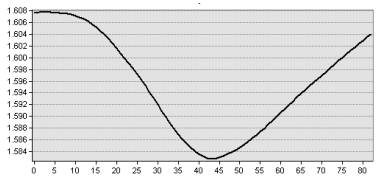
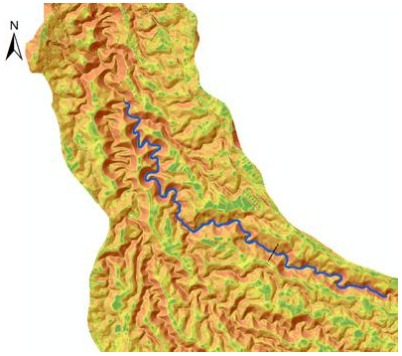
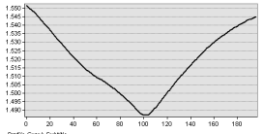
Tabla 17 Clasificación morfológica del eje de la quebrada Tinajas

Quebrada Tinajas	Sinuosidad (P = Lc/Lv)	Vista de planta (mapa de pendientes)	Perfil transversal- migración
Tramo 1- Sinuoso-rectilíneo encajado: corresponde a la parte alta de la microcuenca, con una pendiente longitudinal de 4.5% que se clasifica como suavemente inclinada, que va desde los 1685 m.s.n.m en su nacimiento hasta los 1526 m.s.n.m, donde varía su sinuosidad y encajonamiento. En este sector el cauce está labrado principalmente en piroclastos y depósitos volcaniclásticos relativamente homogéneos.	Presenta una longitud de cauce de 3516.06 m y una longitud de valle de 2742.11 m, lo que resulta en un índice de sinuosidad de 1.28. Este valor permite clasificar el tramo como sinuoso. y predominio de ajuste vertical. La erosión dominante es de tipo incisional, con limitada movilidad lateral.		 El cauce no evidencia variaciones a lo largo del tiempo, lo cual se asocia con las condiciones de encajonamiento, confinado por laderas, que limitan la movilidad lateral y el ajuste morfológico del canal.
Tramo 2- Sinuoso- meándrico encajado: Se caracteriza por una disminución moderada del gradiente y un incremento de la sinuosidad, aunque el canal permanece encajado dentro de los depósitos del abanico. El ajuste continúa siendo mayoritariamente vertical, pero comienzan a evidenciarse leves procesos de socavación lateral localizada en la parte cóncava y la formación de pequeños planos de inundación en la zona convexa de la sinuosidad. Este tramo continua hasta aproximada los 1444 m.s.n.m	Presenta una longitud de cauce de 3851.59 m y una longitud de valle de 2243.07 m, lo que da como resultado un índice de sinuosidad de 1.72. Este valor permite clasificar el tramo como meándrico desarrollado.		 Tampoco se evidencia movilidad lateral significativa a lo largo del tiempo. El confinamiento relativo limita la migración amplia del cauce.

Quebrada Tinajas	Sinuosidad (P = Lc/Lv)	Vista de planta (mapa de pendientes)	Perfil transversal- migración
Tramo 3- Meándrico muy desarrollado encajado: La reducción progresiva de pendiente (1.97%) favorece un aumento en la sinuosidad, alcanzando un patrón meándrico desarrollado, aunque aún con encajamiento moderado. En algunos sectores asociados a las sinuosidades se observan espacios laterales más amplios, donde se desarrollan planos de inundación de mayor extensión que los que se producen en el tramo 2. Este tramo se desarrolla entre los 1444 y 1296 m s. n. m.	Registra una longitud de cauce de 7573.24 m y una longitud de valle de 3767.57 m, lo que da como resultado un índice de sinuosidad de 2.01, clasificándolo como un tramo meándrico muy desarrollado. Aunque la incisión vertical sigue presente, deja de ser el proceso predominante y comienza a evidenciarse también socavación lateral, limitada por el confinamiento del cauce.		 En este tramo se observan leves variaciones en la traza del cauce, producto de procesos de socavación y depositación en las curvas, con desplazamientos del eje de la corriente que alcanzan hasta 6 m en aproximadamente 20 años.
Tramo 4- Meándrico parcialmente confinado: corresponde a la parte baja, previo a la desembocadura a la quebrada el Oso a los 1274 m.s.n.m. aproximadamente. Este tramo presenta la menor pendiente longitudinal (1.54%) y la mayor movilidad lateral. La disminución del gradiente y el menor confinamiento favorecen la expansión lateral del flujo, la formación de barras, planos de inundación y algunas terrazas bajas, que permiten la migración progresiva del eje de la corriente.	Registra una longitud de cauce de 1441.90 m y una longitud de valle de 911.61 m, lo que da como resultado un índice de sinuosidad de 1.58, clasificándolo como un tramo meándrico. En este tramo se logran evidenciar geoformas fluviales asociadas al cauce permanente, tales como barras laterales y longitudinales.		 En este tramo predomina la incisión lateral, lo que genera mayor movilidad horizontal del cauce, con desplazamientos de hasta 60 m en aproximadamente 20 años.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18 Clasificación morfológica del eje de la quebrada Cundina

Quebrada Cundina	Sinuosidad (P = Lc/Lv)	Vista de planta (mapa de pendientes)	Perfil transversal- migración
Tramo 1- Sinuoso-rectilíneo encajado: corresponde a la parte alta de la microcuenca, con una pendiente longitudinal de 5.49 % que se clasifica como suavemente inclinada, que va desde los 1765 m.s.n.m en su nacimiento hasta los 1519 m.s.n.m, donde varía su sinuosidad y encajonamiento. En este sector el cauce está labrado principalmente en piroclastos y depósitos volcaniclásticos relativamente homogéneos.	Presenta una longitud de cauce de 4478.58 m y una longitud de valle de 3640.77 m, lo que resulta en un índice de sinuosidad de 1.23. Este valor permite clasificar el tramo como sinuoso. y predominio de ajuste vertical. La erosión dominante es de tipo incisional, con limitada movilidad lateral.		 El cauce no evidencia variaciones a lo largo del tiempo, lo cual se asocia con las condiciones de encajonamiento, confinado por laderas, que limitan la movilidad lateral y el ajuste morfológico del canal.
Tramo 2- meándrico encajado: Se caracteriza por una disminución moderada del gradiente y un incremento de la sinuosidad, aunque el canal permanece encajado dentro de los depósitos del abanico. El ajuste continúa siendo mayoritariamente vertical, no se evidencias procesos fluviales de acumulación, sino procesos de socavación y planos de inundación pequeños y confinados. Este tramo continua hasta aproximada los 1444 m.s.n.m hasta la desembocadura a la quebrada Tinajas	Presenta una longitud de cauce de 5000 m y una longitud de valle de 3162.71 m, lo que da como resultado un índice de sinuosidad de 1.58 Este valor permite clasificar el tramo como meándrico desarrollado.		 Tampoco se evidencia movilidad lateral significativa a lo largo del tiempo. El confinamiento relativo limita la migración amplia del cauce.

Elaboración propia

7.2.1.2 Relación de la geología con el comportamiento morfológico de la corriente Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta)

Los tramos 1 y 2 de la Quebrada Tinajas y Cundina evolucionan sobre depósitos piroclásticos y, en sectores de mayor incisión, han alcanzado profundidad suficiente para socavar los depósitos volcaniclásticos de la Formación Armenia. La incisión en estos tramos alcanza valores del orden de los 50 m, mientras que la literatura local indica espesores de ceniza de aproximadamente 20- 30 m, lo que confirma que la incisión vertical es el proceso dominante en estos tramos.

En el tramo 3 de la quebrada Tinajas, el eje del cauce experimenta un giro hacia el norte, presumiblemente controlado por factores estructurales (falla Cauca- Almaguer) y por la proximidad del contacto litológico con la Formación Barroso, que aflora en el basamento subyacente. En este sector la incisión supera también los 50 m en algunos perfiles. Aunque en campo no se detectó socavación directa de la Formación Barroso, son evidentes procesos morfodinámicos secundarios: escorrentía y movimientos de masa procedentes de laderas aflorantes en dicha formación han aportado fragmentos de roca volcánica y saprolito al cauce, afectando el transporte sedimentario y la dinámica del lecho. En el tramo 3, si bien la incisión vertical persiste, comienza a manifestarse una mayor componente lateral en la erosión de márgenes.

Finalmente, en el tramo 4 se registra una pendiente reducida y un ensanchamiento local del valle hasta de 160 m, lo que favorece la migración lateral del cauce. Esto ha conducido al desarrollo de barras, planos de inundación y terrazas de orden local, con predominio de procesos de incisión lateral (horizontal) y acumulación de sedimento.

7.2.1.3 Análisis multitemporal del cauce permanente Q. Tinajas

Como se indicó en la clasificación morfológica de la quebrada Tinajas, en los tramos 1 y 2 no se evidencian variaciones temporales significativas en la traza del cauce, lo cual se asocia al alto grado de confinamiento y a la predominancia de incisión vertical.

En contraste, en los tramos 3 y 4 sí se registran ajustes morfológicos del canal. En el tramo 3, estos cambios están principalmente relacionados con el aumento de la sinuosidad del cauce, donde los procesos de socavación en las márgenes cóncavas y depositación en las convexas favorecen la migración lateral y el desarrollo de los meandros. Mientras que para el tramo 4, los cambios observados se asocian al ensanchamiento local del valle y a la disminución del grado de confinamiento del cauce, junto con una menor pendiente longitudinal, lo que favorece una mayor movilidad lateral del canal y la acumulación de sedimentos, evidenciada en la formación de barras y pequeños planos de inundación.

El análisis multitemporal se realizó a partir de imágenes satelitales disponibles en Google Earth, lo que permitió evaluar los cambios en la zona dentro de una ventana temporal aproximada de 20 años.

- **Tramo 3- Q. Tinajas:**

En este tramo la pendiente longitudinal es cercana al 1,97 % y el índice de sinuosidad alcanza un valor de 2,01, lo que permite clasificarlo como un tramo meándrico muy desarrollado. No obstante, el cauce permanece confinado por las laderas, lo que limita su movilidad lateral. Aun así, la dinámica de socavación en las márgenes cóncavas y depositación en las convexas ha generado ajustes locales en el eje del cauce, con variaciones de hasta aproximadamente 25 m, como se muestra en la figura **Figura 40**.

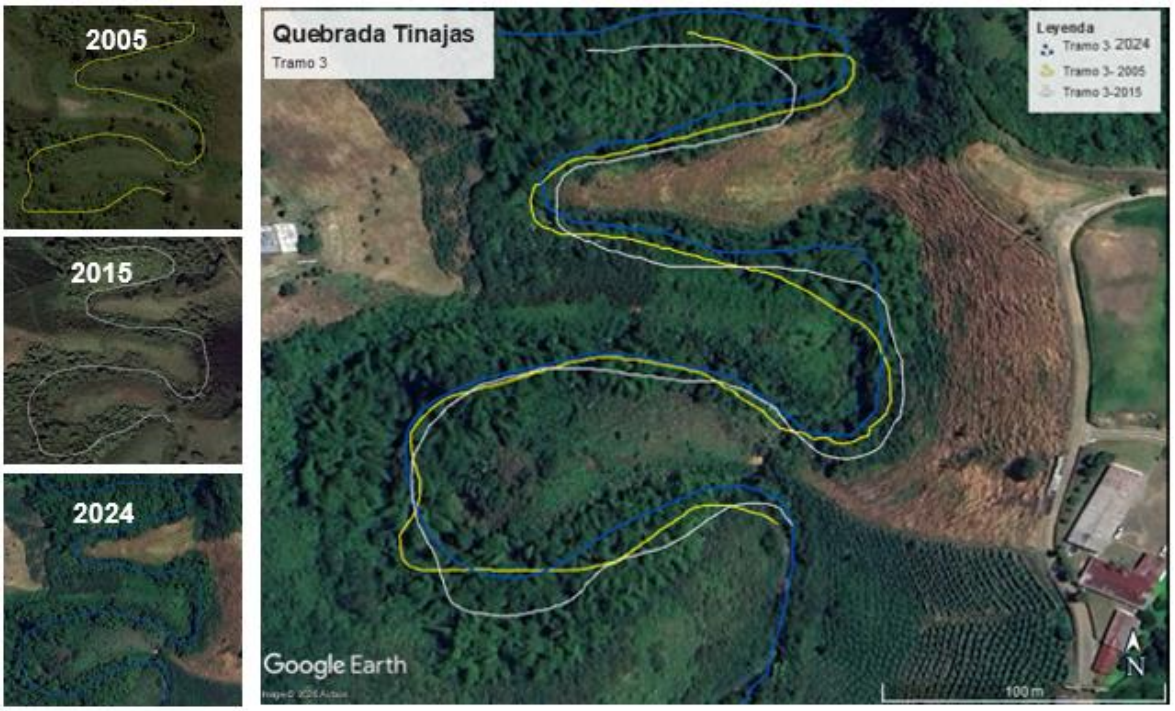


Figura 40 Comparación temporal del trazo cauce la quebrada Tinajas tramo 3
Fuente: Elaboración propia

- **Tramo 4- Q. Tinajas:**

Mediante la comparación georreferenciada para un periodo aproximado de casi 20 años, se logró identificar desplazamientos laterales acumulados del eje del talweg de hasta 60 metros. Esta variación planimétrica, como se observa en la **Figura 39**, evidencia una movilidad lateral significativa y confirma que este tramo concentra el mayor ajuste lateral activo dentro de la microcuenca. Dicho comportamiento es consistente con su menor pendiente longitudinal (1.54%), su índice de sinuosidad de 1.54 (patrón meándrico) y la reducción del confinamiento relativo, condiciones que favorecen la migración del cauce y la expansión lateral del flujo. Desde el punto de vista del componente geomorfológico de la ronda hídrica, estos resultados sustentan técnicamente la inclusión de la franja de movilidad histórica dentro del espacio geomorfológico activo (**Figura 41**).



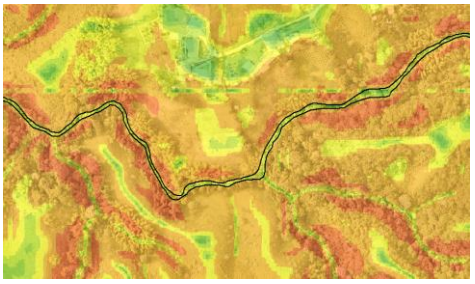
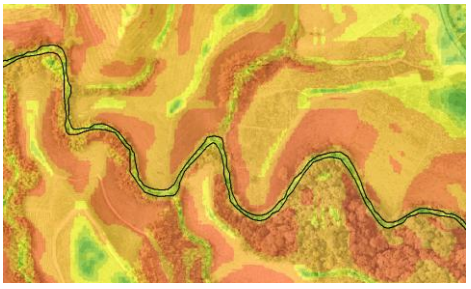
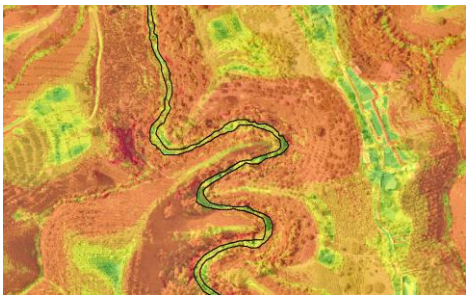
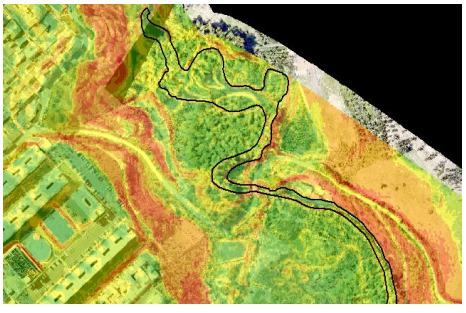
Figura 41 Comparación temporal del trazo cauce la quebrada Tinajas tramo 4
Fuente: Elaboración propia

7.2.1.4 Delimitación del cauce permanente geomorfológico de la unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta)

La delimitación del cauce geomorfológico se realizó mediante la integración de criterios morfológicos, el análisis de pendientes y la interpretación de perfiles transversales. Adicionalmente, se incorporó la identificación de geoformas fluviales activas tales como barras laterales, puntuales y longitudinales, así como del cauce actual definido por la lámina de agua. Estas unidades, junto con la presencia de cauces inactivos asociados, permitieron definir la extensión del espacio fluvial activo, la cual fue validada mediante mediciones y observaciones de campo.

En los tramos 1, 2 y 3 de las corrientes analizadas, debido al mayor grado de confinamiento del cauce y a la densa cobertura vegetal, la delimitación se apoyó principalmente en el análisis de pendientes asociadas al canal, dada la limitada visibilidad de la cicatriz geomorfológica. En contraste, en el tramo 4 fue posible identificar con mayor claridad tanto las geoformas fluviales (barras), como la cicatriz del cauce, favorecido por una menor cobertura vegetal, lo que permitió una delimitación más precisa basada en criterios geomorfológicos directos. En la **Tabla 19** se presenta, a manera de ejemplo, la delimitación del cauce geomorfológico en los distintos tramos de las corrientes de interés.

Tabla 19. Delimitación del cauce permanente geomorfológico U.H.Q. Tinajas

Tramos	Imagen sobre ortofoto	Imagen sobre mapa de pendientes
1		
2		
3		
4		

Fuente: Elaboración propia

7.2.2 Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro

7.2.2.1 Clasificación morfométrica de la Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro.

Las corrientes analizadas dentro de esta unidad hidrográfica presentan un comportamiento geomorfológico típico de sistemas de montaña en el cual se distinguen claramente tramos funcionales: una zona alta de erosión, donde predominan procesos de incisión y remoción de material; una zona media de transporte, caracterizada por el desplazamiento de sedimentos a lo largo del cauce; y una zona baja de deposición, donde disminuye la energía del flujo y se favorece la acumulación de materiales. No obstante, el sistema también evidencia ciertas variaciones locales asociadas al control estructural del sustrato geológico.

El perfil longitudinal de la quebrada el Erazo se logran evidenciar 4 tramos con comportamientos específicos. Se identifican dos cambios abruptos en la pendiente, posiblemente asociados a contrastes litológicos o a estructuras geológicas como fallas, que condicionan la dinámica de incisión. Estos quiebres favorecen procesos de agradación aguas arriba, promoviendo la acumulación de sedimentos. Dichos procesos pueden verse intensificados por intervenciones antrópicas en el cauce, que modifican la disponibilidad y dinámica de transporte de sedimentos (**Figura 42**).

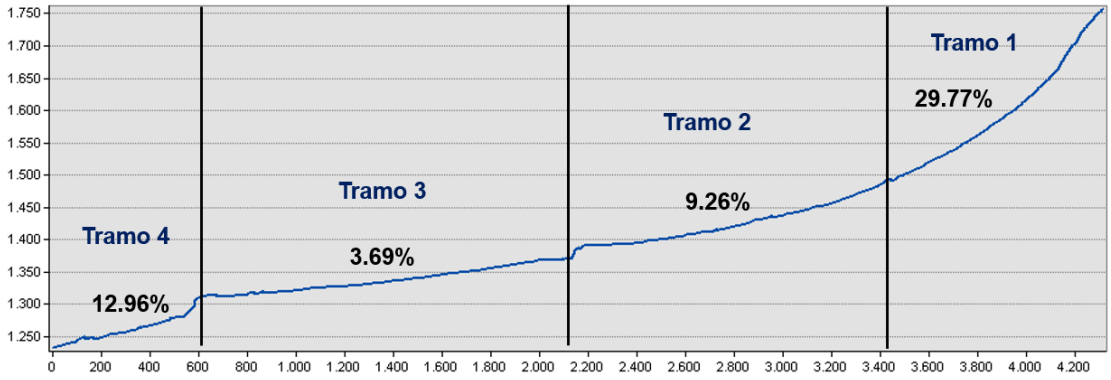


Figura 42 Perfil longitudinal- Quebrada El Erazo
Fuente: Elaboración propia

Para el caso del perfil longitudinal de la quebrada Llano Grande se evidencian 2 tramos con pendientes altas, antes de desembocar a la quebrada El Erazo.

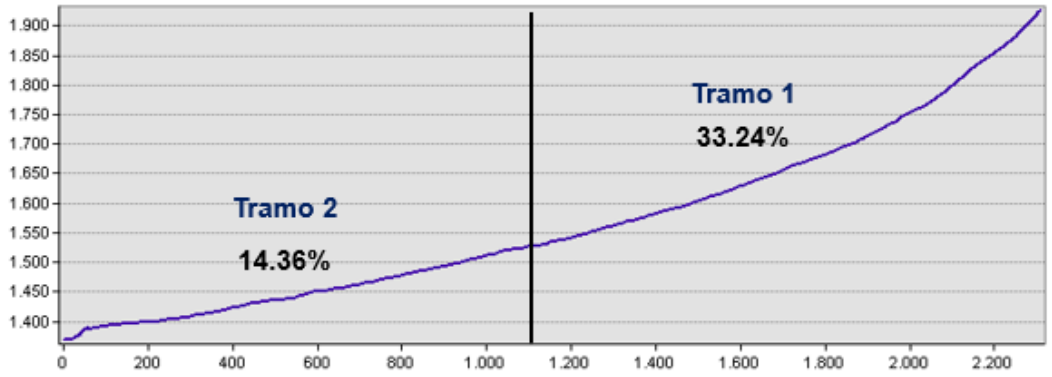


Figura 43 Perfil longitudinal- Quebrada Llano Grande
Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 44** se presenta el Modelo Digital de Terreno (MDT) de la unidad hidrográfica F.H.Q. Gato Negro con una exageración vertical de 3x, lo que permite resaltar las variaciones morfológicas del perfil longitudinal y diferenciar los tramos identificados desde su nacimiento hasta su desembocadura. En la **Tabla 20** y **Tabla 21** se presenta con más detalle los tramos identificados para la quebrada El Erazo y Llano Grande, respectivamente con información de la sinuosidad, vista de planta en el mapa de pendientes y el perfil transversal promedio y la migración que se da en cada tramo.

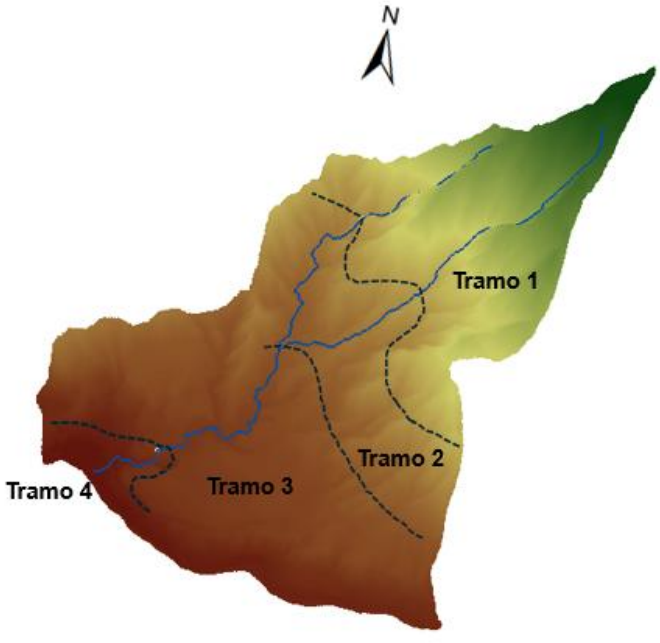
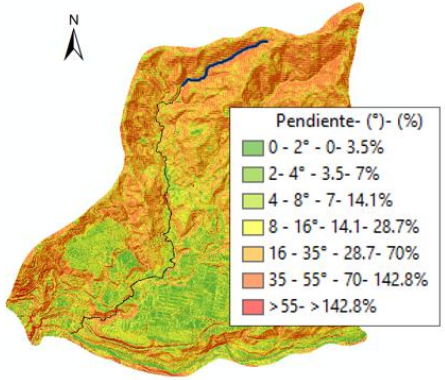
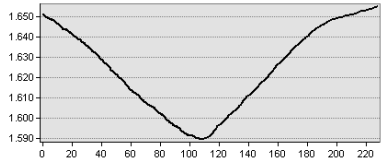
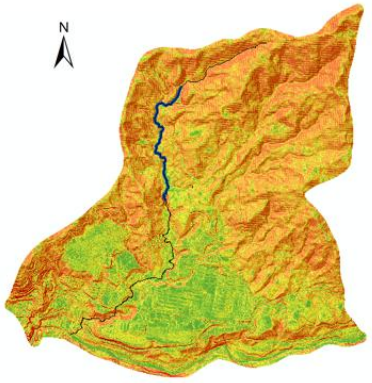
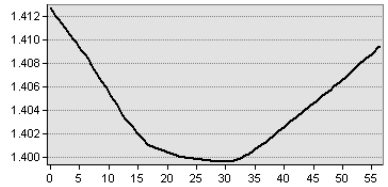
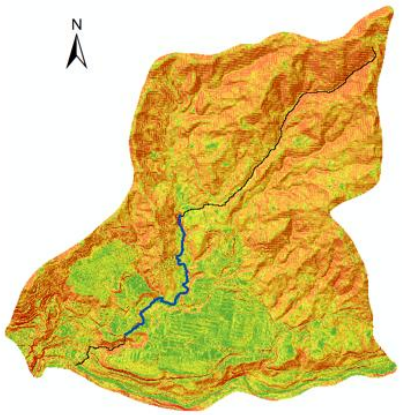
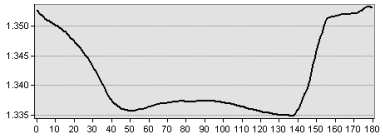
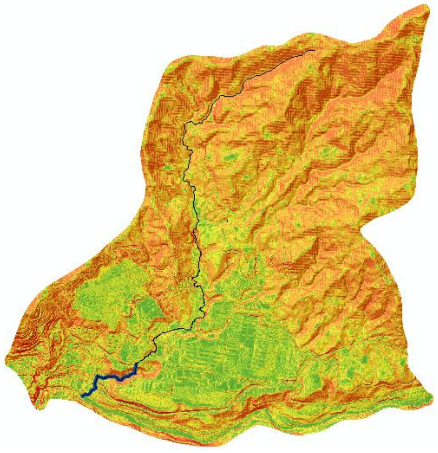
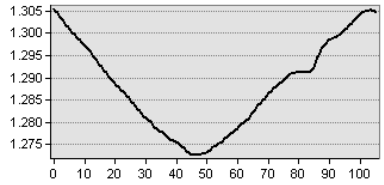


Figura 44 Tramos morfológicos de la Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro
Fuente: Elaboración propia

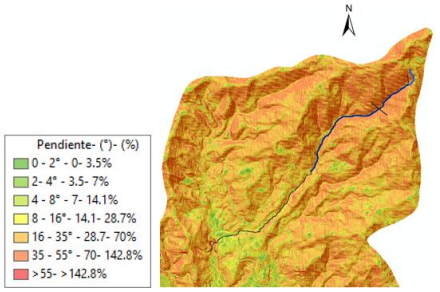
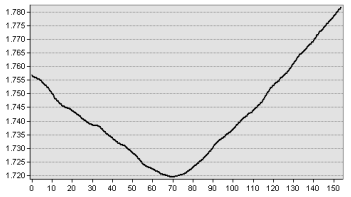
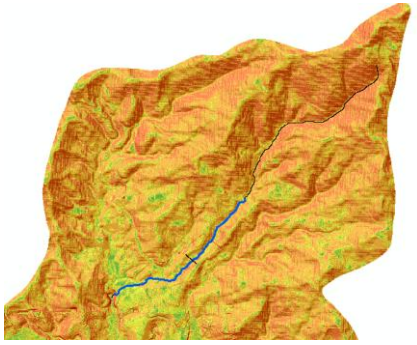
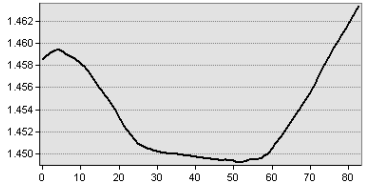
Tabla 20 Clasificación morfométrica del eje de la quebrada El Erazo

Quebrada El Erazo	Sinuosidad (P = Lc/Lv)	Vista de planta (mapa de pendientes)	Perfil transversal- migración
Tramo 1- Recto de montaña: corresponde a la parte alta de la microcuenca, con una pendiente longitudinal de 29.77 % que se clasifica como abrupta, que va desde los 1756 m.s.n.m en su nacimiento hasta los 1491 m.s.n.m, donde varía su sinuosidad y encajonamiento. En este sector el cauce está labrado principalmente en la roca cristalina de la Fm Barroso (saprofito y roca fresca)	Presenta una longitud de cauce de 889.45 m y una longitud de valle de 828.66 m, lo que resulta en un índice de sinuosidad de 1.07. Este valor permite clasificar el tramo recto de montaña y predominio de ajuste vertical. La erosión dominante es de tipo incisional, con limitada movilidad lateral.		 El cauce no evidencia variaciones a lo largo del tiempo, lo cual se asocia con las condiciones de encajonamiento, confinado por laderas labradas en la roca cristalina.
Tramo 2- Sinuoso- meándrico encajado: Se caracteriza por una disminución moderada del gradiente (9.26%) y un incremento de la sinuosidad, aunque el canal permanece encajado dentro de depósitos Coluvio- aluviales antiguos. El ajuste continúa siendo mayoritariamente vertical, pero comienzan a evidenciarse leves procesos erosivos en laderas y de socavación en cauce, con la formación de pequeños planos de inundación. Este tramo continua hasta aproximada los 1369 m.s.n.m	Presenta una longitud de cauce de 1317.72 m y una longitud de valle de 994.91 m, lo que da como resultado un índice de sinuosidad de 1.32. Este valor permite clasificar el tramo como sinuoso alto en transición a meándrico.		 Tampoco se evidencia movilidad lateral significativa a lo largo del tiempo. El confinamiento relativo limita la migración amplia del cauce.

Quebrada El Erazo	Sinuosidad (P = Lc/Lv)	Vista de planta (mapa de pendientes)	Perfil transversal- migración
Tramo 3- Meándrico: La reducción progresiva de pendiente (3.69%) favorece un aumento en la sinuosidad, alcanzando un patrón meándrico. En algunos sectores asociados a las sinuosidades se observan espacios laterales más amplios, donde se desarrollan planos de inundación y formación de terrazas de erosión y acumulación de mayor extensión. Este tramo se desarrolla entre los 1369 y 1310 m s. n. m.	Registra una longitud de cauce de 1613.34 m y una longitud de valle de 1057.23 m, lo que da como resultado un índice de sinuosidad de 1.53, clasificándolo como un tramo meándrico. El proceso predominante socavación lateral, limitada por el leve confinamiento del cauce. Se evidencian geoformas fluviales asociadas al cauce permanente tales como barras y cauces inactivos		 En este tramo se observan las mayores variaciones del cauce, alcanzando diferencias horizontales del cauce hasta 47 metros en 20 años
Tramo 4- Sinuoso- meándrico encajado: corresponde a la parte baja, previo a la desembocadura al rio Otún a los 1232 m.s.n.m. aproximadamente. Este tramo aumenta la pendiente longitudinal (12.96%) y vuelve a encajarse, posiblemente debido a un control estructural y la búsqueda del nivel base de la corriente	Registra una longitud de cauce de 600.74 m y una longitud de valle de 461.71 m, lo que da como resultado un índice de sinuosidad de 1.3, clasificándolo como un tramo sinuoso- meándrico.		 El cauce reduce su movilidad lateral, y ejerce mayor incisión vertical buscando el nivel base del rio Otún

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21 Clasificación morfométrica del eje de la quebrada Llano Grande

Quebrada Llano Grande	Sinuosidad (P = Lc/Lv)	Vista de planta (mapa de pendientes)	Perfil transversal- migración
Tramo 1- Recto- sinuoso de montaña: corresponde a la parte alta de la microcuenca, con una pendiente longitudinal de 33.24 % que se clasifica como abrupta, que va desde los 1946 m.s.n.m en su nacimiento hasta los 1527 m.s.n.m, donde varía su sinuosidad y encajonamiento. En este sector el cauce está labrado principalmente en la roca cristalina de la Fm Barroso (saprofito y roca fresca)	Presenta una longitud de cauce de 1260 m y una longitud de valle de 1083 m, lo que resulta en un índice de sinuosidad de 1.16. Este valor permite clasificar el tramo recto de montaña y predominio de ajuste vertical. La erosión dominante es de tipo incisional, con limitada movilidad lateral.		 El cauce no evidencia variaciones a lo largo del tiempo, lo cual se asocia con las condiciones de encajonamiento, confinado por laderas erosivas labradas en la roca cristalina.
Tramo 2- Recto sinuoso encajado: Se caracteriza por una disminución moderada del gradiente (14.36 %) y un incremento de la sinuosidad, aunque el canal permanece encajado dentro de depósitos Coluvio- aluviales antiguos. El ajuste continúa siendo mayoritariamente vertical, pero comienzan a evidenciarse procesos de transferencia de material y la formación de pequeños planos de inundación. Este tramo continua hasta aproximada los 1369 m.s.n.m donde desemboca a la quebrada El Erazo	Presenta una longitud de cauce de 1100 m y una longitud de valle de 931.09 m, lo que da como resultado un índice de sinuosidad de 1.18. Este valor permite clasificar el tramo como sinuoso alto en transición a meándrico.		 Tampoco se evidencia movilidad lateral significativa a lo largo del tiempo. El confinamiento relativo limita la migración amplia del cauce, aunque las ladeas son principalmente erosivas

Elaboración: Fuente propia

7.2.2.2 Relación de la geología con el comportamiento morfológico de la corriente Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro

La dinámica morfológica de la corriente está fuertemente condicionada por la variabilidad litológica presente a lo largo del perfil longitudinal, donde predominan las rocas de la Formación Barroso en la parte alta y media, y los depósitos volcaniclásticos de la Formación Armenia hacia la parte baja, con una zona de transición representada por depósitos coluvioaluviales en el piedemonte. Esta configuración genera contrastes significativos en términos de resistencia del sustrato, grado de meteorización y disponibilidad de sedimentos, lo que se traduce en cambios en los estilos de ajuste del cauce, alternando entre procesos dominados por incisión, transporte y agradación.

En el primer tramo, desarrollado sobre la Formación Barroso, el cauce presenta un patrón relativamente rectilíneo, controlado por la mayor competencia del sustrato rocoso, aunque localmente modificado por la presencia de saprolito y niveles de ceniza que reducen la resistencia mecánica. Estas condiciones favorecen procesos erosivos que aportan material al cauce. En el segundo tramo, correspondiente a la zona de transición hacia depósitos coluvioaluviales, se observa una disminución en la cohesión y consolidación del material, lo que incrementa la susceptibilidad a la erosión lateral y favorece ajustes morfológicos más dinámicos. Esta transición litológica actúa como un umbral geomorfológico, donde el cauce tiende a perder confinamiento y a redistribuir su carga sedimentaria.

Hacia el tercer tramo, en la parte más baja y de menor pendiente, dominada por depósitos volcaniclásticos de la Formación Armenia, el cauce presenta condiciones propicias para la agradación, asociadas a una menor capacidad de transporte y a una alta disponibilidad de sedimentos finos a medios. Esto favorece el desarrollo de formas aluviales como barras y planicies de inundación incipientes, con mayor movilidad lateral. Finalmente, en el cuarto tramo, donde se incrementa nuevamente la pendiente en dirección a la línea base del río principal, se reactiva la capacidad de transporte del flujo, generando un ajuste hacia condiciones más incisivas o de remoción de sedimentos previamente depositados. En conjunto, la interacción entre litología, pendiente y procesos de meteorización define una respuesta morfodinámica diferenciada a lo largo del sistema, controlando la geometría del cauce y la extensión del cauce geomorfológico.

7.2.2.3 Análisis multitemporal del cauce permanente Q. El Erazo

El análisis multitemporal se realizó a partir de imágenes disponibles en Google Earth, abarcando una ventana temporal aproximada de 20 años. Los resultados evidencian que las variaciones más significativas en la traza del cauce se concentran en el tramo 3, donde las menores pendientes favorecen una mayor movilidad lateral. En este sector se registran desplazamientos laterales de hasta 47 m durante el periodo analizado. En contraste, en los demás tramos los cambios son mínimos o prácticamente imperceptibles, lo cual se asocia a condiciones de mayor confinamiento y predominio de incisión vertical (**Figura 45** y **Figura 46**).

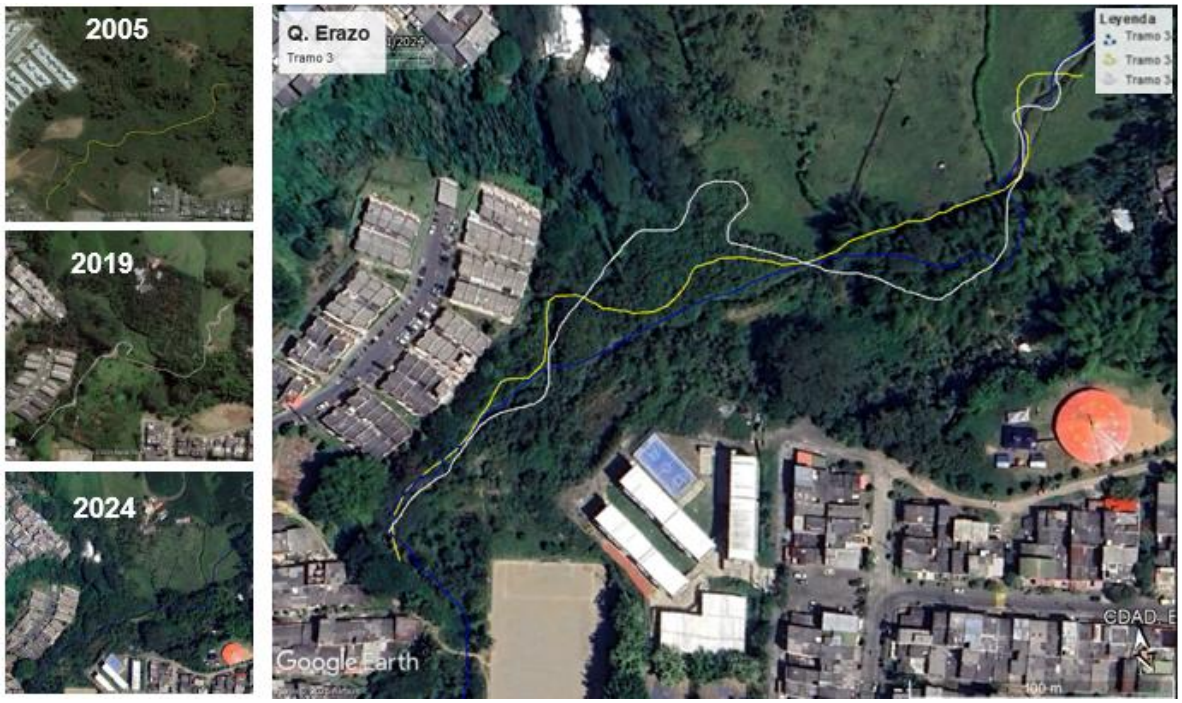


Figura 45 Comparación temporal del trazo cauce la quebrada Erazo tramo 3
Fuente: Elaboración propia

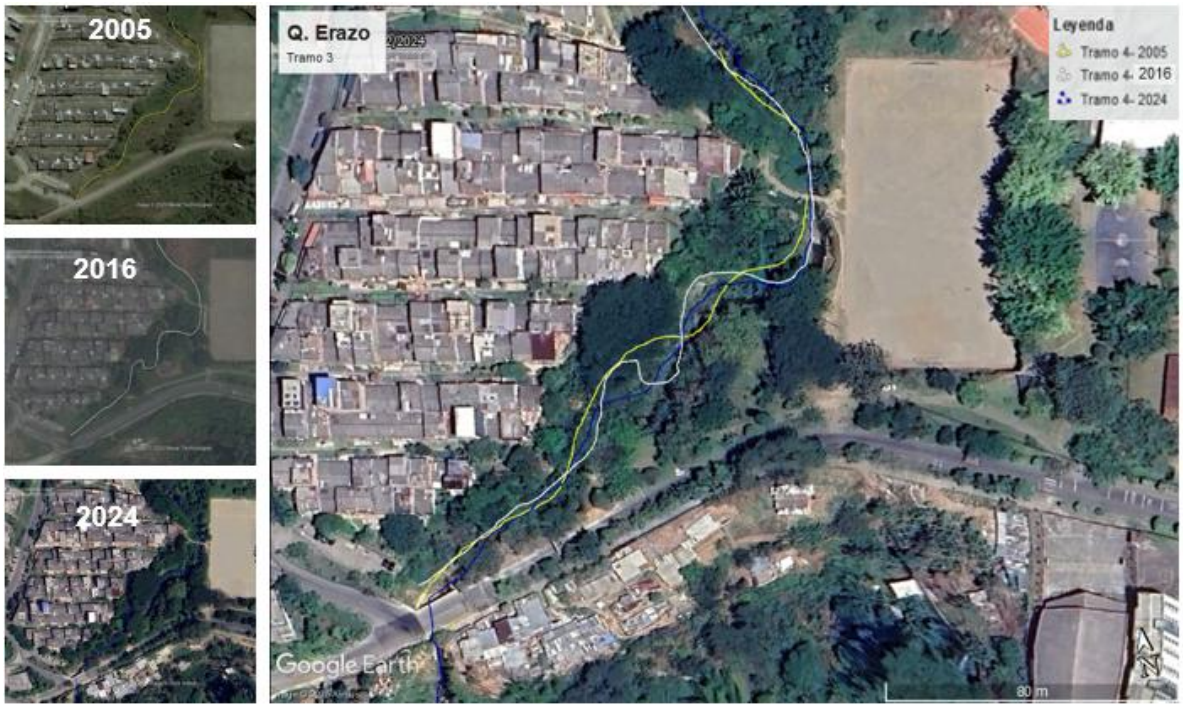


Figura 46 Comparación temporal del trazo cauce la quebrada Erazo tramo 3- sector Cancha

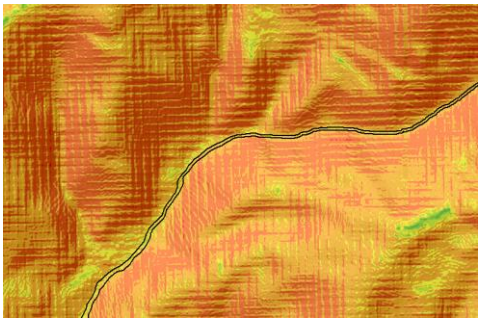
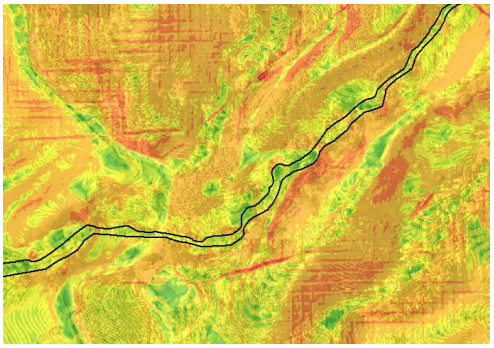
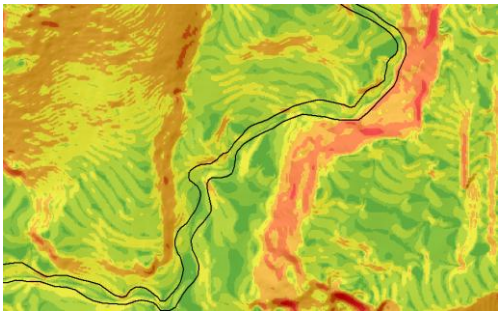
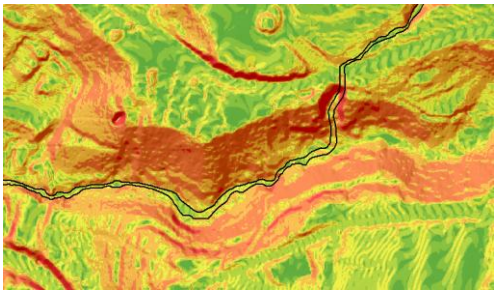
Fuente: Elaboración propia

7.2.2.4 Delimitación del cauce permanente geomorfológico de la unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro.

La delimitación del cauce geomorfológico se realizó mediante la integración de criterios morfológicos, el análisis de pendientes y la interpretación de perfiles transversales. Adicionalmente, se incorporó la identificación de geoformas fluviales activas tales como barras laterales, puntuales y longitudinales, así como del cauce actual definido por la lámina de agua. Estas unidades, junto con la presencia de cauces inactivos asociados, permitieron definir la extensión del espacio fluvial activo, la cual fue validada mediante mediciones y observaciones de campo.

En los tramos 1 y 2, la delimitación se apoyó principalmente en el análisis de pendientes y en la interpretación de perfiles transversales, debido a la escasa visibilidad de la cicatriz del cauce, condicionada por la densa cobertura vegetal. En el tramo 3, caracterizado por una menor pendiente y una mayor tendencia a la migración lateral del cauce, fue posible incorporar con mayor claridad criterios geomorfológicos directos, a partir de la identificación de geoformas fluviales y sectores localmente desprovistos de vegetación donde se evidenció la cicatriz. Finalmente, en el tramo 4, donde el cauce presenta nuevamente un mayor grado de confinamiento, se priorizó el análisis de pendientes, dado el incremento en la cobertura vegetal y la consecuente limitación en la expresión superficial de las formas fluviales. En la **Tabla 22** se presenta, a manera de ejemplo, la delimitación del cauce geomorfológico en los distintos tramos de las corrientes de interés.

Tabla 22 Delimitación del cauce permanente geomorfológico U.H.F.H.Q. Gato Negro

Tramos	Imagen sobre ortofoto	Imagen sobre mapa de pendientes
1		
2		
3		
4		

Fuente: Elaboración propia

7.3 Delimitación final del cauce permanente

La delimitación del cauce permanente final se realizó mediante la integración de criterios geomorfológicos e hidrológicos aplicados a las corrientes de interés, ajustando su uso según las condiciones particulares de cada tramo morfológico, a continuación, se describe cada uno.

7.3.1 Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta)

Para el caso de la quebrada Tinajas y Cundina, en el tramo 1 la delimitación se basó principalmente en criterios geomorfológicos, soportados por la verificación directa en campo. En este sector, el análisis del mapa de pendientes permitió identificar de manera incipiente la cicatriz del cauce. Por su parte, el componente hidrológico tendía a sobredimensionar el cauce permanente, debido a que la pendiente longitudinal general es relativamente baja, lo que reduce la capacidad de confinamiento y genera una sobreestimación del ancho hidráulico.

En los tramos 2 y 3, donde el cauce presenta un mayor grado de confinamiento y se asocia a laderas con pendientes más pronunciadas, se empleó una envolvente entre los criterios geomorfológicos e hidrológicos, con el fin de obtener una representación más ajustada de la banca llena. En estos sectores, la mayor cobertura vegetal y la menor definición de rasgos superficiales limitan la precisión del análisis geomorfológico, por lo que su integración con el componente hidráulico resulta fundamental. No obstante, esta delimitación fue validada y ajustadas en sectores específicos, apoyados de los perfiles transversales obtenidos a partir de levantamientos topográficos realizados en campo y las visitas de campo que permitió considerar el criterio geomorfológico únicamente.

Finalmente, en el tramo 4, la delimitación del cauce permanente se definió con mayor detalle a partir del criterio geomorfológico, debido a la clara expresión de la cicatriz del cauce, las condiciones de accesibilidad y la verificación directa en campo, lo que permitió una identificación más precisa del ancho activo en este sector.

El resultado de lo explicado genera el polígono final de cauce permanente de la ronda hídrica de las quebradas Tinajas y Cundina (**Figura 47**); su principal descriptor es el ancho y área, por lo que en la **Tabla 23** se presenta el valor de ancho promedio, mínimo y máximo obtenido, así como el área delimitada como cauce permanente. Espacialmente, el cauce permanente de la ronda hídrica de estas quebradas presenta el ancho menor en la zona alta de la U.H. y el ancho mayor en la zona plana, antes de la confluencia con la quebrada El Oso.

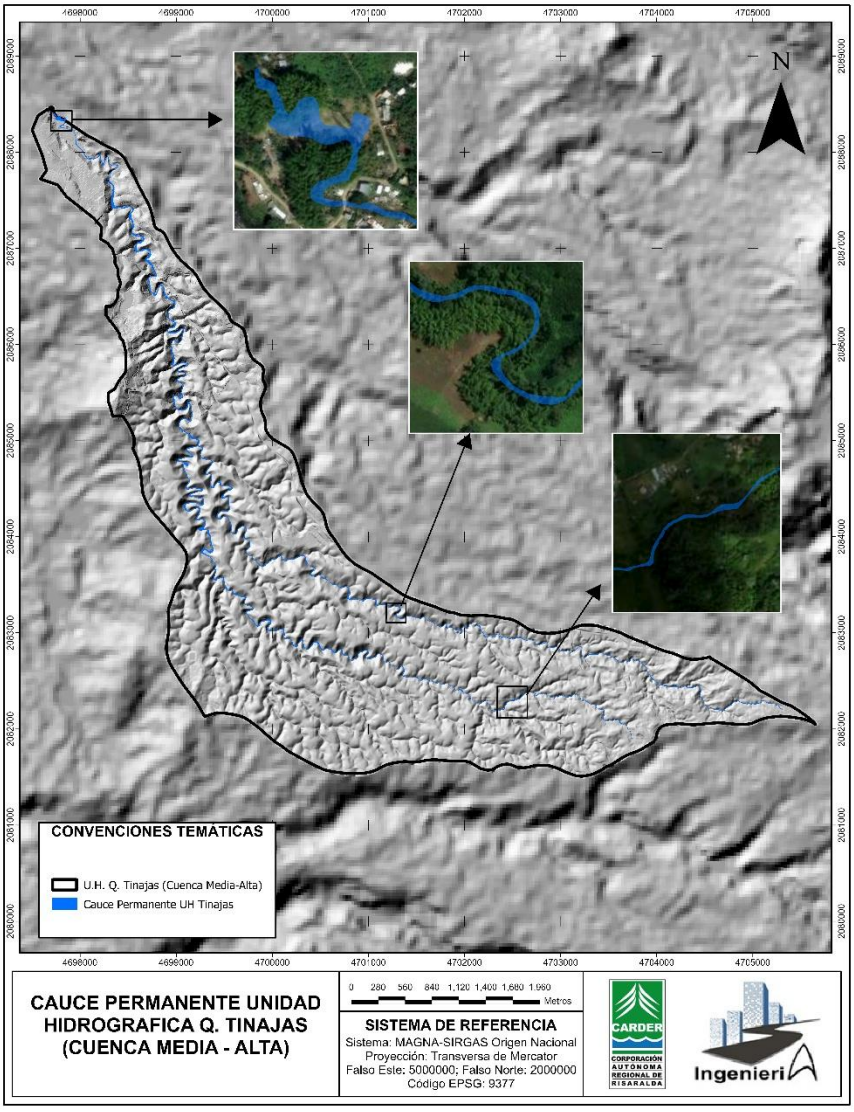


Figura 47 Cauce permanente Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (cuenca media – alta)
Fuente: Elaboración propia

Tabla 23 Medidas cauce permanente Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (cuenca media – alta)

Cuerpo de agua	Ancho promedio (m)	Ancho mínimo (m)	Ancho máximo (m)	Longitud total (km)	Área definida como cauce permanente (ha)
Q. Tinajas	25	3.5	50	16.29	15.72

Cuerpo de agua	Ancho promedio (m)	Ancho mínimo (m)	Ancho máximo (m)	Longitud total (km)	Área definida como cauce permanente (ha)
Q. Cundina	11	4.4	24	9.50	6.86

Fuente: Elaboración propia

7.3.2 Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro

Para el caso de la quebrada El Erazo (tramos 1 y 2) y la quebrada Llano Grande (tramos 1 y 2), se evidencia un comportamiento similar, donde el criterio predominante fue el hidrológico- hidráulico. Esto se debe a las altas pendientes, la densa cobertura vegetal y el carácter confinado, el cual se encuentra encajado principalmente en roca. Bajo estas condiciones, la expresión geomorfológica del cauce es limitada y poco evidente, lo que reduce la confiabilidad del criterio geomorfológico para la delimitación. En este contexto, la estimación de la banca llena a partir del componente hidrológico permitió obtener una representación más consistente del cauce permanente. No obstante, en sectores puntuales se realizaron ajustes a partir de la verificación en campo, integrando observaciones directas y mediciones que permitieron precisar localmente la delimitación.

Para los tramos 3 y 4, donde se presentan más notorias condiciones de expresión geomorfológica, con mayor visibilidad de la cicatriz del cauce y de geoformas fluviales activas, la delimitación se apoyó principalmente en criterios geomorfológicos. En estos sectores, la mayor claridad en la dinámica superficial del cauce permitió definir con mayor precisión, adoptándose este como referencia para la delimitación del cauce permanente. definición del límite físico de la ronda hídrica.

El resultado de lo explicado genera el polígono final de cauce permanente de la ronda hídrica de las quebradas El Erazo y Llano Grande (**Figura 48)**; su característica de mayor incidencia, es el ancho y área, por lo que en la **Tabla 24** se presenta el valor de ancho promedio, mínimo y máximo obtenido, así como el área delimitada como cauce permanente. Espacialmente, el cauce permanente de la ronda hídrica de estas quebradas presenta el ancho menor en el tramo aguas debajo de la confluencia del Erazo con Llano Grande y el ancho mayor, aguas arriba de la zona de confluencia de ambas corrientes.

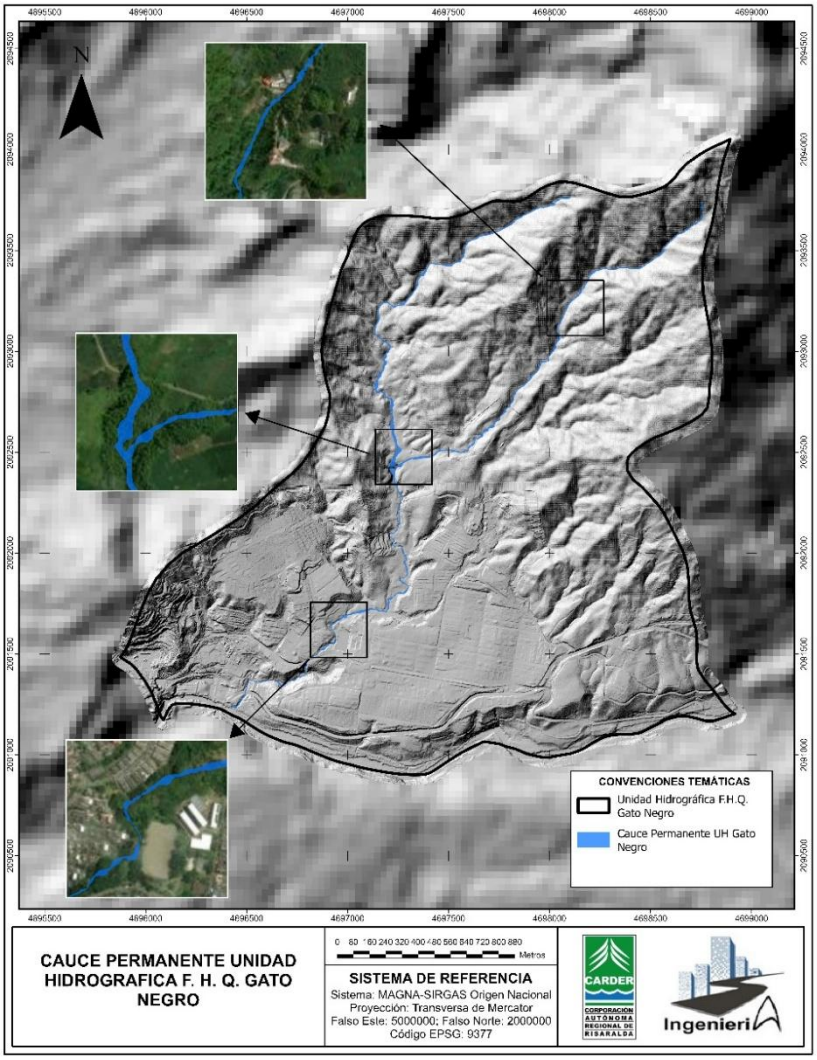


Figura 48 Cauce permanente Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro
Fuente: Elaboración propia

Tabla 24 Medidas cauce permanente Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro

Cuerpo de agua	Ancho promedio (m)	Ancho mínimo (m)	Ancho máximo (m)	Longitud total (km)	Área definida como cauce permanente (ha)
Q. El Erazo	13	2	31.4	4.28	2.83

Cuerpo de agua	Ancho promedio (m)	Ancho mínimo (m)	Ancho máximo (m)	Longitud total (km)	Área definida como cauce permanente (ha)
Q. Llano Grande	8	3	17.7	2.29	1.41

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 8. DEFINICIÓN DEL LÍMITE FÍSICO DE LA RONDA HÍDRICA

8.1 Delimitación del componente geomorfológico

8.1.1 Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Baja)

8.1.1.1 Contexto geológico regional de la Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta)

La unidad hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca media - alta) se localiza en el flanco occidental de la Cordillera Central de Colombia y se desarrolla sobre el denominado Abanico o Glacis del Quindío- Risaralda, formalmente cartografiado como Formación Armenia por el Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2016). Esta unidad corresponde a un sistema cuaternario poligenético de gran escala, integrado por depósitos volcánicos, volcaniclásticos y fluvio-torrenciales, generados a partir de la interacción entre actividad volcánica y procesos fluviales de alta energía. Desde el punto de vista geomorfológico, el abanico corresponde a un ambiente fluvial de piedemonte, caracterizado por superficies planas a suavemente onduladas que registran la superposición de sucesivos pulsos volcanosedimentarios y procesos de retrabajamiento hídrico.

Estos depósitos cuaternarios yacen en discordancia sobre un basamento compuesto por unidades ígneas, metamórficas y sedimentarias con edades entre el Cretácico y el Terciario. Este basamento se encuentra intensamente deformado y segmentado por un sistema complejo de fallas regionales, cuyo arreglo estructural está controlado principalmente por el Sistema de Fallas de Romeral, destacándose las fallas San Jerónimo, Silvia- Pijao y Cauca- Almaguer. La interacción entre tectónica activa y sedimentación volcaniclástica ha condicionado tanto la geometría del abanico como la organización de los drenajes actuales.

En términos morfodinámicos, el abanico puede subdividirse en tres grandes dominios: proximal, intermedio y distal. Cada uno presenta expresión topográfica y dinámica sedimentaria diferenciada, asociadas a variaciones en pendiente, energía de flujo y competencia hidráulica. Estos dominios responden a distintos ciclos de aporte sedimentario vinculados a fases de tectonismo, volcanismo y variabilidad climática cuaternaria. En términos generales, los sistemas montañosos presentan pendientes >10 %, ambientes torrenciales entre 4- 10 %, mientras que los cuerpos de abanico activo se desarrollan típicamente entre 1- 4 %, disminuyendo progresivamente hacia valores inferiores en sectores distales y planicies asociadas (Leopold, 1964).

La quebrada Tinajas nace aproximadamente a 1684 m s. n. m. dentro del cuerpo intermedio del abanico, desarrollando una microcuenca de 14.54 km² y un pendiente longitudinal promedio de 2.51 %, coherente con un sector medio- intermedio de abanico de piedemonte (**Figura 49)**. El drenaje presenta una orientación predominante este–noroeste hasta confluir con la quebrada El Oso por debajo de los 1274 m s. n. m., lo que implica un descenso altitudinal cercano a 410 m a lo largo del sistema.

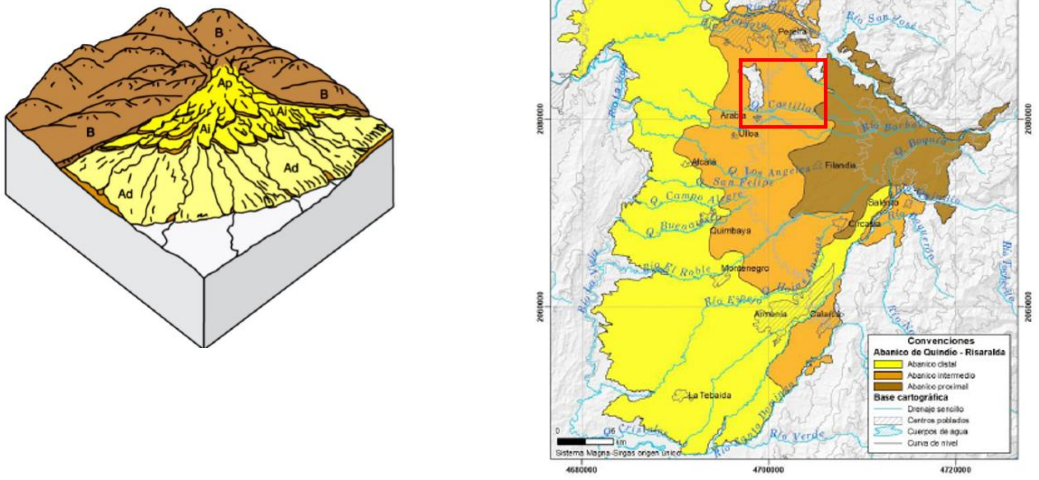


Figura 49 Ubicación aproximada de la microcuenca Tinajas dentro de las subdivisiones morfodinámicas del abanico del Quindío-Risaralda

Fuente: Espinosa-Baquero (2020)

En la **Figura 50** se presenta el mapa geológico regional en el que se localiza la unidad hidrográfica de quebrada Tinajas Cuenca media y alta, permitiendo reconocer de manera gráfica y espacial la distribución de las unidades litológicas en el área de estudio. Este contexto evidencia la extensión y dimensión del abanico volcánico del Quindío–Risaralda en relación con las rocas de basamento de edad Terciaria y Cretácica, las cuales controlan el marco geológico regional.

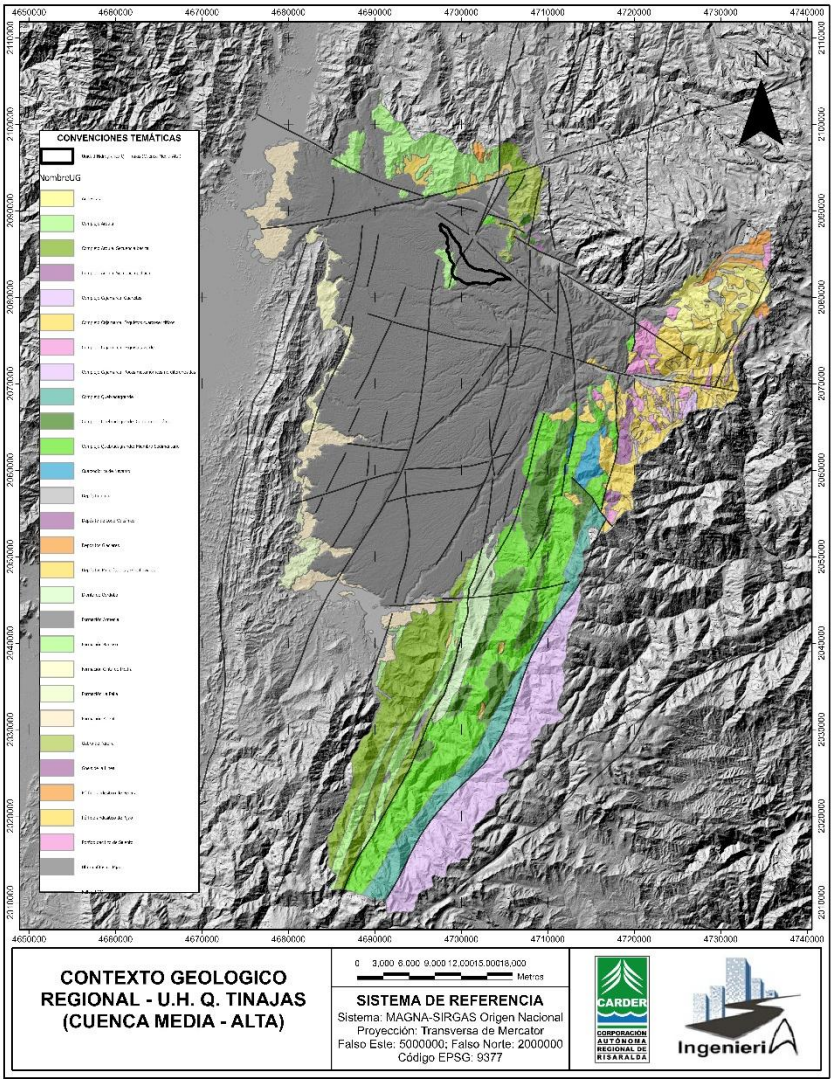


Figura 50 Contexto geológico regional de la Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – alta)

Fuente: Elaboración propia

A nivel local, la unidad hidrográfica se distribuye en un 27 % sobre la Formación Barroso y un 73 % sobre la Formación Armenia. Desde el punto de vista litológico, predominan en esta última, depósitos de flujos de escombros volcánicos, polimícticos, heterométricos y pobremente seleccionados, con clastos subangulosos a subredondeados de andesitas y basaltos inmersos en una matriz areno-limosa. Se reconocen además intercalaciones de arenas volcanoclásticas, limos y arcillas, con variaciones laterales que evidencian procesos de retrabajamiento fluvial y transiciones hacia flujos hiperconcentrados. Esta heterogeneidad textural condiciona de manera directa la estabilidad de taludes, la capacidad de infiltración y la respuesta hidrológica de la microcuenca.

Hacia el sector occidental se identifica un contacto estructural y litológico con unidades cretácicas del basamento, correspondientes a la Formación Barroso, que configuran un paleoalto estructural en el sector de Altagracia. Esta unidad está compuesta principalmente por rocas volcánicas básicas (basaltos), con intercalaciones de tobas, brechas y otros depósitos volcaniclásticos. Dicho alto estructural actúa como un control morfotectónico regional, condicionando la organización del drenaje.

En este contexto, la proximidad al basamento, junto con la influencia de la falla Cauca-Almaguer, induce un cambio en la dirección del cauce principal, pasando de una orientación predominantemente este- oeste a un trazado hacia el noroeste. Este control estructural no solo modifica la geometría planimétrica del canal, sino que también se asocia a variaciones locales del gradiente longitudinal, generando ajustes en parámetros morfométricos como la pendiente, la sinuosidad y el grado de confinamiento. En conjunto, estos rasgos evidencian la interacción entre la tectónica heredada y la dinámica fluvial cuaternaria (**Figura 51**).

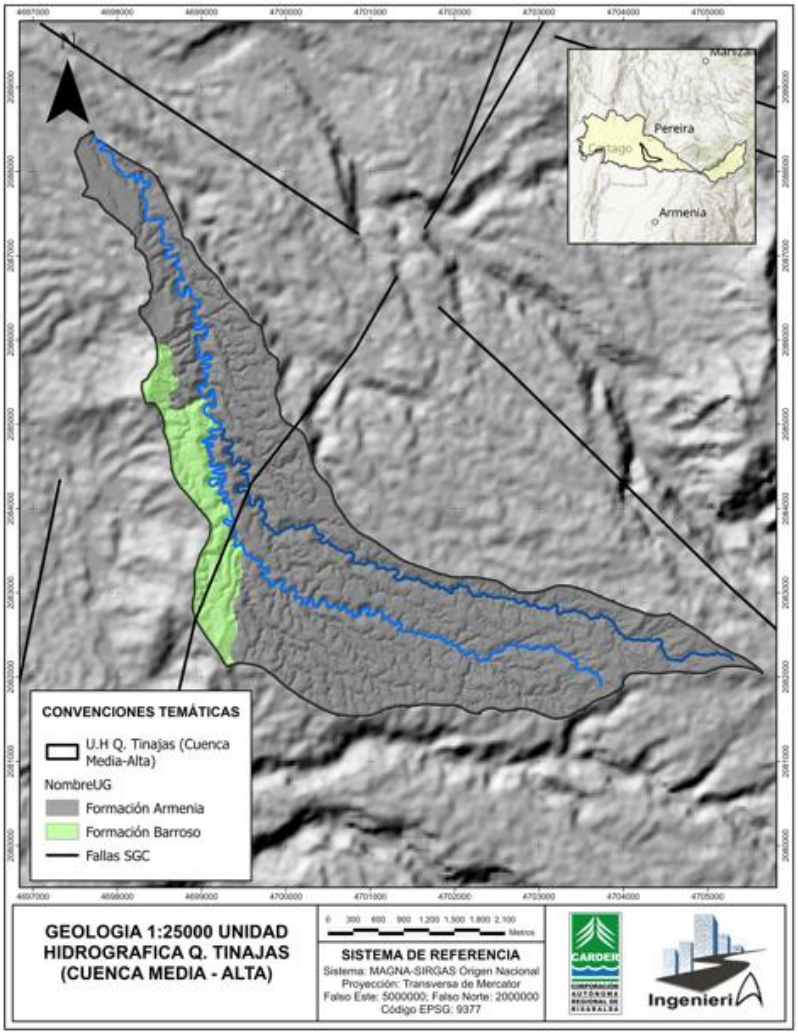


Figura 51 Mapa geología de la Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca media – alta)
Fuente: Elaboración propia

8.1.1.2 Contexto geomorfológico para la identificación y clasificación de las geoformas asociadas a la ronda hídrica a escala 1:25.000- Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta)

Para el análisis geomorfológico del área de estudio se tomó como referencia la cartografía disponible en el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río La Vieja (POMCA), en la cual se integran dos enfoques metodológicos. Por una parte, la clasificación morfopedológica desarrollada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, basada en la metodología de Zinck (2012), que interpreta el paisaje a partir de la relación entre relieve, posición topográfica y material parental, con énfasis en la interacción suelo-paisaje. Por otra parte, la cartografía geomorfológica de carácter genético utilizada por el Servicio Geológico Colombiano bajo los criterios metodológicos de Carvajal (2012), que define las unidades a partir de su origen y de los procesos geomorfológicos dominantes.

Para el área de estudio, analizada a escala 1:25.000, la cartografía del Servicio Geológico Colombiano presenta un nivel de generalización relativamente alto, en el cual amplios sectores del territorio quedan agrupados dentro de una misma unidad genética. Esta condición limita la capacidad de discriminación espacial necesaria para diferenciar unidades geomorfológicas que pueden incidir en la estimación del parámetro N dentro del componente ecosistémico (por ejemplo, la distinción entre una terraza aluvial baja activa y una planicie de inundación). Por el contrario, la cartografía del Instituto Geográfico Agustín Codazzi presenta un mayor nivel de detalle morfopedológico a esta escala, por lo que se adoptará como mapa base para la delimitación cartográfica a escala 1:25.000.

No obstante, para el procesamiento e identificación de geoformas a mayor nivel de detalle se aplicarán los criterios de análisis geomorfológico genético propuestos por el Servicio Geológico Colombiano, desarrollados metodológicamente por Carvajal. Este enfoque permite interpretar el relieve a partir de su origen y de los procesos geomorfológicos dominantes, facilitando la diferenciación entre formas activas y relictas dentro del paisaje. Asimismo, posibilita reconocer geoformas fluviales específicas como terrazas aluviales, planicies de inundación, abanicos aluviales y taludes de valle desde una perspectiva procesual, lo que contribuye a comprender su relación funcional con la dinámica del cauce, los procesos de incisión y sedimentación, y la conectividad hidrológica del sistema. Esta aproximación resulta particularmente pertinente para estudios asociados a la delimitación de rondas hídricas, ya que permite refinar la interpretación geomorfológica del terreno y discriminar unidades que no siempre son evidentes en la cartografía regional.

- **GEOMORFOLOGÍA 1:25.000 IGAC**

En términos generales, el ambiente morfológico predominante en un 80% corresponde al piedemonte, asociado a procesos de acumulación y denudación vinculados a sistemas de abanicos aluviales y superficies suavemente onduladas. Este ambiente representa la mayor proporción del área analizada, lo cual refleja una transición geomorfológica típica entre zonas montañosas y superficies de valle.

En menor proporción (20%) se identifican ambientes de montaña asociados a relieves estructurales (Sector Altagracia- Fm. Barroso) y, de forma muy localizada, unidades fluviales activas vinculadas al valle aluvial (Sector Cuba- parte baja). Esta configuración evidencia un sistema geomorfológico jerárquico en el que las áreas de montaña aportan material y energía a las superficies de piedemonte, mientras que las zonas de valle funcionan como espacios de transporte, almacenamiento y redistribución de sedimentos.

Al analizar el tipo de relieve, se observa que predominan claramente las colinas y lomeríos de piedemonte, los cuales representan aproximadamente 53.6 % del área total, constituyéndose en la unidad geomorfológica dominante del paisaje. Estas formas corresponden a superficies denudacionales suavemente onduladas desarrolladas sobre depósitos volcaniclásticos y materiales retrabajados del piedemonte. En segundo orden de importancia aparecen las laderas estructurales de montaña y las superficies asociadas a abanicos o piedemonte suavemente ondulado, cada una con aproximadamente 20 % del área, lo que evidencia la coexistencia de procesos estructurales y deposicionales en el modelado del relieve. Finalmente, las superficies de abanico relativamente planas, los valles aluviales y las formas fluviales activas ocupan proporciones menores, en conjunto inferiores al 7 % del área. Lo anterior se resume en la **Tabla 25** y se presenta su distribución espacial en la **Figura 52**.

Tabla 25 Unidades geomorfológicas de la Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca media – Alta)

Tipo de relieve (código GDB ANLA)	Interpretación geomorfológica	Área (km²)	Porcentaje (%)
4066	Lomeríos- Colinas denudacionales de piedemonte	7.789	53.6
4051	Espinazo- Laderas estructurales de montaña	2.911	20
4001	Abanico- Superficies de piedemonte ondulado	2.909	20.01
4098	Vallecito- Valle aluvial	0.063	0.44

Fuente: Elaboración propia

Desde el punto de vista de las formas de terreno, la geoforma predominante corresponde a lomeríos y colinas del piedemonte, caracterizados por pendientes moderadas y superficies suavemente convexas que controlan el patrón de drenaje y la redistribución de escorrentía superficial. Estas geoformas se encuentran interrumpidas por superficies de abanico y por pequeños corredores de valle donde se concentran los drenajes principales. Las formas fluviales activas, tales como planicies de inundación o lechos aluviales, son espacialmente reducidas; sin embargo, poseen una importancia geomorfológica y funcional considerable dentro del sistema hidrogeomorfológico.

En relación con la ronda hídrica, la configuración geomorfológica descrita tiene implicaciones directas en la dinámica hidrológica y ecológica de los cauces. Las unidades asociadas a valles aluviales y planicies de inundación, aunque ocupan una proporción reducida del territorio, constituyen las áreas más directamente vinculadas a la dinámica fluvial, ya que concentran procesos de inundación, transporte de sedimentos y conectividad lateral entre el cauce y el paisaje adyacente.

Estas unidades desempeñan un papel fundamental en la regulación de crecientes, la disipación de energía hidráulica y el mantenimiento de hábitats ribereños, por lo que resultan prioritarias dentro de la delimitación y manejo de la ronda hídrica.

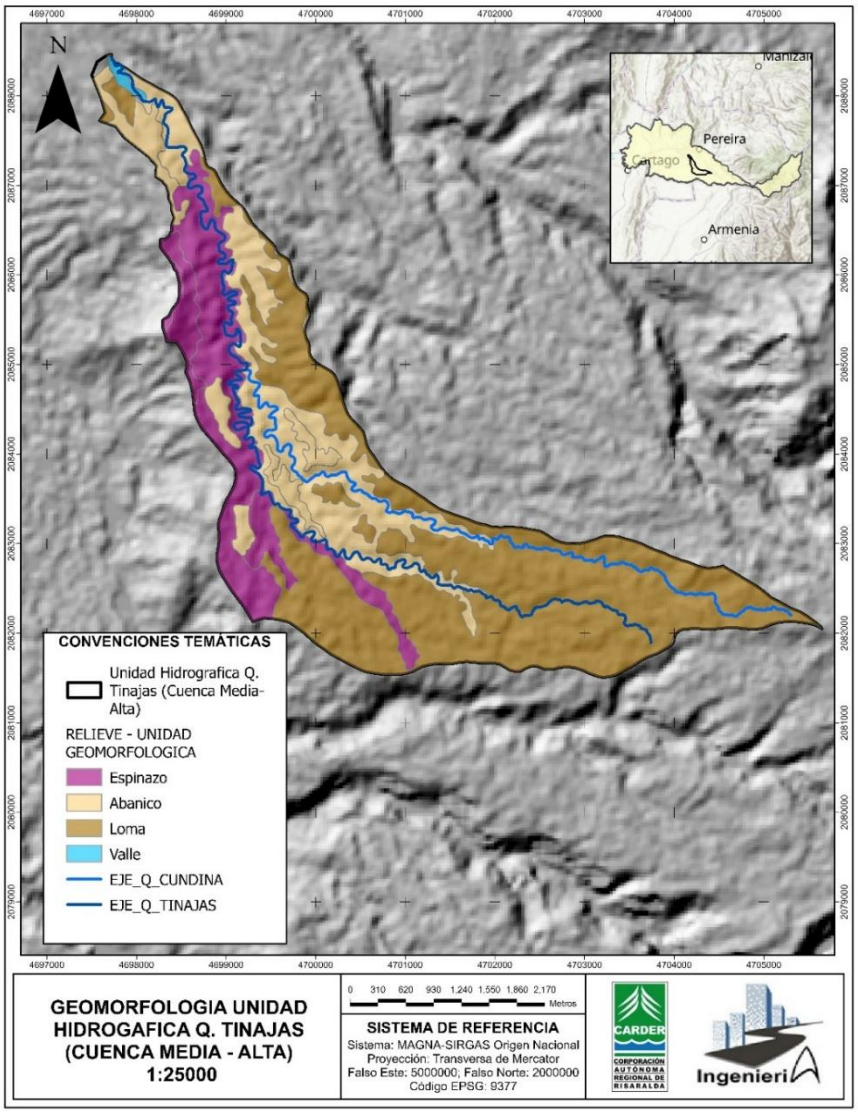


Figura 52 Geomorfología a escala 1:25.000 Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca media – Alta)

Fuente: Elaboración propia

Por su parte, las superficies de abanico y piedemonte cumplen una función relevante en términos de infiltración y recarga hídrica, debido a la naturaleza generalmente permeable de los materiales que las conforman y a su posición geomorfológica intermedia entre la montaña y el valle. Estas unidades actúan como zonas de transición donde parte de la

escorrentía superficial puede infiltrarse y alimentar sistemas subsuperficiales, contribuyendo indirectamente al sostenimiento de los caudales base de los drenajes. Finalmente, las laderas estructurales y los lomeríos denudacionales representan áreas potenciales de aporte de escorrentía y sedimentos hacia los cauces, particularmente en sectores donde las pendientes son mayores o donde existe una cobertura vegetal reducida. Por esta razón, estas unidades geomorfológicas influyen en la generación de escorrentía concentrada y en los procesos de erosión que pueden afectar la estabilidad de los márgenes fluviales.

En conjunto, la distribución de ambientes morfológicos, tipos de relieve y formas del terreno evidencia que el área de estudio corresponde a un sistema geomorfológico dominado por relieves de piedemonte con influencia de procesos fluviales y aportes desde zonas montañosas, lo cual condiciona tanto la dinámica hidrogeomorfológica del territorio como los criterios para la delimitación y gestión de la ronda hídrica. La comprensión de esta estructura geomorfológica resulta fundamental para interpretar la relación entre el relieve, la escorrentía, la recarga hídrica y la dinámica de los cauces dentro del área analizada. De la **Figura 53** a la **Figura 55**, se presenta el registro fotográfico de la geomorfología regional de la zona.



Figura 53 Fotografía sector Cuba- parte baja Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca media – Alta).
Fuente: Elaboración propia

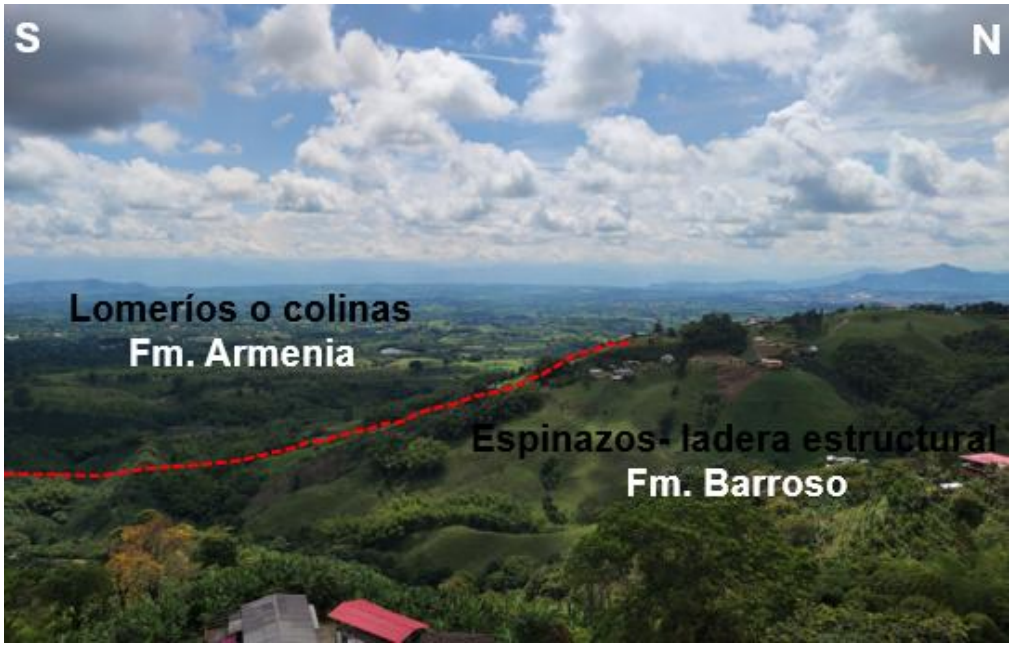


Figura 54 Fotografía sector mirador de Altagracia- Geomorfología del sector de la Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca media – Alta).
Fuente: Elaboración propia



Figura 55 Geomorfología del sector de la Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca media – Alta) - Vía Altagracia- Pereira.
Fuente: Elaboración propia.

8.1.1.3 Análisis de procesos morfodinámicos

La U.H.Q. Tinajas (Cuenca Media- Alta) se desarrolla íntegramente sobre el cuerpo de un gran abanico aluvial, cuyo sustrato heterométrico (gravas, arenas y limos de origen fluviovolcánico) recubierto por espesos flujos piroclásticos (cenizas) de escasa cohesión, condiciona de manera directa la intensidad y modalidad de los procesos morfodinámicos activos. Se han diferenciado cuatro tramos diferenciados, cuya evolución responde a la variación progresiva de la pendiente longitudinal y al grado de confinamiento lateral. La revisión del inventario de procesos de la DIGER (1998–2025) y su validación en campo permitió establecer que la mayoría de los eventos registrados corresponden a movimientos en masa puntuales y desconectados del cauce principal, con posible conexión indirecta a través de drenajes menores, por lo que la unidad hidrográfica no se considera altamente afectada por procesos morfodinámicos de ladera con conectividad directa al cauce.

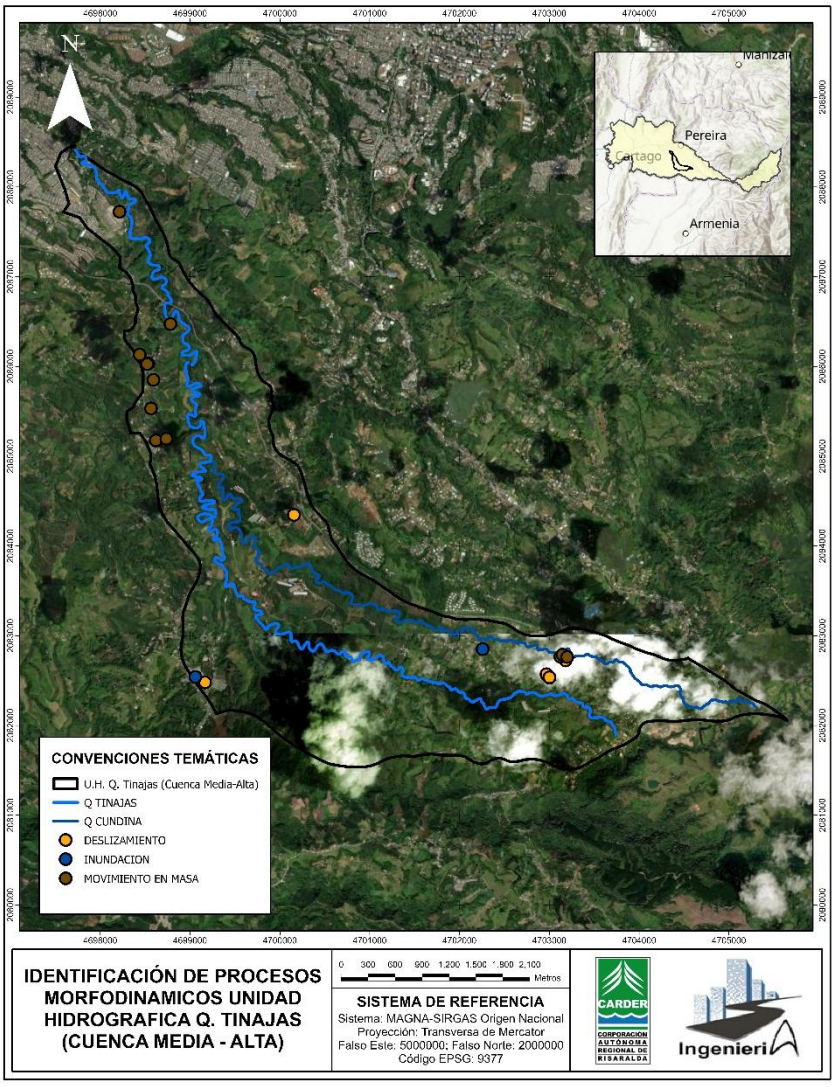
En los tramos superiores (Tramo 1) (sinuoso-rectilíneo) y Tramo 2 (sinuoso-meándrico) predomina la erosión incisional de fondo, favorecida por pendientes de entre 5.49% a 2.10% y por el encajonamiento del cauce que restringe severamente la movilidad lateral. Las crecientes, de corta duración, pero alta intensidad específica dada la reducida extensión de la cuenca, generan episodios de socavación general y localizada sobre los depósitos no consolidados del abanico, sin evidencia de variaciones apreciables en la traza del cauce a lo largo del tiempo.

El Tramo 3 (meándrico muy desarrollado, pendiente: 1.97%) constituye el sector de mayor complejidad morfodinámica, por la convergencia de factores hidráulicos, litológicos y estructurales: el afloramiento de la Formación Barroso en el sector de Alta Gracia, en combinación con la presencia de una zona de falla que fractura y debilita el macizo, favorece la inestabilidad de las márgenes y concentra el mayor inventario de procesos de ladera de la cuenca. Este contexto explica la presencia de bloques métricos superiores al metro de diámetro en el lecho, movilizados gracias al gradiente disponible en este sector, así como desplazamientos laterales del cauce de hasta 6 metros en 20 años.

En el Tramo 4 (meándrico parcialmente confinado, pendiente: 1.54%), la pérdida de competencia hidráulica impide el transporte de los bloques característicos del tramo anterior, mientras predominan la incisión lateral, con desplazamientos de hasta 60 metros en 20 años y la sedimentación activa, expresada en barras (Fbla, Fbl, Fbp), planos de inundación (Fpi) y terrazas bajas.

Complementariamente a la revisión del inventario de la DIGER, se realizó un análisis mediante fotointerpretación de ortofoto e imágenes satelitales multitemporales de Google Earth para identificar procesos morfodinámicos activos a lo largo del cauce, cuyos resultados se presentan en el mapa adjunto. Adicionalmente, la validación en campo con actores sociales permitió documentar en el sector de Villa Capri, cuenca baja de la Quebrada Tinajas una zona con evidencias de intervención antrópica acumulada que ha alterado las condiciones naturales de estabilidad del terreno, generando procesos de

movimientos en masa de carácter mixto antrópico-natural que se presentan en la **Figura**



56. En la **Figura 57** se presenta la ubicación de los procesos morfodinámicos recopilados por DIGER, y los identificados con la revisión de imágenes satelitales temporales.

	**Año 2005:** La imagen muestra el sector en una condición predominantemente natural o seminatural, con cobertura vegetal continua de pastos y vegetación arbustiva que evidencia una ladera morfológicamente estable. No se registran cicatrices de deslizamiento, cortes de talud ni movimientos de tierra visibles, constituyendo este año la línea base previa a cualquier intervención sobre la ladera.
	**Año 2015:** Se registra un cambio respecto a la condición anterior. Se evidencia una intervención antrópica intensa mediante cortes de talud, descapote y movimientos de tierra asociados a procesos de urbanización. Las flechas negras señalan las cicatrices activas de deslizamiento desencadenadas por la remoción de cobertura vegetal y la alteración de la morfología natural de la ladera, con material movilizado con conexión con la Quebrada Tinajas. Este período representa el momento de mayor vulnerabilidad geomorfológica del sector.
	**Año 2023:** El área que en 2005 era ladera natural y en 2015 presentaba procesos activos aparece completamente ocupada por urbanización los 2500 Lotes de alta densidad. La impermeabilización del terreno ha modificado irreversiblemente las condiciones naturales de escorrentía e infiltración, incrementando la exposición a futuros eventos de movimiento en masa.

Figura 56 Análisis temporal de procesos morfodinámicos asociados a movimientos en masa en la zona baja de la U.H.Q. Tinajas (cuenca media y alta)

Fuente: Elaboración propia

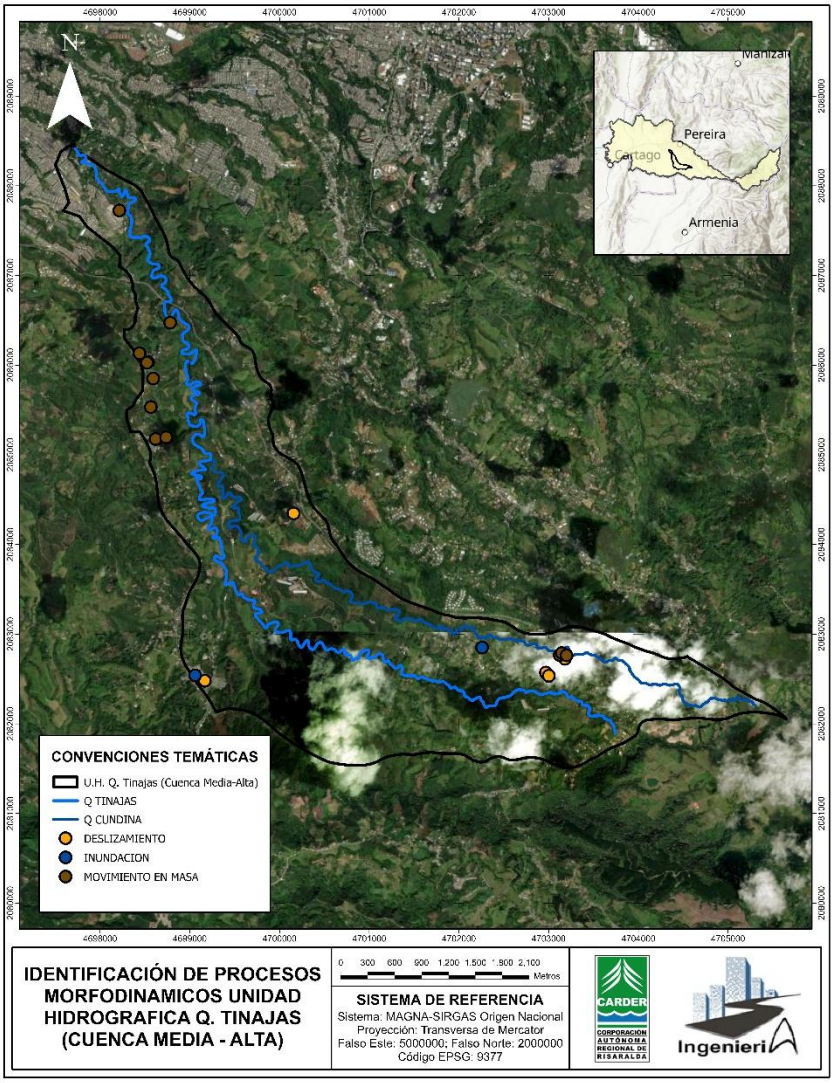


Figura 57. Mapa de proceso morfodinámicos identificados U.H.Q. Tinajas (cuenca media y alta)
Fuente: Elaboración propia

8.1.1.4 Identificación y clasificación de las geoformas en los tramos priorizados a escala de detalle 1:1.000

La delimitación y caracterización de las geoformas de detalle a escala 1:1000, se realizó mediante la integración de insumos como el modelo digital del terreno (MDT), mapa de sombras, perfiles topográficos, análisis de cambios de pendiente, curvas de nivel, ortofotomosaicos e imágenes multitemporales de Google Earth, las cuales permitieron identificar variaciones en la cobertura y la expresión de unidades alrededor del cauce permanente.

Las geoformas fueron delimitadas siguiendo la metodología de jerarquización geomorfológica propuesta por Carvajal (2012) y adoptada por el Servicio Geológico Colombiano (SGC). A partir de este análisis se identificaron geoformas asociadas a dos ambientes morfogenéticos principales: denudacional, con herencia fluviovolcánica, y fluvial. La cartografía se desarrolló en una franja adyacente a las quebradas, considerando principalmente la variación de pendientes y la expresión morfológica de las unidades geomorfológicas. En la **Tabla 26** se presenta la jerarquización geomorfológica hasta el nivel de componente o geoforma, incluyendo el área y el porcentaje de participación de cada unidad.

Tabla 26 Jerarquización geomorfológica hasta nivel de geoforma de la UH Q. Tinajas (Cuenca media- alta)

Geomorfoestructura	Provincia geomorfológica	Región geomorfológica	Unidades	Subunidades	Geoforma	Código	Área (km²)	Área (ha)	% del total
Cordillera, Órogeno	Cordillera Central	Ambiente Fluvial	Cauce aluvial	Canal activo	Cauce aluvial	Fca	0.16	15.59	8.80%
		Ambiente Fluvial	Cauce Fluvial	Barra aluvial	Barra lateral	Fbla	0.00	0.04	0.02%
		Ambiente Fluvial	Cauce Fluvial	Barra aluvial	Barra longitudinal	Fbl	0.00	0.01	0.01%
		Ambiente Fluvial	Llanura de inundación	Plano de inundación	Plano anegadizo	Fpa	0.00	0.02	0.01%
		Ambiente Fluvial	Llanura de inundación	Plano de inundación	Plano o llanura de inundación	Fpi	0.02	1.91	1.08%
		Ambiente Fluvial	Terraza fluvial	Terraza reciente	Terraza de acumulación baja	Fta1	0.00	0.28	0.16%
		Ambiente Fluvial	Terraza fluvial	Terraza subreciente	Terraza de acumulación media	Fta2	0.00	0.12	0.07%
		Ambiente Denudacional	Glacis	Ladera	Ladera erosiva	Dle	1.53	152.73	86.19%
		Ambiente Denudacional	Glacis	Ladera	Ladera ondulada	Dlo	0.01	1.29	0.73%
		Ambiente Denudacional	Glacis	Escarpe	Escarpe de erosión mayor	Deem	0.04	4.00	2.26%
		Ambiente Denudacional	Glacis	Colina	Cerro residual	Dcrs	0.01	1.11	0.63%
		Ambiente Denudacional	Depósitos coluvio-aluviales	Cono coluvio-aluvial	Cono coluvio-aluvial	Dca	0.00	0.07	0.04%
Total							1.77	177.192	100%

Fuente: Elaboración propia

8.1.1.5 Geoformas de Ambiente Denudacional (86.19%)

Constituye el ambiente dominante del área de estudio. Sus geoformas son producto de procesos de meteorización, erosión y movimientos en masa; sin embargo, es fundamental precisar que la configuración morfológica de base sobre la que actúan estos procesos tiene una herencia fluviovolcánica, resultado de episodios de actividad volcánica y posterior remodelación fluvial intensa, propios de la evolución geológica de la Cordillera Central. Esta herencia se expresa en la composición de los materiales del sustrato depósitos piroclásticos, lahares y flujos retrabajados que condicionan tanto la susceptibilidad erosiva como la morfología actual de las laderas. A continuación, presenta de forma detallada la descripción de las geoformas identificada de este ambiente geomorfológico:

- **Laderas (Glacis):** La ladera erosiva (Del- 86.19%) domina absolutamente el paisaje, reflejando una disección activa sobre materiales de origen fluviovolcánico altamente susceptibles a la erosión. La ladera ondulada (Dlo- 0.73%) representa sectores donde la cobertura vegetal o la menor pendiente han atenuado parcialmente estos procesos.
- **Escarpe de erosión mayor (Deem- 2.26**%): Ruptura abrupta de pendiente asociada a deslizamientos y socavación lateral, indicativa de sectores con mayor inestabilidad geomorfológica, frecuentemente condicionados por la naturaleza poco consolidada de los materiales fluviovolcánicos.
- **Cerro residual (Dcrs- 0.63%):** Elevación aislada que resistió la erosión diferencial, actuando como testigo de la superficie original y de la magnitud de los procesos denudacionales acumulados.
- **Cono coluvio-aluvial (Dca- 0.04%):** Depósito de piedemonte originado por la interacción de aportes gravitacionales y fluviales, desarrollado al pie de ladera y en relación directa con la dinámica de un cauce adyacente.

8.1.1.6 Geoformas de Ambiente Fluvial (13.81%)

Agrupa las geoformas originadas por la acción de corrientes hídricas, tanto en su capacidad erosiva como depositacional. A pesar de su reducida extensión, constituye el eje dinámico activo del sistema geomorfológico actual.

- **Cauce Fluvial:** Comprende el canal activo (Fca – 8.80%), principal geoforma fluvial del área, junto con barras laterales (Fbla) y longitudinales (Fbl), depósitos menores que evidencian fluctuaciones en la carga y velocidad del flujo. Estos corresponden a las geoformas asociadas al cauce permanente geomorfológico
- **Llanura de Inundación:** Incluye el plano anegadizo (Fpa) y la llanura de inundación (Fpi – 1.08%), superficies planas de baja pendiente sujetas a encharcamiento periódico o permanente, con alta relevancia para la gestión del riesgo hídrico.
- **Terrazas Fluviales:** Representadas por niveles de acumulación baja (Fta1) y media (Fta2), son superficies relictas que registran cambios históricos en el nivel de base del río y en la dinámica de incisión fluvial.

En la **Figura 58** se presenta la representación gráfica de las geoformas predominantes en la unidad hidrográfica de la quebrada Tinajas (cuenca media- alta), específicamente en el tramo 1. En este sector, la geomorfología se caracteriza por la presencia de relieve con montículos y lomeríos que alcanzan hasta 35 m de altura, asociados a laderas de pendientes moderadamente abruptas y longitudes cortas, según Carvajal (2012). En este contexto, el cauce aluvial se presenta encajado.

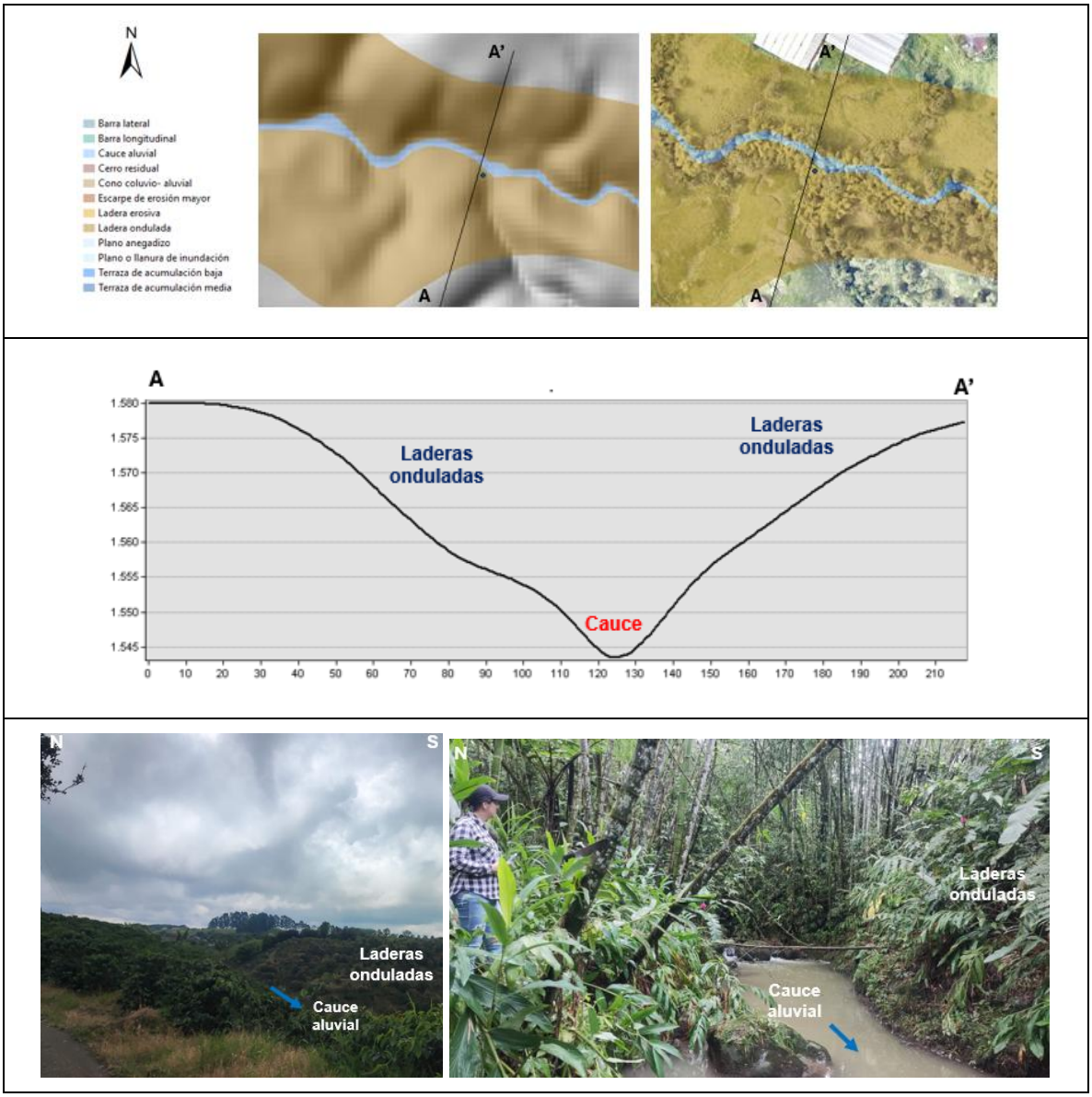


Figura 58. Geoformas denudacionales de U.H.Q. Tinajas (Cuenca media- alta)
Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 59** se presenta la representación gráfica de las geoformas predominantes en los sectores medios a bajos de la unidad hidrográfica (tramo 3). La geomorfología se caracteriza por la presencia de laderas con pendientes abruptas a muy abruptas, que condicionan un cauce aluvial predominantemente encajado. No obstante, en algunos sectores se identifican geoformas fluviales de depositación, como planos de inundación confinados entre 5 y 20 metros y terrazas recientes de hasta 35 metros de ancho, asociadas a ajustes locales en la dinámica del flujo.

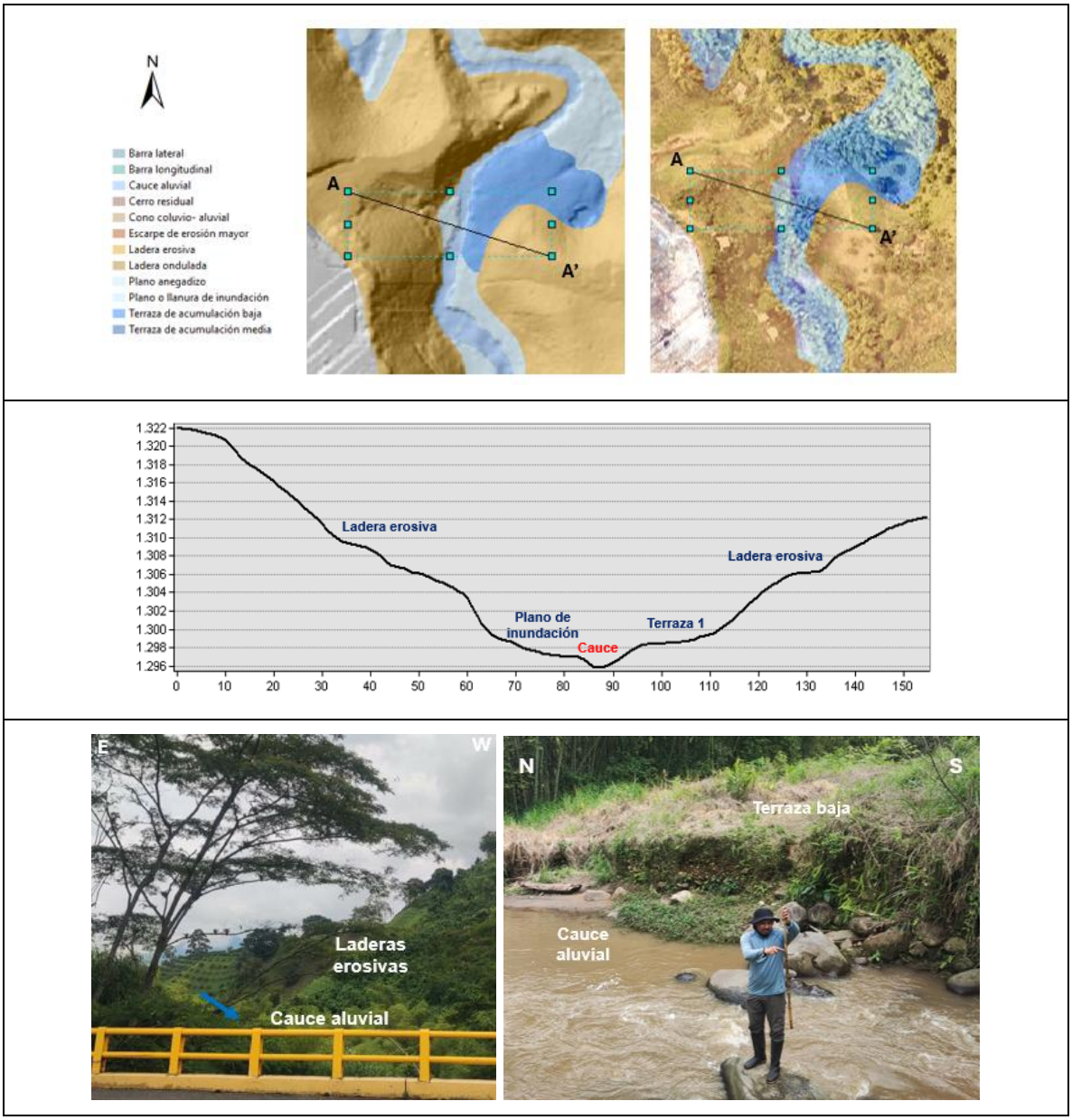


Figura 59. Geoformas denudacionales y fluviales de U.H.Q. Tinajas (Cuenca media-alta)

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 60** se presenta la representación gráfica de las geoformas predominantes en los sectores bajos de la unidad hidrográfica (tramo 4). La geomorfología se caracteriza por un sector de menor pendiente y moderado confinamiento, con presencia de geoformas fluviales como terrazas en dos niveles (recientes y subrecientes) de hasta 80 metros de ancho y planos de inundación de hasta 140 metros de ancho, enmarcados por escarpes erosivos asociados a la Formación Armenia. En este contexto, el cauce presenta una dinámica meándrica, evidenciada por la generación de barras aluviales.

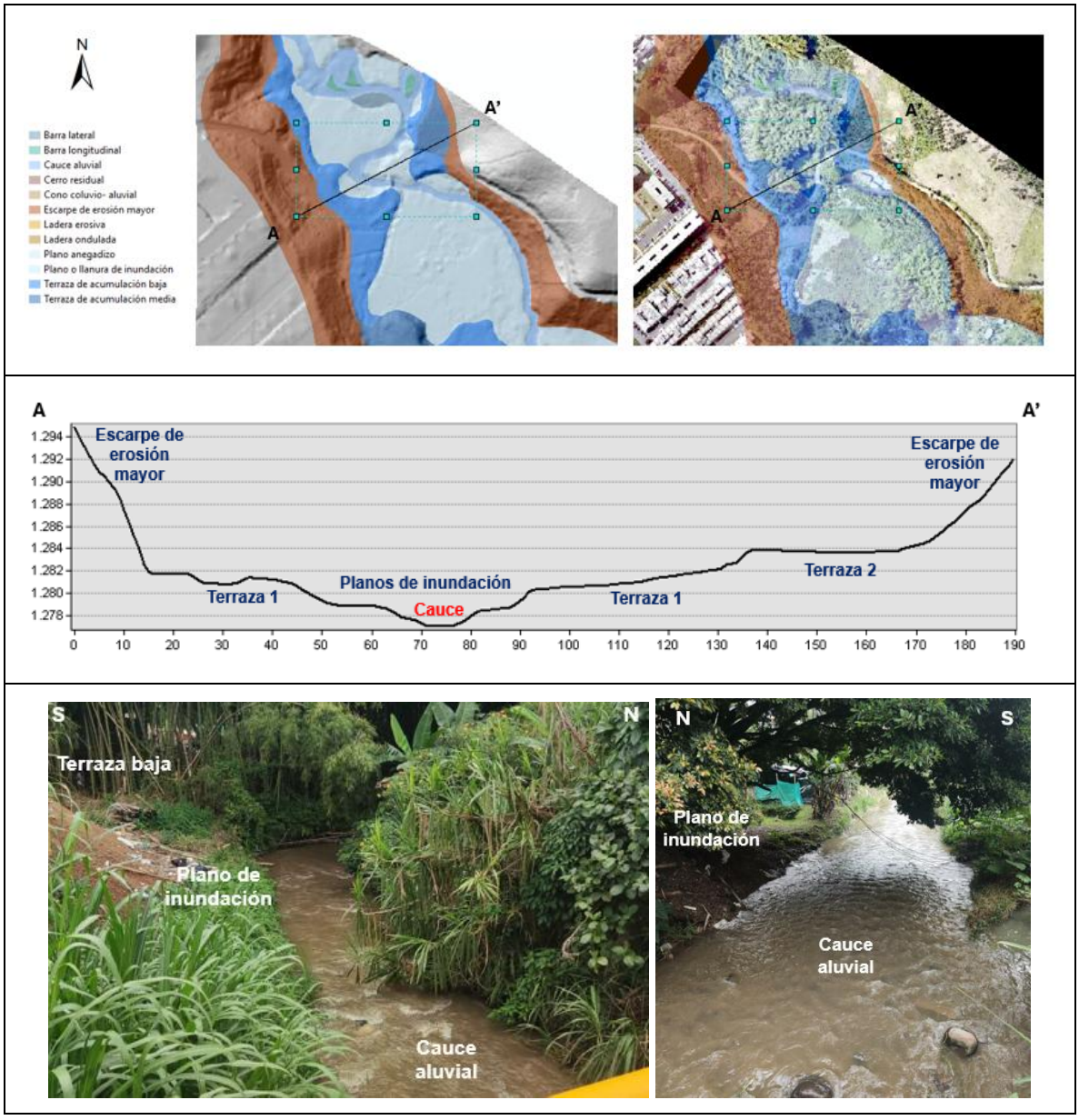


Figura 60. Geoformas fluviales de la parte baja de U.H.Q. Tinajas (cuenca media-alta)

Fuente: Elaboración propia

8.1.1.7 Delimitación del componente geomorfológico Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta)

El límite del componente geomorfológico fue definido a partir del comportamiento morfológico del cauce y de las geoformas fluviales que participan en la dinámica actual de la corriente (**Figura 61**). Para los tramos 1, 2 y 3, debido al alto grado de confinamiento del cauce, el límite geomorfológico se restringe al cauce aluvial y a geoformas asociadas de pequeña expresión, como planos de inundación confinados y terrazas bajas estrechas. Aunque en estos sectores el cauce presenta un trazado sinuoso a meándrico, su desarrollo ocurre bajo condiciones de confinamiento geomorfológico, con incisión marcada y fuerte control litológico, lo que limita de manera importante su capacidad de migración lateral. En consecuencia, la sinuosidad observada no responde a un sistema meándrico activo de llanura, sino a un canal encajado con ajuste lateral restringido. Por tanto, la delimitación de la ronda hídrica geomorfológica no se fundamenta en una faja amplia de migración meándrica, sino en la identificación del dominio funcional inmediato del cauce, donde se concentran procesos recientes de erosión y depósito.

En el tramo 4, la delimitación del cauce y de su dominio geomorfológico asociado se sustentó en un análisis integrado que incluyó la interpretación multitemporal de ortofotografías, la elaboración de perfiles topográficos transversales y la comparación con la evidencia de inundación de eventos hidrológicos extremos. El análisis multitemporal permitió reconocer variaciones en la traza y configuración del canal, evidenciando procesos de movilidad lateral y reocupación de superficies adyacentes. A su vez, los perfiles topográficos mostraron niveles geomorfológicos escalonados con relación directa al cauce actual, mientras que la presencia de depósitos recientes y marcas de inundación permitió inferir la capacidad del sistema para sobrepasar su confinamiento bajo condiciones extraordinarias. En conjunto, estos elementos respaldan la delimitación de un dominio geomorfológico funcional que trasciende el cauce activo y se ajusta a la dinámica fluvial del sector.

La diferenciación entre llanura de inundación y terrazas de acumulación se realizó con base en criterios de conectividad hidráulica, evidencia de inundación reciente y expresión morfológica. La llanura de inundación corresponde a una superficie continua y funcionalmente conectada con el cauce, sin rupturas topográficas marcadas y con interacción frecuente con el flujo. Por su parte, las terrazas de acumulación se diferenciaron en dos niveles: un nivel bajo o reciente, y un nivel medio o subreciente. Las terrazas bajas se presentan como superficies ligeramente elevadas respecto al canal, delimitadas por cambios sutiles de pendiente, que, aunque no evidencian inundación recurrente, por su posición altimétrica y la dinámica del cauce en este sector, pueden ser susceptibles a procesos erosivos y a inundación durante eventos hidrológicos extraordinarios, manteniendo así una conectividad funcional ocasional con el sistema fluvial. En contraste, las terrazas de nivel medio, debido a su mayor altura relativa, presentan una desconexión geomorfológica e hidráulica más marcada, sin evidencia de interacción con la dinámica actual del cauce, por lo que no se consideran dentro del dominio geomorfológico activo ni en la delimitación de la ronda hídrica.

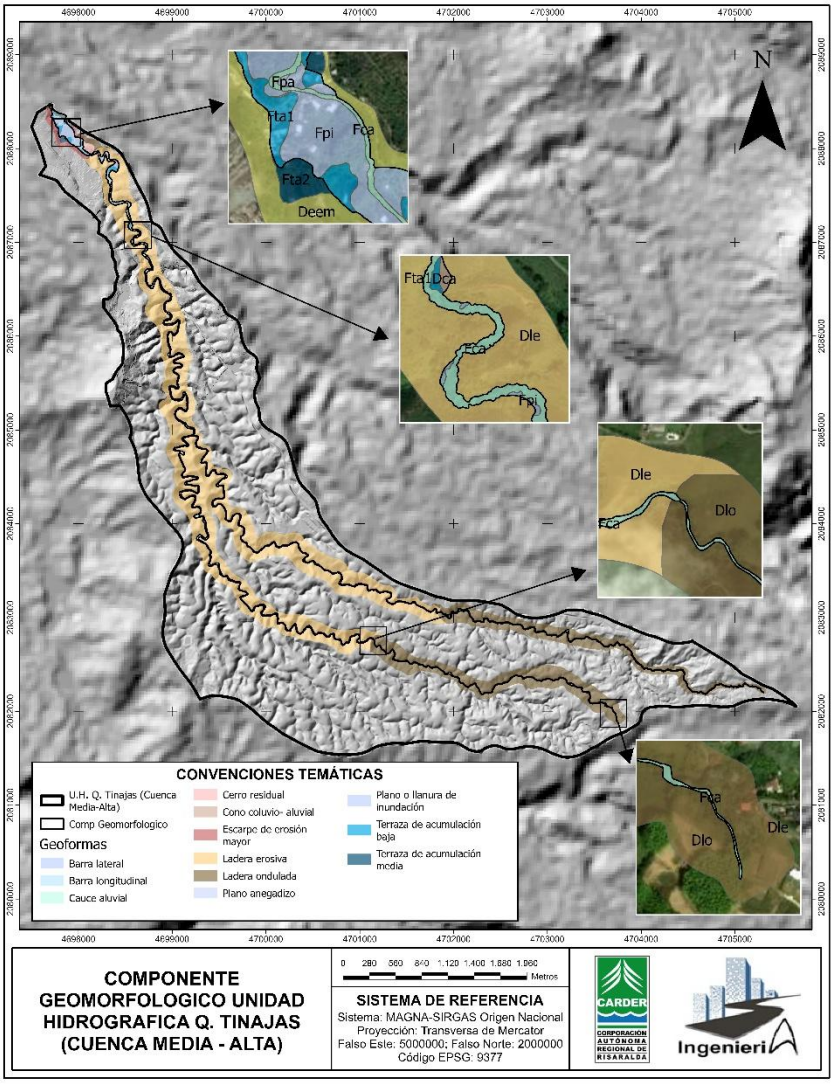


Figura 61. Componente geomorfológico de U.H.Q. Tinajas (cuenca media- alta)
Fuente: Elaboración propia

8.1.2 Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro

8.1.2.1 Contexto geológico regional de la Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro

Para el análisis geológico del área de estudio se tomó como base la cartografía disponible a escala 1:25.000 en el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica- POMCA del río Otún. A nivel regional la unidad hidrográfica F.H.Q. Gato Negro se localiza en una zona de transición entre el relieve montañoso y los sectores asociados al abanico volcaniclástico del Quindío- Risaralda, lo que le confiere un comportamiento típico de cuencas donde coexisten procesos de erosión, tránsito y depositación a lo largo de su perfil

longitudinal. En la parte alta, caracterizada por mayores pendientes, el sistema presenta una mayor disponibilidad de energía, favoreciendo procesos de incisión, remoción en masa y aporte de sedimentos desde las laderas hacia el cauce. Este material es posteriormente transferido hacia sectores de menor pendiente, donde disminuye la capacidad de transporte y se generan condiciones propicias para su almacenamiento temporal y redistribución, configurando así una dinámica integrada que controla la evolución geomorfológica de la cuenca (**Figura 62**).

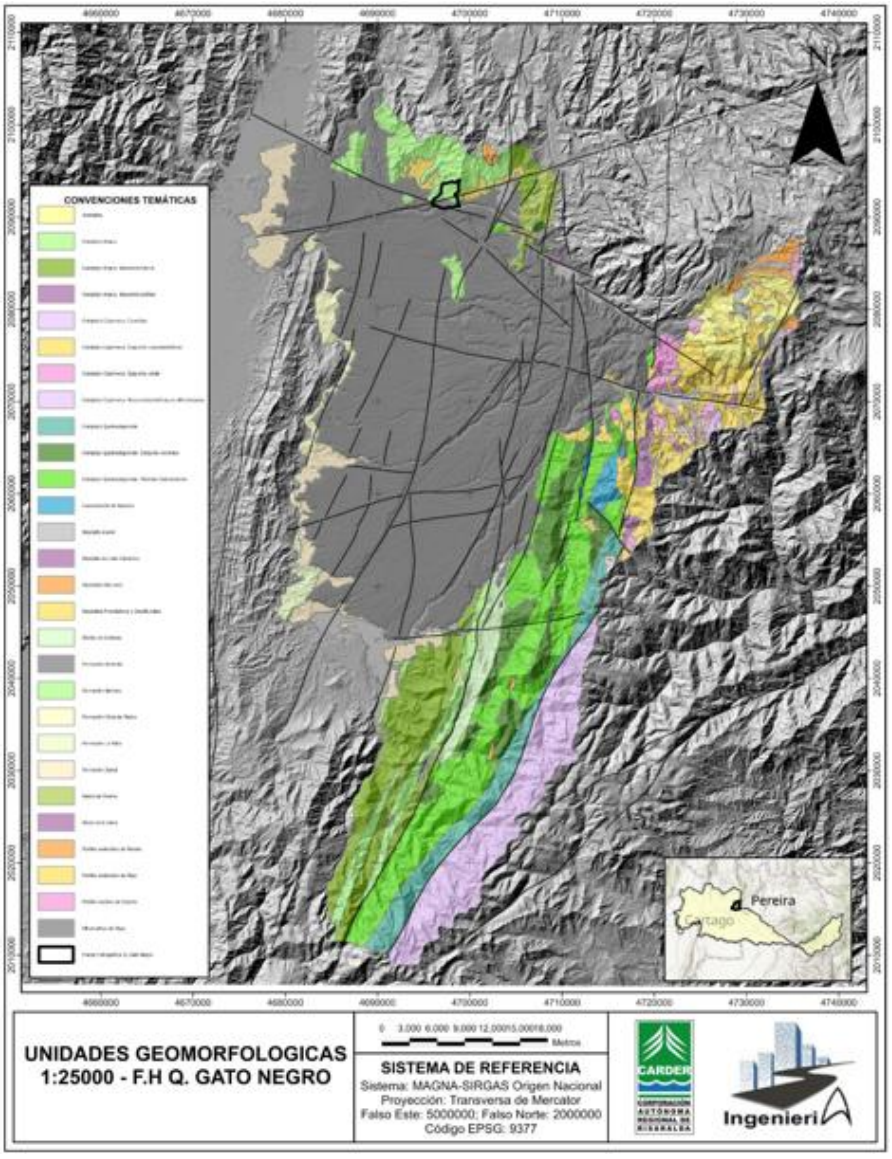


Figura 62 Contexto geológico regional de la Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro

Fuente: Elaboración propia

La unidad hidrográfica F.H.Q Gato Negro, con una extensión total De 5.86 km^2, se ubica en el flanco occidental de la Cordillera Central colombiana, en un ambiente de corriente de

montaña, atravesado por importantes estructuras tectónicas y cubierto en gran parte por depósitos volcánicos de edad Plio-Pleistocena. En el área de estudio afloran unidades geológicas que abarcan desde el cretácico hasta el Cuaternario reciente. Para el sector analizado, las unidades de mayor relevancia corresponden a la Formación Barroso, la Formación Armenia y los depósitos aluviales recientes, las cuales controlan en gran medida las condiciones geomorfológicas locales (**Figura 63**).

La Formación Barroso constituye el sustrato más antiguo reconocido en el sector. Está compuesta principalmente por rocas volcánicas y volcanoclásticas, tales como basaltos, diabasas y brechas volcánicas, que presentan en general mayor grado de consolidación y competencia mecánica, por lo que suelen conformar el basamento sobre el cual reposan las unidades más jóvenes y el substrato resistente en partes altas, que controla erosión en cabeceras. Sobre estas rocas se dispone la Formación Armenia (Plio–Pleistoceno), equivalente regional del abanico fluvio-volcánico asociado a la actividad volcánica de la Cordillera Central. Esta unidad está formada por depósitos volcanoclásticos, flujos de escombros, materiales piroclásticos y niveles de cenizas volcánicas, caracterizados por su heterogeneidad granulométrica y por presentar en muchos sectores un grado de consolidación bajo a moderado. Finalmente, en las zonas bajas asociadas a los cauces actuales se desarrollan depósitos aluviales recientes, conformados por gravas, arenas, limos y arcillas transportados por los sistemas fluviales. Estos materiales presentan generalmente baja consolidación, alta variabilidad textural y una importante influencia en la dinámica hidrosedimentológica y en el comportamiento hidrogeológico local.

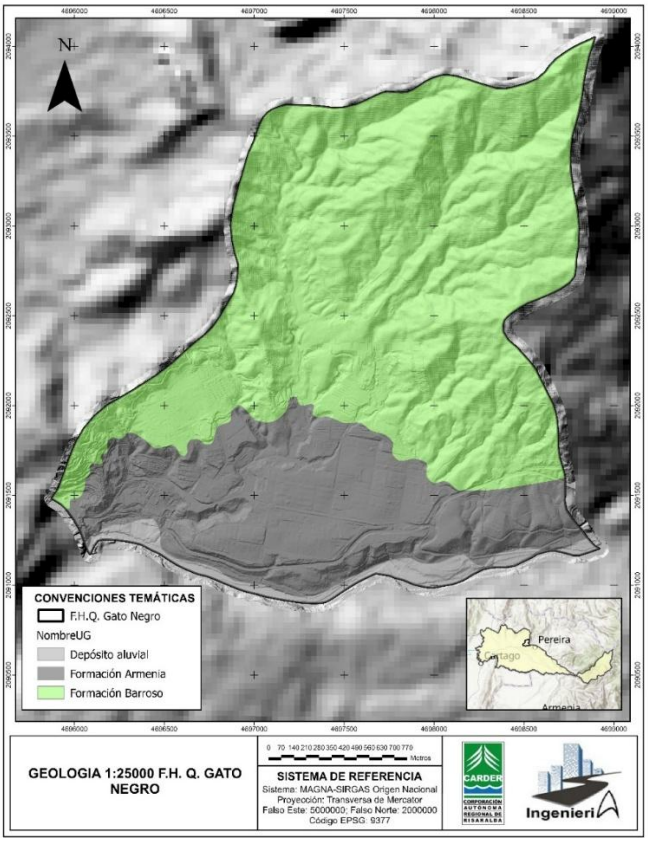


Figura 63 Mapa geología de la Unidad Hidrográfica- F.H.Q. Gato Negro
Fuente: Elaboración propia.

8.1.2.2 Contexto geomorfológico para la identificación y clasificación de las geoformas asociadas a la ronda hídrica a escala 1:25.000- Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro.

El análisis geomorfológico se fundamentó en la cartografía 1:25.000 del mismo instrumento de planificación (POMCA Río Otún), adoptando el enfoque metodológico propuesto por el Servicio Geológico Colombiano (SGC), sustentado en los criterios de Carvajal (2012), el cual permite la delimitación de unidades a partir de su origen y de los procesos geomorfológicos dominantes. En este sentido, la F.H.Q. Gato Negro se ubica en el paisaje de Montaña del flanco occidental de la Cordillera Central colombiana. Este flanco se caracteriza por un relieve enérgico resultado de la interacción entre tres grandes grupos de procesos: el levantamiento tectónico activo asociado al SFR, el modelado volcánico-glaciar del Complejo Ruiz-Tolima durante el Pleistoceno-Holoceno, y los procesos denudacionales actuales (erosión hídrica, movimientos en masa) favorecidos por las altas precipitaciones, permitiendo el predominio de los ambientes geomorfológicos denudacional y denudacional-depositacional (97.96%), con presencia subordinada de un ambiente fluvial asociado a los sectores más bajos (2.04%).

En la parte alta de la unidad hidrográfica predominan la unidad geomorfológica representada por cerros residuales (42.46 %), asociados principalmente a la Formación Barroso, los cuales configuran un relieve montañoso abrupto y resistente. En estos sectores dominan procesos de incisión y confinamiento del drenaje, dando lugar a cauces encajados, con altas pendientes y elevada capacidad de transporte. Estas condiciones ejercen un control directo sobre la dinámica fluvial, limitando la movilidad lateral y favoreciendo el ajuste vertical del cauce.

Hacia la parte media y baja, el sistema transiciona a superficies de glacis (55.5 %), donde disminuye la pendiente y el relieve se suaviza, favoreciendo procesos de redistribución y almacenamiento parcial de sedimentos. Finalmente, en los sectores más bajos cercanos al río Otún, las unidades fluviales (2.04 %) corresponden a llanuras de inundación de extensión reducida, donde predominan procesos de agradación. En conjunto, se evidencia un sistema controlado por la transición desde condiciones de incisión en la parte alta hacia ambientes de menor energía y mayor acumulación en la parte baja.

En la **Tabla 27** se presentan los valores de área y porcentaje por unidad geomorfológica y en la **Figura 64** la espacialización en la unidad hidrográfica F.H.Q. Gato Negro.

Tabla 27 Unidades geomorfológicas de la Unidad Hidrográfica

Tipo de relieve (código GDB ANLA)	Unidad geomorfológica	Área (ha)	%
20413	Glacis	3.25	55.54 %
20404	Cerros residuales	2.49	42.43 %
20418	Llanuras de inundación	0.12	2.04 %
Total		5.86	100%

Fuente: Elaboración propia.

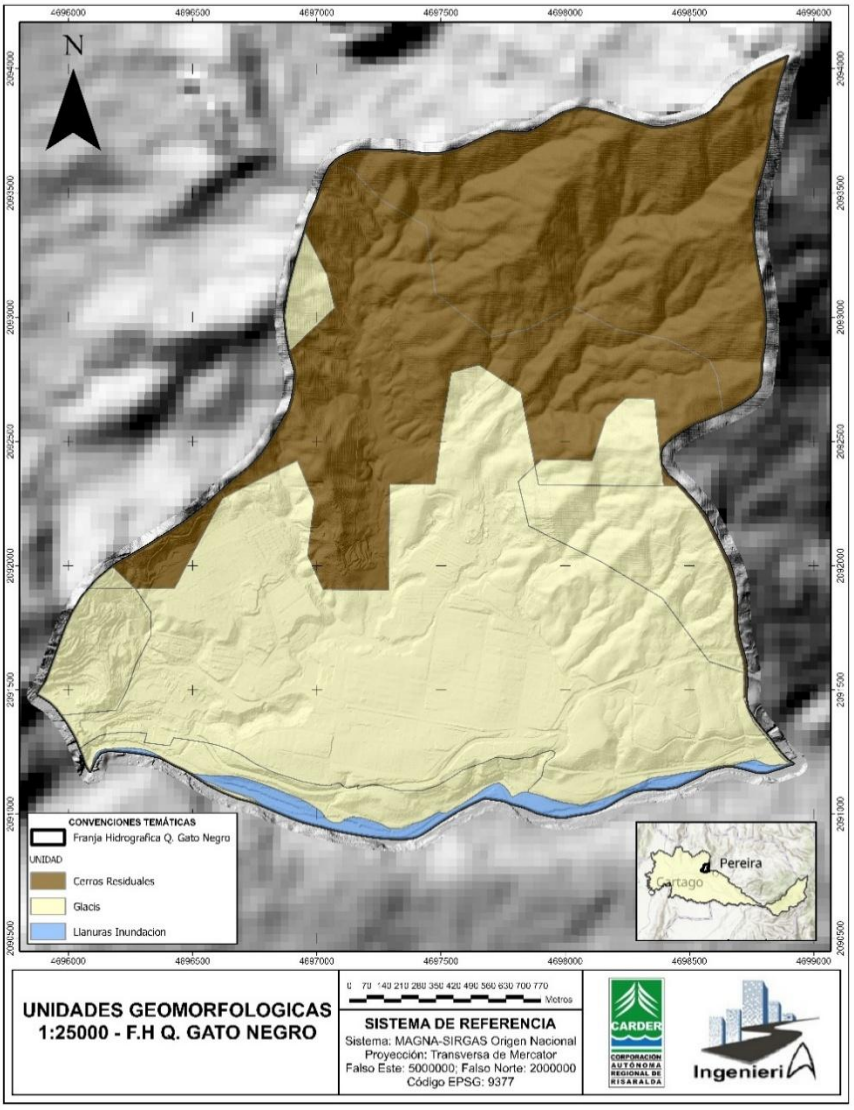


Figura 64 Mapa geomorfología 1:25.000 de la Unidad Hidrográfica- F.H. Q. Gato Negro

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 65** se presenta una vista tomada desde la parte alta de la unidad hidrográfica, en la cual se aprecia de manera integral la transición geomorfológica del área de estudio. En primer plano se reconocen los relieves montañosos asociados a cerros residuales y laderas, los cuales gradan hacia superficies más suaves correspondientes a los glacis del Quindío, para finalmente dar paso a los sectores más bajos donde la incisión del drenaje sobre estos depósitos configura llanuras aluviales. Esta imagen permite visualizar de forma regional la organización morfológica del sistema.



Figura 65 Geomorfología regional- Unidad hidrográfica F.H.Q. Gato Negro
Fuente: Elaboración propia.

8.1.2.3 Análisis de procesos morfodinámicos

La U.H.F.H. Gato Negro presenta una dinámica morfodinámica condicionada por la variación longitudinal del gradiente, el sustrato de la Formación Barroso y el grado de confinamiento lateral. Configurando una zonificación morfodinámica longitudinal que transita desde procesos de alta energía en las cabeceras hasta ajuste lateral en los tramos medios y reencajamiento estructural hacia la desembocadura.

En los tramos altos, labrados en roca cristalina y saprolitos de la Formación Barroso con pendientes entre 29.77% y 33.24%, predomina la erosión incisional de fondo con índices de sinuosidad bajos (IS: 1.07- 1.16), movilidad lateral nula y energía del flujo concentrada exclusivamente en el trabajo vertical. El alto fracturamiento estructural del macizo documentado en campo cerca del nacimiento de la Quebrada Llano Grande debilita las márgenes e incrementa el aporte de material al cauce, aunque la alta competencia hidráulica del tramo lo remobiliza aguas abajo sin generar depósitos observables.

En los tramos medios, con pendientes descendentes entre 9.26% y 14.36% e índices de sinuosidad en incremento (IS: 1.18–1.32), se produce una transición hacia procesos incipientes de socavación lateral y formación de pequeños planos de inundación, aunque el confinamiento relativo limita aún la migración amplia del cauce. Finalmente, en el tramo más bajo, aumentan procesos de incisión hasta llegar al nivel base (Río Otún).

La verificación en campo permitió identificar y caracterizar dos sectores con procesos morfodinámicos activos de diferente origen y magnitud dentro de la UHFH Gato Negro.

En la parte alta, cerca al nacimiento de la Quebrada Llano Grande (Lat: 4.840642, Long: -75.718637), se documentaron movimientos en masa en proximidad directa al cauce, expresados en el desprendimiento de materiales piroclásticos y saprolitos asociados a la Formación Barroso. El alto grado de fracturamiento de la roca expuesto en campo es indicativo de un condicionante estructural que debilita el macizo y favorece la inestabilidad de las márgenes (**Figura 66**). Si bien estos materiales alcanzan la corriente, la alta pendiente del tramo impide su acumulación en el lecho, siendo remobilizados aguas abajo sin generar depósitos asociados observables, lo que evidencia una alta competencia hidráulica del cauce en este sector.



Figura 66 Procesos erosivos en laderas de la parte alta U.U.F.H.Q. Gato Negro
Fuente: Elaboración propia

En el límite entre los tramos 1 y 2 de la Quebrada Llano Grande (Lat: 4.836640, Long: -75.723015), se identificó una zona con múltiples movimientos en masa registrados en el inventario de la DIGER, en la que la verificación en campo reveló un componente antrópico determinante. En este sector se documentaron llenos artificiales de hasta 1 metro de espesor, conformados por fragmentos de ladrillo, bloques y material de construcción, asociados a asentamientos informales consolidados sobre la ladera. La presencia de tuberías de aguas residuales con deficiencias en su confinamiento, en combinación con las elevadas pendientes de las laderas erosivas y la naturaleza poco cohesiva de los materiales, genera condiciones de saturación localizada que actúan como factor detonante

de los movimientos en masa documentados (**Figura 67**). En un punto adyacente (Lat: 4.836460, Long: -75.723304) se registraron evidencias adicionales de depósitos antrópicos vinculados a la construcción de viviendas sobre la ladera, confirmando un patrón sistemático de intervención que incrementa la susceptibilidad del terreno (**Figura 68**).



Figura 67 Procesos erosivos en laderas de la parte alta- media U.U.F.H.Q. Gato Negro

Fuente: Elaboración propia



Figura 68 Procesos erosivos en laderas de la parte alta U.U.F.H.Q. Gato Negro.
Fuente: Elaboración propia

Finalmente, a lo largo de las laderas erosivas de la unidad hidrográfica se documentaron movimientos en masa de origen natural, condicionados por la convergencia de tres factores: las elevadas pendientes características de las laderas de la Formación Barroso, la naturaleza geomecánica de los saprolitos y la presencia de depósitos piroclásticos superficiales de escasa cohesión. Estos procesos, de carácter superficial y extensión variable, representan la expresión morfodinámica natural del sistema de laderas de la UHFH Gato Negro (**Figura 69**).



Figura 69 Procesos erosivos en laderas de la parte alta U.U.F.H.Q. Gato Negro
Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 70** se presenta el consolidado de procesos de movimientos en masa recopilados por la DIGER (1998–2025) y los identificados en la fase de campo, varios de los cuales coinciden con los previamente registrados. En campo solo se evidenciaron dos deslizamientos recientes, lo que confirma su predominio en la zona alta de la unidad hidrográfica, donde la convergencia de altas pendientes, el sustrato de la Formación Barroso y los depósitos piroclásticos de escasa cohesión configuran las condiciones de mayor susceptibilidad. Los materiales movilizados son incorporados a las corrientes y transportadas aguas abajo hasta las zonas de piedemonte y tramos bajos, donde la reducción progresiva del gradiente genera pérdida de competencia hidráulica y favorece su depositación en los cambios de pendiente. Este patrón espacial de generación en zona alta y acumulación en zona de transición es coherente con la dinámica morfosedimentaria descrita por tramos.

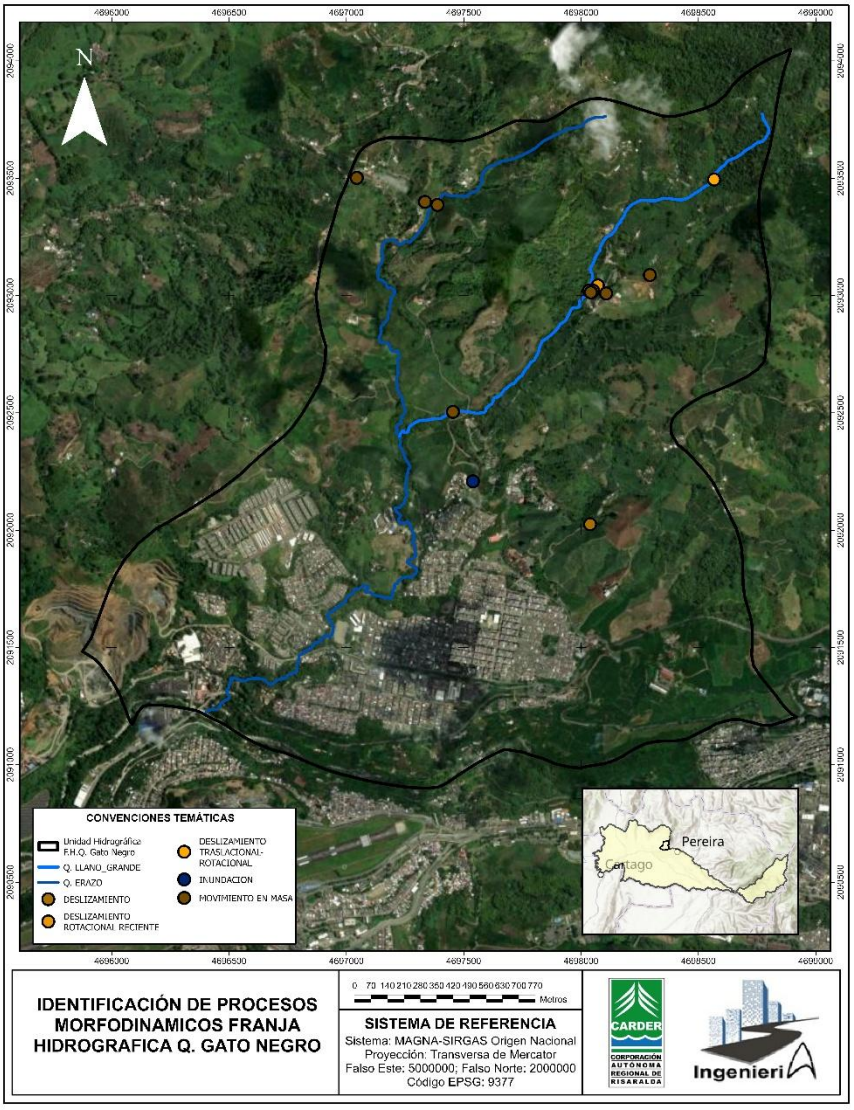


Figura 70. Mapa de proceso morfodinámicos identificados U.H F.H.Q. Gato Negro
Fuente: Elaboración propia

8.1.2.4 Identificación y clasificación de las geoformas en los tramos priorizados a escala de detalle 1:1.000

La delimitación y caracterización de las geoformas de detalle a escala 1:1000, se realizó mediante la integración de insumos como el modelo digital del terreno (MDT), mapa de sombras, perfiles topográficos, análisis de cambios de pendiente, curvas de nivel, ortofotomosaicos e imágenes multitemporales de Google Earth, las cuales permitieron identificar variaciones en la cobertura y la expresión de unidades alrededor del cauce permanente.

Las geoformas fueron delimitadas siguiendo la metodología de jerarquización geomorfológica propuesta por Carvajal (2012) y adoptada por el Servicio Geológico Colombiano (SGC). A partir de este análisis se identificaron geoformas asociadas a dos ambientes morfogenéticos principales: denudacional, con herencia fluviovolcánica, y fluvial. La cartografía se desarrolló en una franja adyacente a las quebradas, considerando principalmente la variación de pendientes y la expresión morfológica de las unidades geomorfológicas. En la **Tabla 28** se presenta la jerarquización geomorfológica hasta el nivel de componente o geoforma, incluyendo el área y el porcentaje de participación de cada unidad.

Tabla 28 Jerarquización geomorfológica hasta nivel de geoforma de la U.H.F.H.Q. Gato Negro

Geomorfo-estructura	Provincia geomorfológica	Región geomorfológica	Unidades	Subunidades	Geoforma	Código	Área (km²)	Área (ha)	% del total
Cordillera, Órogeno	Cordillera Central	Ambiente Fluvial	Cauce aluvial	Canal activo	Cauce aluvial	Fca	0.0443	4.429	3.33
		Ambiente Fluvial	Cauce aluvial	Canal inactivo	Cauce aluvial inactivo	Fcai	0.0004	0.041	0.03
		Ambiente Fluvial	Cauce Fluvial	Barra aluvial	Barra lateral	Fbla	0.0009	0.088	0.07
		Ambiente Fluvial	Cauce Fluvial	Barra aluvial	Barra longitudinal	Fbl	0.0000	0.005	0.00
		Ambiente Fluvial	Cauce Fluvial	Barra aluvial	Barra puntual	Fbp	0.0001	0.008	0.01
		Ambiente Fluvial	Llanura de inundación	Plano de inundación	Plano o llanura de inundación	Fpi	0.0197	1.973	1.48
		Ambiente Fluvial	Terraza fluvial	Terraza reciente	Terraza acumulación baja	Fta1	0.0384	3.840	2.89
		Ambiente Fluvial	Terraza fluvial	Terraza subreciente	Terraza acumulación media	Fta2	0.0155	1.549	1.16
		Ambiente Fluvial	Sistema fluvial	Cono aluvial	Cono de deyección	Fcdy	0.0058	0.578	0.43
		Ambiente Fluvial	Sistema fluvial	Zona de confluencia	Unidad de confluencia fluvial	Fcf	0.0075	0.752	0.57
		Ambiente Fluvial	Glacis	Superficie de abanico	Superficie de abanico	Faa	0.1369	13.686	10.29
		Ambiente Denudacional	Glacis	Escarpe	Escarpe de erosión mayor	Deem	0.0620	6.198	4.66

Geomorfo-estructura	Provincia geomorfológica	Región geomorfológica	Unidades	Subunidades	Geoforma	Código	Área (km²)	Área (ha)	% del total
		Ambiente Denudacional	Glacis	Ladera	Ladera erosiva	Dle	0.5694	56.936	42.83
		Ambiente Denudacional	Glacis	Ladera	Ladera ondulada	Dlo	0.4272	42.719	32.13
		Ambiente Denudacional	Depósitos coluvio-aluviales	Cono coluvio-aluvial	Cono coluvio-aluvial	Dca	0.0014	0.141	0.11
Total							**1.33**	**132.94**	**100.00**

Fuente: Elaboración propia

- **Geoformas asociadas al ambiente denudacional**

El ambiente denudacional representa aproximadamente el 90% del área analizada detalladamente, evidenciando un claro dominio de procesos de meteorización, escorrentía y remoción en masa sobre el relieve. Dentro de este ambiente predominan las laderas erosivas (42.83%), las cuales corresponden a sectores de mayor pendiente y grado de disección asociados a la Formación Barroso, donde se concentran procesos activos de erosión y aporte de sedimentos hacia el sistema fluvial. En segundo lugar, se destacan las laderas onduladas (32.13%), asociadas a superficies más suavizadas de depósitos en zonas de piedemonte con menor energía y predominio de procesos difusos de modelado superficial.

Adicionalmente, se identifican geoformas como la superficie de abanico (10.29%), que corresponde al glacis volcaniclástico regional y constituye la base morfológica sobre la cual se desarrolla la red de drenaje, y los escarpes de erosión mayor (4.66%), que reflejan contrastes litológicos y control estructural del relieve. En menor proporción, se presentan geoformas de transición como el cono coluvio-aluvial (0.11%), las cuales indican zonas de transferencia de sedimentos desde las laderas hacia el cauce, evidenciando la conexión funcional entre los procesos denudacionales y fluviales.

- **Geoformas asociadas al ambiente fluvial**

El ambiente fluvial comprende cerca del 10% del área analizada, lo que indica que, aunque el sistema fluvial es activo, su expresión espacial es limitada y está condicionada por el confinamiento impuesto por el relieve circundante. La principal geoforma corresponde al cauce aluvial (3.33%), que representa el canal donde se concentra el transporte de agua y sedimentos. Asociado a este, se identifican los planos o llanuras de inundación (1.48%), que corresponden a superficies funcionalmente conectadas al cauce y sujetas a inundación periódica.

También se reconocen terrazas de acumulación baja (2.89%) y media (1.16%), las cuales representan antiguos niveles de depositación asociados a fases previas de evolución del sistema fluvial, evidenciando procesos de incisión y ajuste del canal. Las barras fluviales (laterales, longitudinales y puntuales, con participaciones individuales menores al 0.1%) reflejan procesos actuales de sedimentación dentro del cauce, mientras que geoformas como la unidad de confluencia fluvial (0.57%) y el cono de deyección (0.43%) indican sectores de cambio en la dinámica hidráulica y aporte localizado de sedimentos.

Es importante destacar que la geoforma de confluencia fluvial corresponde a una adaptación que enmarca el sector donde confluyen las quebradas El Erazo y Llano Grande, configurando una zona de alta dinámica sedimentaria. En este punto se identifican depósitos asociados a barras, terrazas recientes y planos de inundación, producto de la interacción de ambas corrientes. Al tratarse de un sector de piedemonte donde convergen flujos con alta energía y carga de sedimentos, se generan condiciones de acumulación y retrabajo constante. Por ello, esta geoforma se define como una unidad específica que integra los procesos geomorfológicos particulares de la confluencia.

En la **Figura 71** se presenta la representación gráfica de las geoformas predominantes en la unidad hidrográfica F.H.Q. Gato Negro específicamente en el tramo 1. En este sector, la geomorfología se caracteriza por la presencia de relieve montañoso, con laderas erosivas, con pendientes clasificados entre abruptas a extremadamente abruptas con longitudes de moderadas a cortas, según Carvajal (2012). En este contexto, el cauce aluvial se presenta encajado y labrado sobre la roca cristalina de la Formación Barroso.

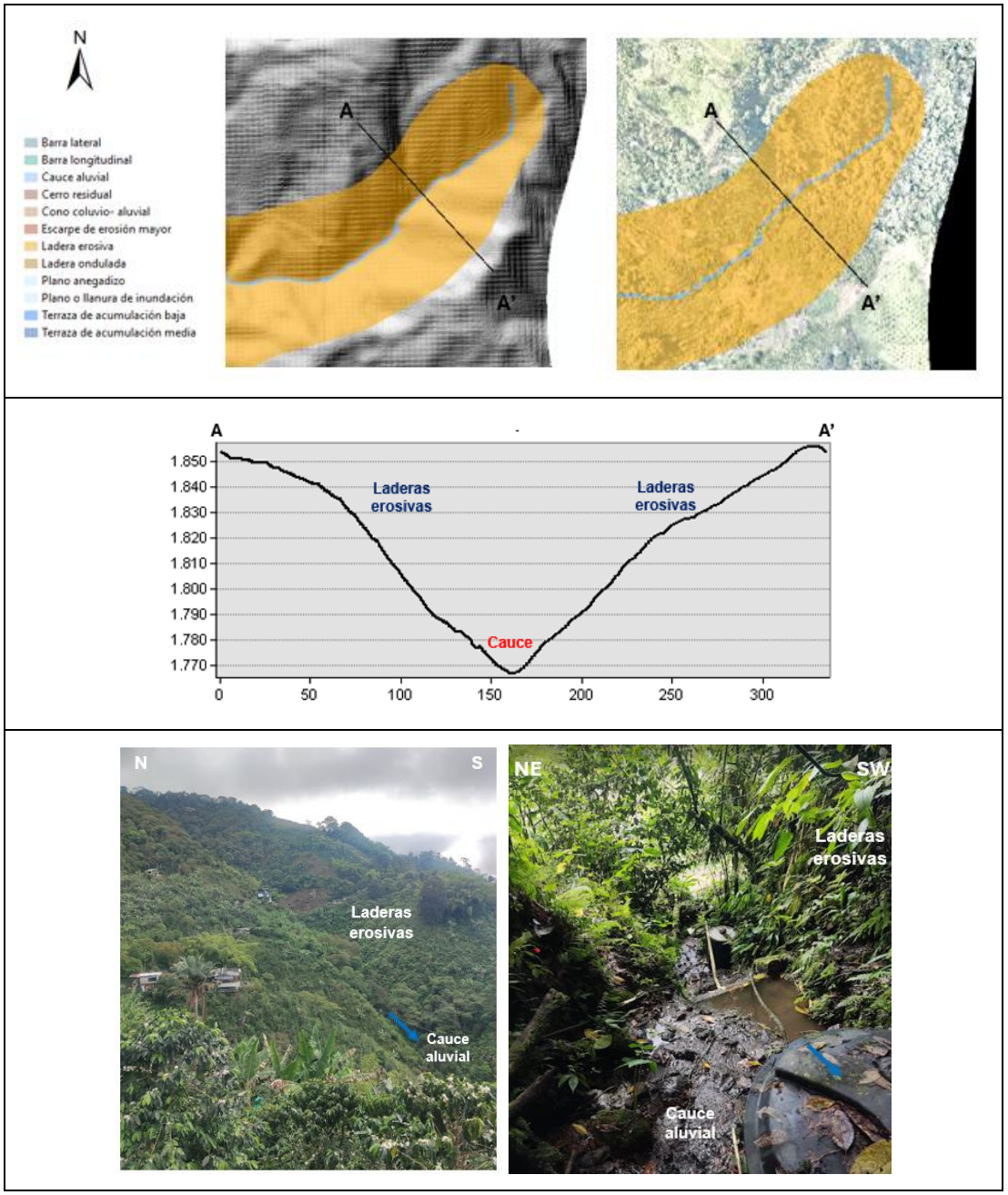


Figura 71. Geoformas denudacionales de U.H.F.H.Q. Gato Negro

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 72** se observa que, aunque el canal permanece encajado dentro de depósitos Coluvio- aluviales antiguos, que forman laderas onduladas con pendientes moderadamente a abruptas, con longitudes de ladera hasta de 40 metros. El ajuste continúa siendo mayoritariamente vertical, pero comienzan a evidenciarse procesos de transferencia de material y la formación de pequeños planos de inundación y terrazas recientes de acumulación de material que miden hasta 20 metros de ancho y 40 metros de largo.

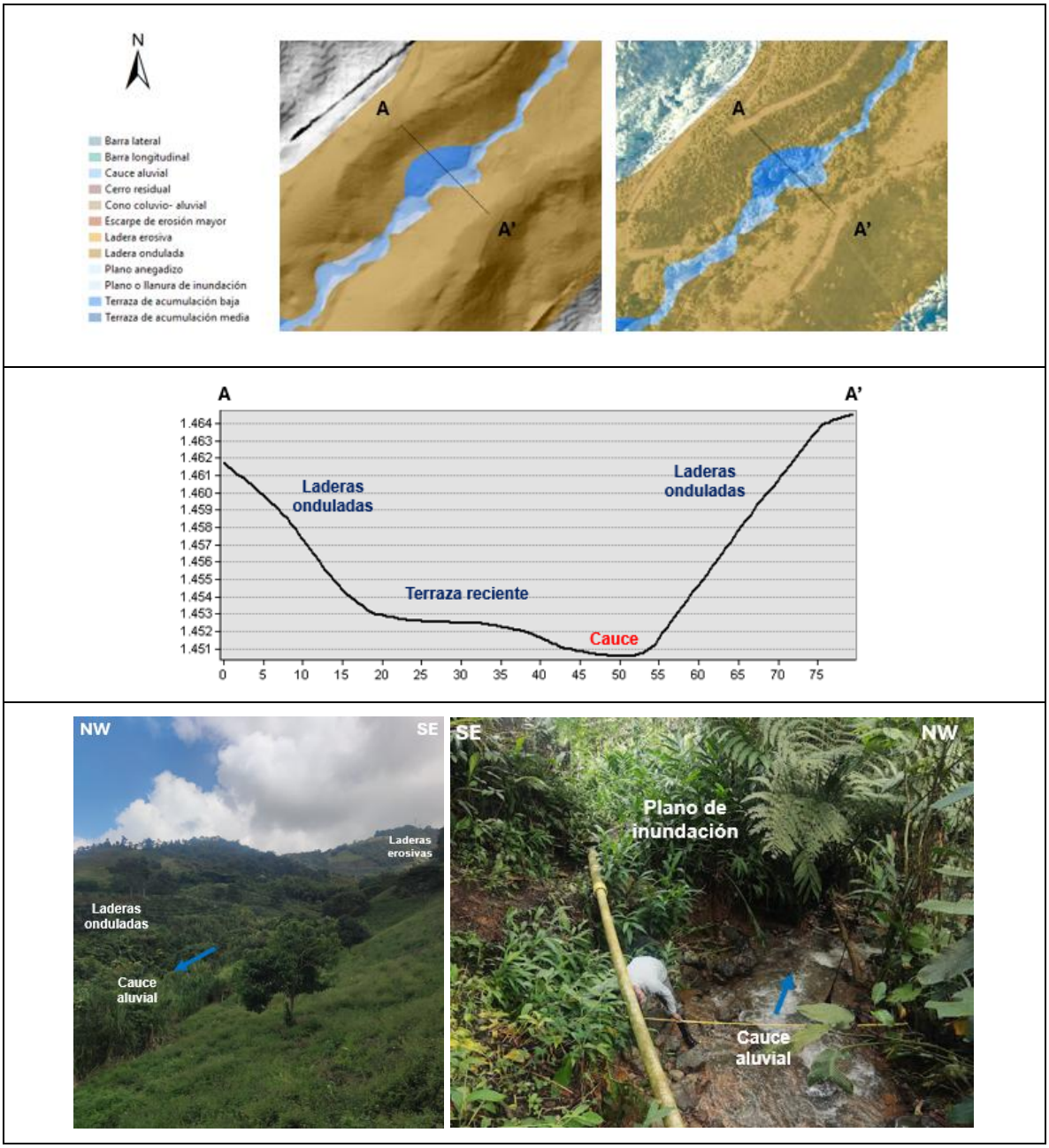


Figura 72. Geoformas denudacionales y fluviales de U.H.F.H.Q. Gato Negro

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 73** se evidencia un incremento en la sinuosidad de la corriente, alcanzando un patrón meándrico. En los sectores asociados a estas sinuosidades se desarrollan espacios laterales más amplios, donde se identifican planos de inundación con anchos de hasta 40 m y terrazas de acumulación que alcanzan aproximadamente 90 m de extensión lateral. Se distinguen dos niveles de terrazas: un nivel bajo o reciente, ubicado entre 2 y 5 m sobre el cauce, y un nivel medio o subreciente, con alturas superiores a 5 m. Estas geoformas se encuentran enmarcadas por laderas onduladas asociadas principalmente a la Formación Barroso y escarpes erosivos vinculados a la Formación Armenia.

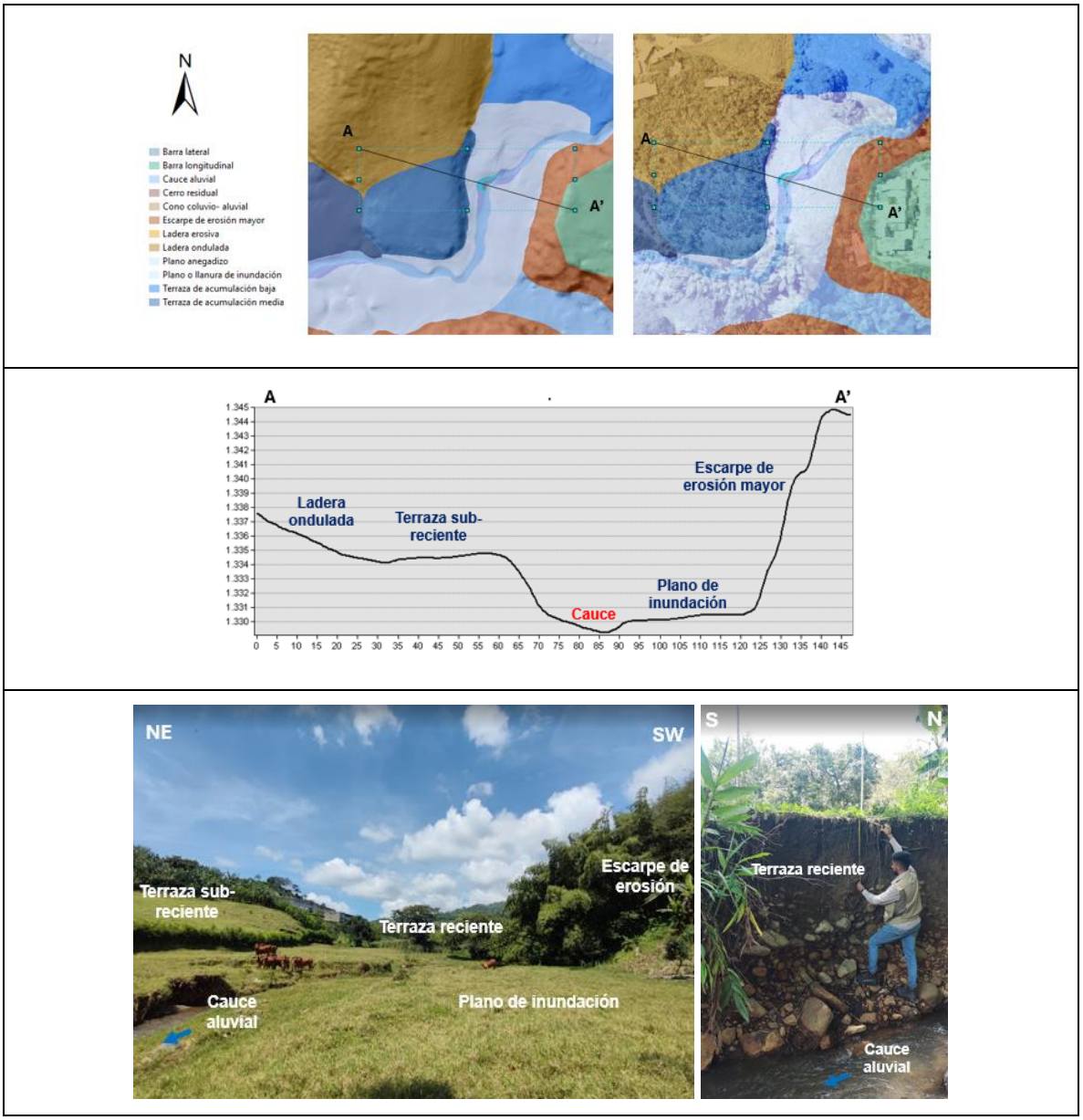


Figura 73. Geoformas fluviales de U.H.F.H.Q. Gato Negro
Fuente: Elaboración propia

En la transición entre el tramo 3 y el tramo 4 se evidencia un incremento en el encajamiento de la corriente, asociado probablemente al ajuste hacia el nivel base del río Otún. Este proceso se manifiesta en una mayor incisión del cauce sobre los depósitos de la Formación Armenia, donde se observan escarpes más definidos y una intensificación de los procesos erosivos, que conducen a un nuevo encajamiento del cauce en el tramo 4 que conduce hasta su desembocadura. Adicionalmente, se reconoce la presencia de intervenciones antrópicas que han inducido un encauzamiento adicional del flujo, modificando la dinámica natural del sistema. Estas intervenciones han generado la eliminación o enmascaramiento de las geoformas fluviales naturales, por lo que en este sector no es posible identificar de manera clara unidades geomorfológicas asociadas a la dinámica fluvial activa.

8.1.2.5 Delimitación del componente geomorfológico Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro

La delimitación del componente geomorfológico se realizó de manera diferenciada por tramos, en función del comportamiento morfodinámico de la corriente y de la expresión de las geoformas fluviales (**Figura 74**). En el tramo 1, el componente se restringe principalmente al cauce aluvial, el cual fue definido a partir de criterios geomorfológicos verificados en campo y apoyados en la modelación hidráulica, dada la limitada expresión de formas asociadas por el grado de confinamiento. Para el tramo 2, se mantiene el cauce aluvial como elemento principal, incorporando además evidencias de planos de inundación confinados y terrazas de pequeña extensión, que reflejan condiciones de transición donde, aunque persiste el control geomorfológico del encajamiento, comienzan a manifestarse procesos locales de depositación.

En el tramo 3, caracterizado por una disminución de la pendiente y una mayor movilidad lateral del cauce, se desarrolla la mayor diversidad de geoformas fluviales, por lo que el componente geomorfológico incluye el conjunto de unidades activas del sistema, tales como planos de inundación, barras, cauce activo e inactivo, así como terrazas recientes de primer nivel, evidenciando un dominio funcional más amplio del sistema fluvial. Finalmente, en el tramo 4, donde la corriente retoma condiciones de encajamiento y mayor control estructural, el componente geomorfológico se restringe nuevamente al cauce aluvial, debido a la escasa expresión de geoformas asociadas y a la pérdida o enmascaramiento de estas por procesos erosivos intensificados y, en algunos sectores, por intervenciones antrópicas que han modificado la dinámica natural del cauce.

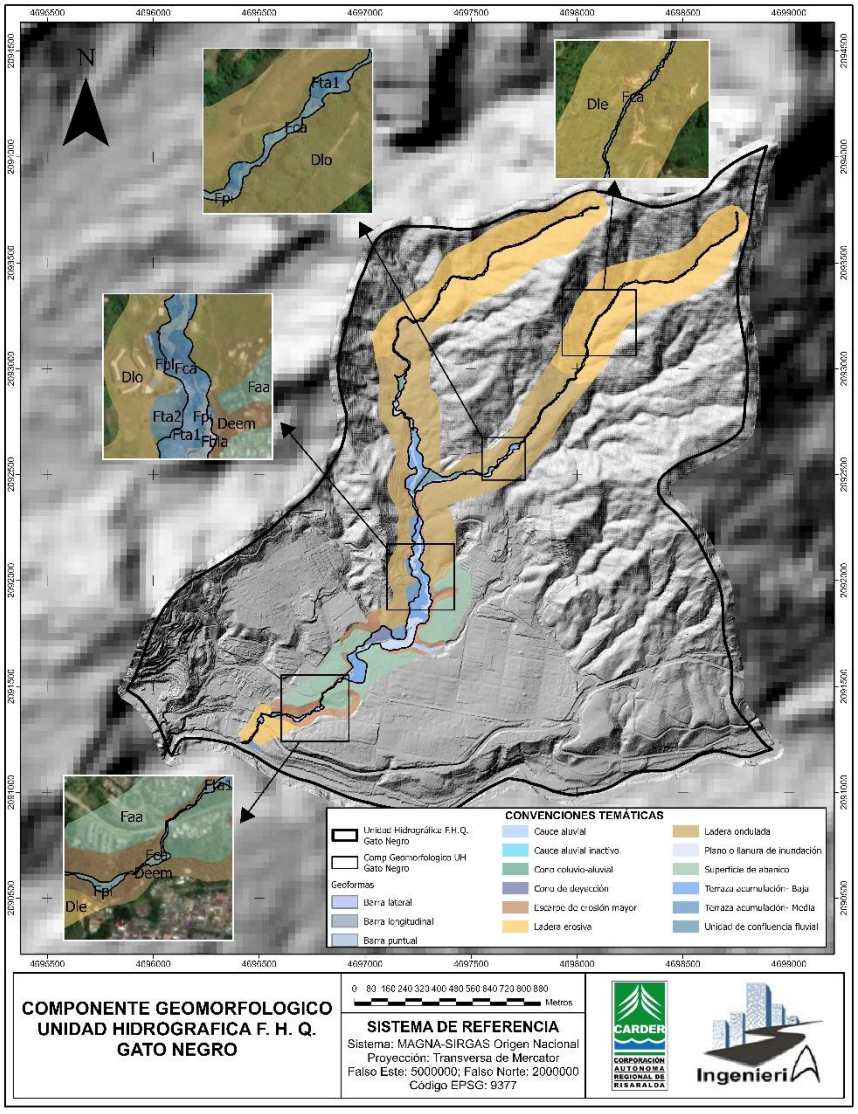


Figura 74. Componente geomorfológico de U.H.F.H.Q. Gato Negro
Fuente: Elaboración propia

8.2 Delimitación del componente hidrológico

8.2.1 Puntos de interés para la estimación de caudales máximos

La definición de puntos de interés para el cálculo de caudales máximos constituye una etapa fundamental para el desarrollo de la modelación hidrológica e hidráulica, dado que el caudal varía espacialmente en función del área aportante, las confluencias y las características hidráulicas del sistema, la selección de ubicaciones estratégicas como cierres de cuenca, confluencias relevantes y tramos representativos.

Esto permite caracterizar adecuadamente el comportamiento del flujo dentro de la red. Estos caudales sirven como condición de entrada para el modelo hidráulico, garantizando una representación realista de los niveles de agua, velocidades y desbordamientos potenciales, lo que se traduce en una estimación más confiable del componente hidrológico de la ronda hídrica y, por lo tanto, en un soporte técnico sólido para la toma de decisiones en la planificación y gestión del riesgo.

De acuerdo con las características de la distribución de la red de drenaje de cada Unidad Hidrográfica, se han definido estos nodos hidrológicos los cuales se muestran y describen a continuación.

8.2.1.1 Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Baja)

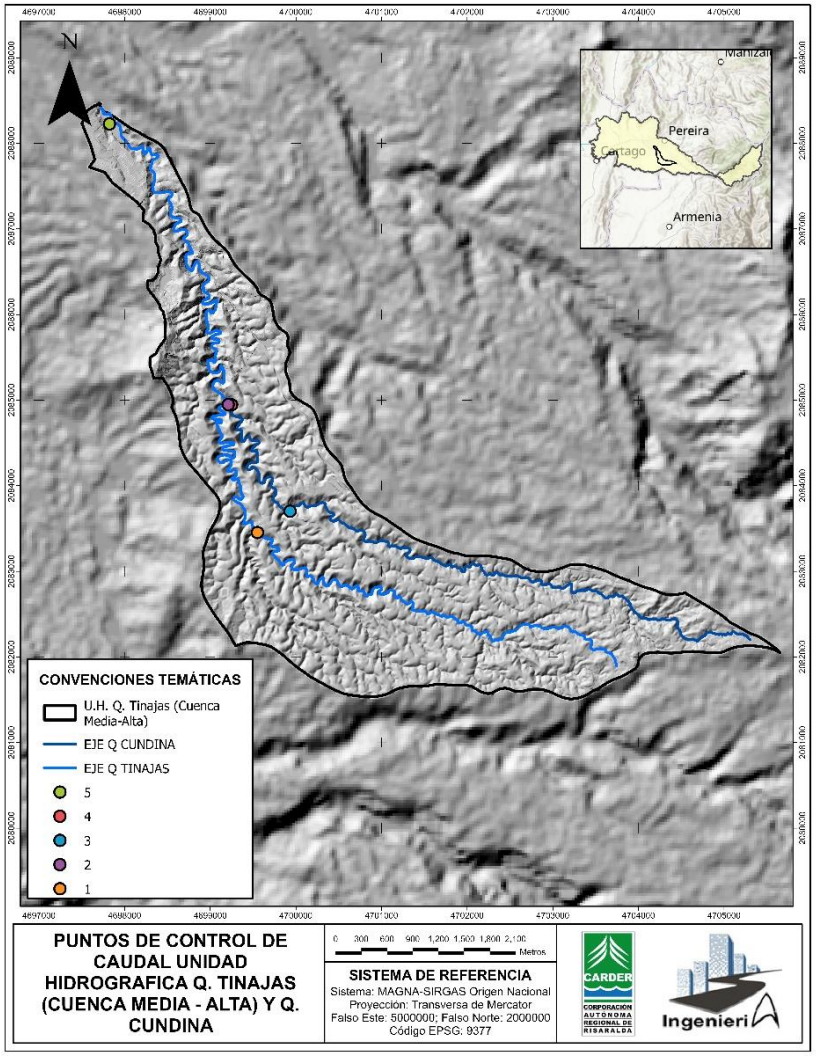


Figura 75 Nodos hidrológicos Q. Tinajas y Q. Cundina
Fuente: Elaboración propia

- Nodo 1: Primer punto de caudal Q. Tinajas.
- Nodo 2: Q. Tinajas antes de confluencia con Q. Cundina.
- Nodo 3: Q. Tinajas a cierre de cuenca antes de confluencia con Q. El Oso.
- Nodo 4: Primer punto de caudal Q. Cundina.
- Nodo 5: Q. Cundina a cierre de cuenca antes de confluencia con Q. Tinajas.

8.2.1.2 Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro

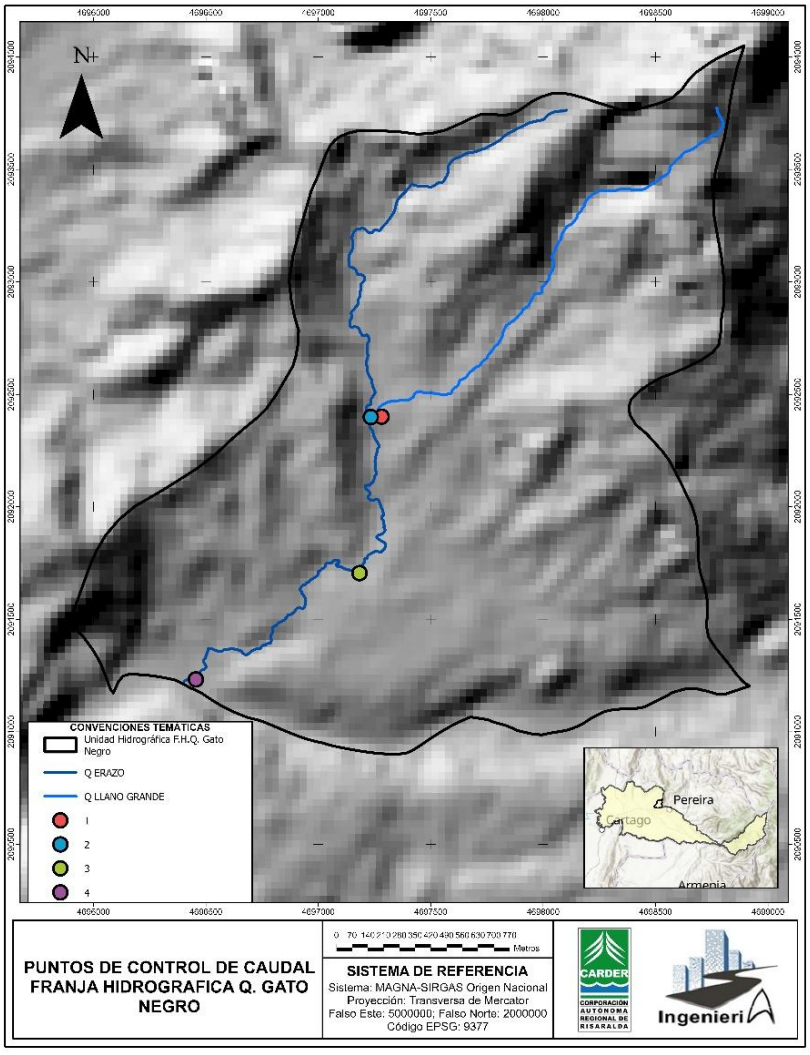


Figura 76 Nodos hidrológicos Q. Llano Grande y Q. El Erazo
Fuente: Elaboración propia

- Nodo 1: Q. Llano Grande antes de confluencia con Q. El Erazo.
- Nodo 2: Q. El Erazo aguas abajo de confluencia con Q. Llano Grande.

- Nodo 3: Q. El Erazo a cierre de cuenca antes de confluencia al R. Otún.

- Nodo 4: Q. El Erazo antes de confluencia con Q. Llano Grande.

8.2.2 Revisión y análisis de información hidrometeorológica

La base fundamental para la estimación de caudales máximos en la F.H.Q. Gato Negro (incluyendo Llano Grande y El Erazo) y la Q. Tinajas (Cuenca media – alta) (incluyendo Tinajas y Cundina), radica en la calidad, extensión y representatividad de la información hidrometeorológica disponible en la región. Para este estudio, se realizó un inventario detallado de las estaciones cercanas administradas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y la Federación Nacional de Cafeteros (FNC), como se ve en la **Figura 77**.

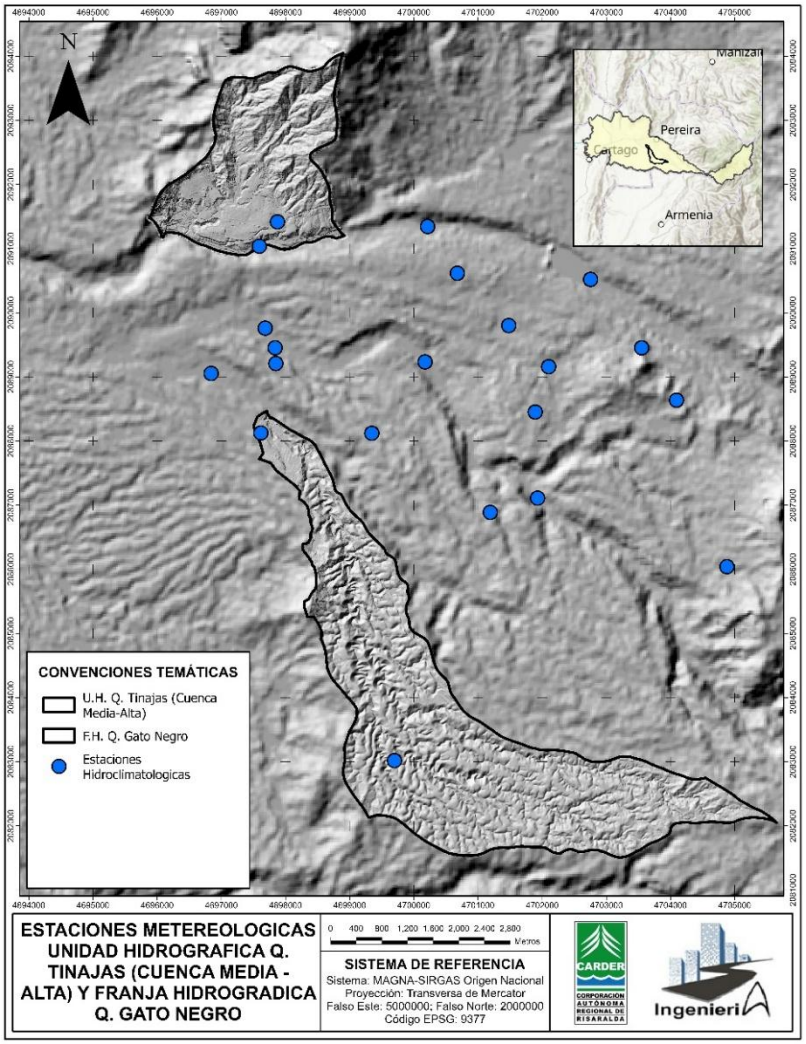


Figura 77 Estaciones meteorológicas U.H. Q. Tinajas y F. H. Q. Gato Negro
Fuente: Elaboración propia

8.2.2.1 Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta)

Dentro del área de la unidad hidrográfica se identificaron los siguientes puntos de monitoreo en el área de influencia indirecta: Catalina la [26125240], Bamba la [26120270], Siberia [26120280], Renta la [26120610], Marina la [26130600], Universidad Tecnológica de Pereira - UTP [26135080] y Aeropuerto Matecaña [26135040], como se ve en la **Figura 78** Este ejercicio de inventario permitió evaluar la densidad de la red de monitoreo local y la disponibilidad de parámetros críticos como la precipitación diaria y las intensidades máximas, elementos necesarios para capturar la variabilidad climática propia del flanco occidental de la Cordillera Central.

Tabla 29 Criterios selección estaciones meteorológicas

Estación	Entidad	Categoría	Parámetro	Total datos [años]	Faltantes	Criterio
Catalina La [26125240]	IDEAM	PM	Precipitación	12	18%	No Cumple
Bamba La [26120270]	FNC	SK	Precipitación	15	12%	No Cumple
Siberia [26120280]	FNC	SK	Precipitación	18	15%	No Cumple
Renta La [26120610]	FNC	SK	Precipitación	14	22%	No Cumple
Marina La [26130600]	FNC	SK	Precipitación	22	11%	No Cumple
Univ. Pereira-UTP [26135080]	IDEAM	CP	Precipitación	10	20%	No Cumple
Aeropuerto Matecaña [26135040]	IDEAM	SP	Precipitación	>40	<3%	Cumple

Fuente: Elaboración propia

Según la Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia (MADS, 2018), solo se deben utilizar las estaciones que tengan más de 15 años de registro y menos del 10% de valores faltantes. Dado lo anterior, de las estaciones que se encuentran, sólo 1 estación cumple este criterio que es la del Aeropuerto Matecaña.

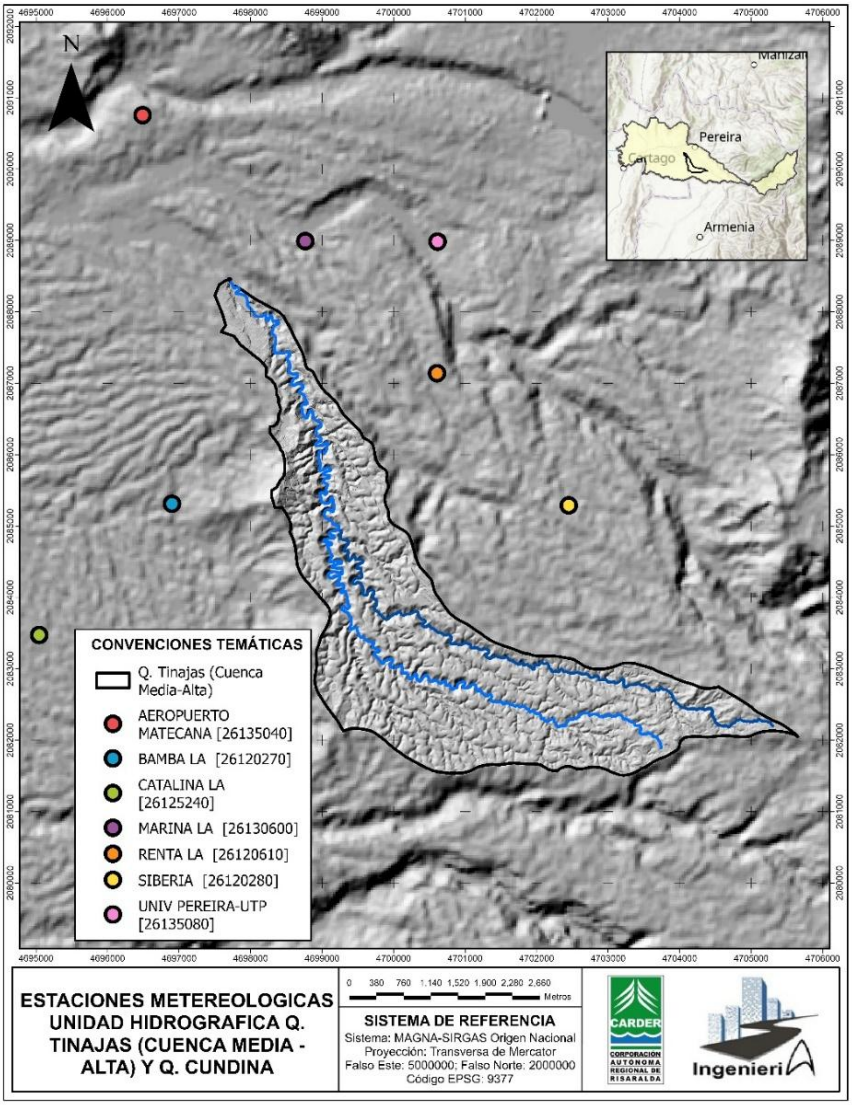


Figura 78 Estaciones meteorológicas Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media - Alta).

Fuente: Elaboración propia

8.2.2.2 Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro

En la franja hidrográfica de la quebrada Gato Negro se identificaron las estaciones meteorológicas Cataluña 2 [26130110], Sub La Rosa [26130120] y Aeropuerto Matecaña [26135040], como se muestra en la **Figura 79**.

Posteriormente, con base en el análisis realizado conforme a los lineamientos establecidos en la guía de rondas hídricas, se determinó que la estación más adecuada para representar esta unidad hidrográfica es la del Aeropuerto Matecaña, debido a su confiabilidad y al cumplimiento integral de los criterios definidos en dicha guía.

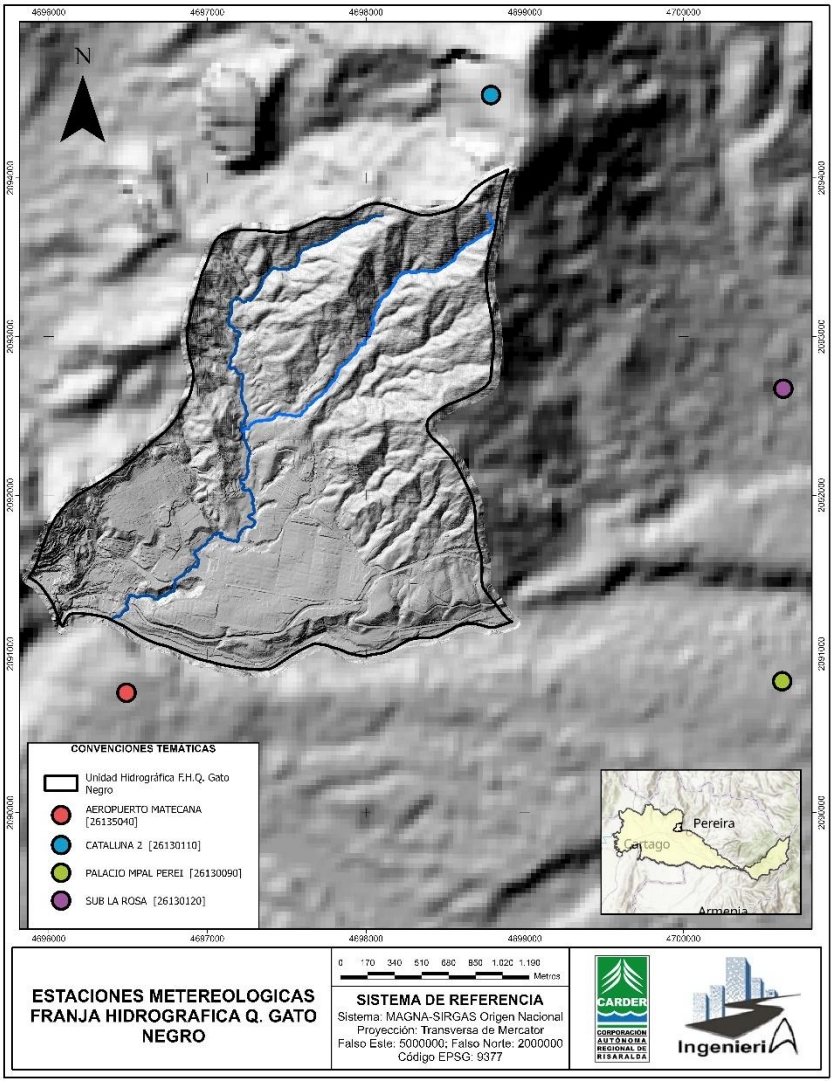


Figura 79 Estaciones meteorológicas Franja Hidrográfica Q. Gato Negro
Fuente: Elaboración propia

Para el análisis de la franja hidrográfica de la quebrada Gato Negro y de la unidad hidrográfica de la quebrada Tinajas (cuenca media–alta), se seleccionó la estación meteorológica Aeropuerto Matecaña como fuente de información climática. Esta elección se fundamenta en su confiabilidad y representatividad para ambas unidades de estudio. A continuación, se presenta el análisis de consistencia y homogeneidad de las series de datos de dicha estación, con el fin de garantizar la calidad y pertinencia de la información empleada en el estudio.

8.2.2.3 Análisis de consistencia y homogeneidad.

Inicialmente se realizó un análisis exploratorio basado en una revisión cualitativa de los datos de la serie hidrológica por medio de la gráfica de la serie de tiempo mensual de precipitación dando como resultado que la serie temporal de precipitación mensual de la estación Matecaña evidencia una alta variabilidad a lo largo del período analizado, con valores que fluctúan entre registros bajos cercanos a cero y picos que superan los 100 mm. No se observa una tendencia clara de incremento o disminución sostenida en el tiempo, lo que sugiere un comportamiento relativamente estacionario de la precipitación a escala interanual. Sin embargo, se identifican eventos puntuales de alta precipitación distribuidos a lo largo de toda la serie, lo cual es característico de regímenes pluviométricos tropicales, donde predominan lluvias intensas de corta duración. En conjunto, el comportamiento observado refleja una marcada irregularidad temporal, aspecto clave a considerar en la modelación hidrológica y en la estimación de caudales de diseño.

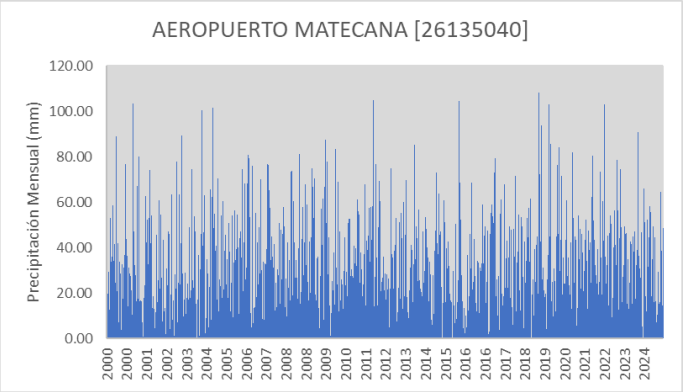


Figura 80 Serie mensual de precipitación
Fuente: Elaboración propia

La curva de masa de la precipitación muestra un incremento continuo a lo largo del periodo analizado, lo que indica coherencia en la acumulación de los datos. La pendiente se mantiene relativamente uniforme, sugiriendo un comportamiento homogéneo de la serie en el tiempo. Sin embargo, se observan ligeras variaciones en la inclinación en algunos periodos, lo que refleja cambios en la intensidad de la precipitación, asociados a años relativamente más húmedos o secos. En general, no se evidencian quiebres abruptos, lo que indica que la serie es consistente y adecuada para su uso en análisis hidrológicos.

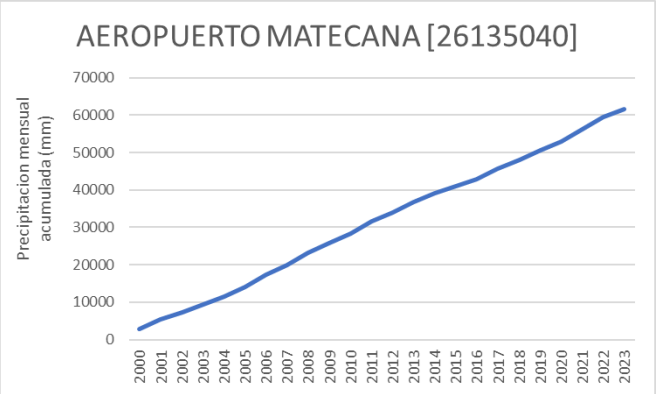


Figura 81 Curva de masa de precipitación

Fuente: Elaboración propia

El diagrama de cajas y bigotes evidencia que la precipitación mensual presenta una distribución altamente asimétrica positiva, con la mayoría de los valores concentrados en rangos bajos cercanos a cero. La mediana se ubica en valores reducidos, mientras que el rango intercuartílico es relativamente pequeño, indicando que la mayor parte del tiempo se registran precipitaciones moderadas a bajas. Sin embargo, se observa una gran cantidad de valores atípicos hacia la parte superior, lo que refleja la ocurrencia de eventos de lluvia intensa. Este comportamiento es característico de regímenes pluviométricos tropicales, donde predominan periodos secos o de baja precipitación intercalados con episodios de lluvias fuertes.

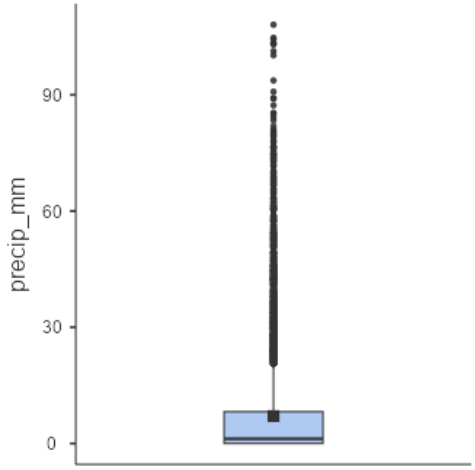


Figura 82 Diagramas de caja y bigotes

Fuente: Elaboración propia

Con el propósito de evaluar el comportamiento estadístico de la serie de precipitación, se seleccionaron pruebas que permiten analizar de manera integral la tendencia, la homogeneidad y la distribución de los datos. En este sentido, se optó por el uso de la prueba de Mann-Kendall para la detección de tendencias, la prueba de Mann-Whitney para el análisis de homogeneidad y la prueba de Kolmogorov-Smirnov para la evaluación de la distribución de la serie.

La selección de estas pruebas responde a su amplia aplicación en estudios hidrológicos y climáticos, especialmente en series de precipitación, las cuales suelen presentar alta variabilidad y distribuciones no normales. En particular, las pruebas no paramétricas como Mann-Kendall y Mann-Whitney son robustas frente a la presencia de valores atípicos y no requieren supuestos estrictos de normalidad, lo que las hace adecuadas para este tipo de datos. Por su parte, la prueba de Shapiro-Wilk permite verificar la forma de la distribución, aportando criterios para la selección de métodos estadísticos complementarios.

Los resultados de la prueba de Mann-Kendall para la estación Matecaña indican que no existe una tendencia estadísticamente significativa en la serie de precipitación, dado que el valor p (0.914) es superior al nivel de significancia establecido (α = 0.05). En consecuencia, no se rechaza la hipótesis nula, lo que sugiere que la serie presenta un comportamiento estacionario en el tiempo, sin evidenciar incrementos o disminuciones sostenidas a lo largo del periodo analizado.

Tabla 30 Resultados de la prueba de Mann-Kendall

Estación	Tendencia	Valor p	Hipótesis nula
Matecaña	No presenta tendencia significativa	0.914	No se rechaza

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la prueba de Mann-Whitney para la estación Matecaña muestran un valor del estadístico Z de 2.43 y un valor p de 0.015, el cual es inferior al nivel de significancia establecido (α = 0.05). En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula de igualdad entre los periodos analizados, indicando que existen diferencias estadísticamente significativas en la precipitación. Este resultado sugiere que la serie no es homogénea en el tiempo y que ha experimentado cambios en su comportamiento entre los periodos evaluados.

Tabla 31 Resultados de la prueba de Mann-Whitney

Estación	Estadístico	Valor p	Hipótesis nula
Matecaña	2.43	0.015	Se rechaza

Fuente: Elaboración propia

La prueba de Shapiro-Wilk fue aplicada con el fin de evaluar la normalidad de la serie de precipitación de la estación Matecaña. Los resultados obtenidos ($W = 0.515$; $p < 0.001$) indican que se rechaza la hipótesis nula de normalidad, evidenciando que la serie no sigue una distribución normal. Este comportamiento es característico de variables hidrológicas, las cuales presentan alta variabilidad, asimetría y la ocurrencia de eventos extremos.

Tabla 32 Resultados prueba de Shapiro-Wilk

Estación	Estadístico	Valor p	Hipótesis nula
Matecaña	0.515 (W)	< 0.001	Se rechaza

Fuente: Elaboración propia

En conjunto, los resultados del análisis estadístico evidencian que la serie de precipitación de la estación Matecaña presenta un comportamiento complejo desde el punto de vista hidrológico. La prueba de Mann-Kendall indicó la ausencia de una tendencia significativa en el tiempo, lo que sugiere que no existe un incremento o disminución progresiva de la precipitación a escala interanual. No obstante, la prueba de Mann-Whitney evidenció diferencias estadísticamente significativas entre los periodos analizados, indicando la presencia de cambios en la distribución de los datos y, por tanto, una posible no homogeneidad de la serie. Adicionalmente, la prueba de Shapiro-Wilk confirmó que la serie no sigue una distribución normal, lo cual es consistente con la naturaleza de las variables hidrológicas, caracterizadas por alta variabilidad y presencia de valores extremos.

8.2.3 Caracterización morfométrica

La delimitación de las unidades de análisis para las quebradas Gato Negro y Tinajas se realizó mediante el procesamiento de Modelos Digitales de Terreno (DTM) de alta resolución, utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Este proceso permitió definir la divisoria de aguas o limes de cada microcuenca, asegurando que el área de drenaje considerada en la modelación hidrológica corresponda fielmente a la topografía del terreno. Para la Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro, se incluyeron sus tributarios principales, Llano Grande y El Erazo, mientras que para la Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta) se integró el área de aporte de la quebrada Cundina, garantizando una visión sistémica del comportamiento hídrico en la zona de estudio.

La caracterización morfométrica es un paso crítico, ya que los parámetros físicos de la cuenca controlan la transformación de la lluvia en escorrentía. Según los lineamientos de la Guía Técnica Nacional (MADS, 2018), se calcularon variables fundamentales como el área de drenaje (A), el perímetro (P), la longitud del cauce principal (L) y la pendiente media de la cuenca (S). Estos atributos permiten estimar el Tiempo de Concentración (Tc), definido como el tiempo necesario para que una gota de agua caída en el punto más alejado de la cuenca llegue hasta el punto de salida. Una cuenca con pendientes pronunciadas y formas compactas tenderá a presentar respuestas hidrológicas más rápidas y picos de caudal más elevados.

8.2.3.1 Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca media – alta)

La caracterización morfométrica de la unidad hidrográfica de la quebrada Tinajas (cuenca media–alta), con un área de 14.53 km², evidencia un comportamiento hidrológico

moderado, controlado por condiciones intermedias de infiltración y escorrentía superficial. La corriente principal, quebrada Tinajas, presenta un número de curva (CN) de 60, una pendiente promedio de 0.027 y un tiempo de concentración de 57 minutos, lo que indica una respuesta relativamente gradual ante eventos de precipitación, con capacidad de almacenamiento y regulación del flujo a lo largo del cauce.

Por su parte, la quebrada Cundina, como tributario relevante, muestra un CN de 58, pero con un pendiente promedio mayor (0.046) y un menor tiempo de concentración (44 minutos), lo que sugiere una respuesta hidrológica más rápida. Estas características implican que Cundina aporta caudales de manera más inmediata al sistema, incrementando la dinámica del flujo en la cuenca Tinajas. En conjunto, ambas corrientes configuran un sistema donde se combinan aportes graduales y rápidos, lo que influye directamente en la formación y propagación de crecientes.

Tabla 33. Caracterización morfométrica U.H. Q. Tinajas (Cuenca media – alta)

Unidad Hidrográfica	Area (Km2)	Corriente	Cn	Pendiente Promedio	Tiempo de concentración (min)
Q. Tinajas (Cuenca media – alta)	14.53	Q. Tinajas	60	0.027	57
		Q. Cundina	58	0.046	44

Fuente: Elaboración propia

8.2.3.2 Unidad Hidrográfica F.H Q. Gato Negro

La caracterización morfométrica de la franja hidrográfica de la quebrada Gato Negro evidencia un sistema de respuesta hidrológica rápida, influenciado principalmente por las condiciones de las corrientes Llano Grande y El Erazo. Ambas presentan áreas relativamente pequeñas (0.78 km² y 0.97 km², respectivamente), pero con pendientes elevadas y valores de número de curva (CN) altos, lo que favorece la generación de escorrentía superficial y una rápida concentración del flujo. En particular, Llano Grande muestra la mayor pendiente (0.254) y un tiempo de concentración de 13.07 minutos, mientras que El Erazo presenta un CN más alto (69), una pendiente de 0.186 y un tiempo de concentración de 14.03 minutos, lo que indica una alta capacidad de respuesta ante eventos de precipitación.

En conjunto, estas características reflejan una dinámica hidrológica dominada por aportes rápidos y eficientes hacia el cauce principal, con baja capacidad de almacenamiento y tiempos de respuesta cortos. Esto implica que la franja hidrográfica es susceptible a generar incrementos rápidos en el caudal, influyendo directamente en la formación de picos de creciente y en la variabilidad del flujo dentro del sistema Gato Negro.

Tabla 34 Caracterización morfométrica F. H. Q. Tinajas

Unidad Hidrográfica	Area (Km2)	Corriente	Cn	Pendiente Promedio	Tiempo de concentración (min)
F.H Q. Gato Negro	5.86	Q. El Erazo	69	0.186	14.03
		Q. Llano Grande	62	0.254	13.07

Fuente: Elaboración propia

8.2.3.3 Caracterización hidrológica a partir de la estación de precipitación

La caracterización hidrológica de la cuenca se realizó a partir del análisis de la información pluviométrica de la estación Matecaña, mediante la construcción y aplicación de curvas Duración–Profundidad–Frecuencia (DDF). Este enfoque permitió estimar la lámina total de precipitación asociada a diferentes duraciones y periodos de retorno, constituyendo la base para la generación de tormentas de diseño utilizadas en la modelación hidrológica.

A diferencia de las curvas Intensidad–Duración–Frecuencia (IDF), las cuales expresan la intensidad media de la precipitación, las curvas DDF representan directamente la profundidad acumulada de lluvia en función del tiempo. Esta característica resulta especialmente adecuada para su implementación en modelos como HEC-HMS, donde el insumo principal corresponde al volumen total de precipitación distribuido temporalmente (USACE, 2016).

Desde el punto de vista metodológico, el uso de curvas DDF permite evitar transformaciones adicionales requeridas al trabajar con IDF, como la conversión de intensidad a lámina, la cual implica supuestos de uniformidad temporal que pueden introducir incertidumbre en la estimación del volumen total de lluvia (Chow et al., 1988). En este sentido, las curvas DDF ofrecen una representación más directa y consistente del evento de precipitación, lo que mejora la confiabilidad en la simulación de escorrentía.

Adicionalmente, en el presente estudio se consideró que las curvas IDF oficiales disponibles para la estación del Aeropuerto Matecaña, generadas por el IDEAM, no se encuentran actualizadas frente a las condiciones actuales de variabilidad climática. Esta limitación implica un potencial sesgo en la estimación de intensidades de precipitación, especialmente en un contexto donde se han evidenciado cambios en los patrones de lluvia a escala regional. En consecuencia, la construcción de curvas DDF a partir de la información disponible permitió una representación más ajustada a las condiciones recientes de la serie analizada.

Por otra parte, en cuencas de pequeña escala, como la del presente estudio, la respuesta hidrológica está fuertemente controlada por el volumen total de precipitación más que por intensidades puntuales, lo que refuerza la pertinencia del uso de curvas DDF (Subramanya, 2013). Asimismo, la disponibilidad de información pluviométrica con resolución adecuada facilitó la estimación directa de profundidades de lluvia, mientras que la construcción de curvas IDF requeriría datos de alta resolución temporal que no siempre están disponibles o presentan limitaciones en su calidad (WMO, 2009).

En consecuencia, la adopción de curvas DDF en este estudio responde a criterios técnicos, metodológicos y de disponibilidad de información, garantizando una representación más realista del volumen de precipitación y su incorporación coherente en la modelación hidrológica.

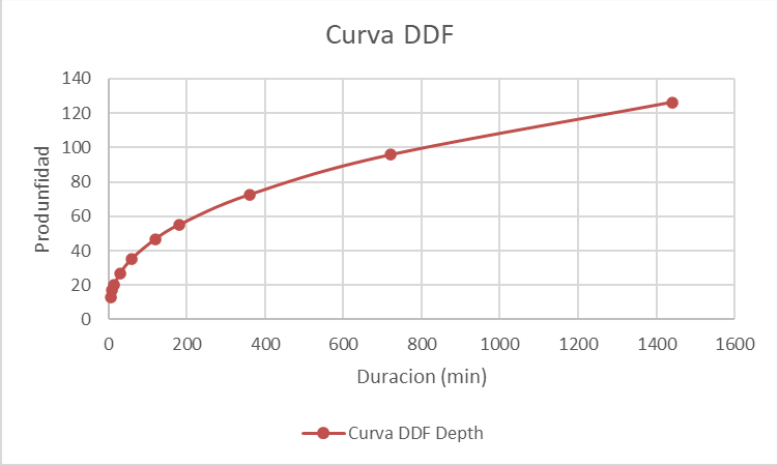


Figura 83 Grafica Curva DDF
Fuente: Elaboración propia

8.2.4 Modelación hidrológica

Se empleó el modelo precipitación–escorrentía HEC-HMS versión 4.13, desarrollado por el Hydrologic Engineering Center del U.S. Army Corps of Engineers, para la simulación hidrológica de la cuenca en estudio. Este modelo permite estimar los hidrogramas de escorrentía directa generados a partir de eventos de precipitación de diseño, considerando la discretización de la cuenca en unidades hidrológicas representativas y la parametrización de sus características físicas.

El proceso de simulación se realizó para diferentes periodos de retorno, con el fin de evaluar la respuesta hidrológica de la cuenca bajo distintos escenarios de precipitación. Los resultados obtenidos incluyen caudales pico, tiempos de concentración efectivos y la evolución de la onda de creciente a lo largo del sistema de drenaje. Los anexos del estudio hidrológico incluyendo los modelos se encuentran en el Anexo 4.

8.2.4.1 Estimación de precipitación de diseño

La estimación de la precipitación de diseño se realizó mediante el análisis de frecuencias utilizando la distribución de Distribución de Gumbel, ampliamente aplicada para modelar valores máximos hidrológicos. Esta distribución permite estimar la precipitación asociada a un periodo de retorno específico a partir de la siguiente expresión:

$$\mathbf{XT} = \mathbf{X}^{-} + \mathbf{KT} \cdot \mathbf{S}$$

Donde:

Xt: precipitación para un periodo de retorno

$\bar{X}$: media de la serie

S: desviación estándar

Kt: factor de frecuencia de Gumbel

El factor Kt se obtiene a partir de la variable reducida:

$$\mathbf{KT} = \frac{\mathbf{YT} - \bar{\mathbf{Y}}}{\boldsymbol{SY}}$$

y:

$$\mathbf{YT} = -\ln[-\ln(\mathbf{1} - \mathbf{T1})]$$

Estas expresiones establecen una relación directa entre el periodo de retorno y la magnitud de la precipitación, de manera que, al aumentar T, el valor de la variable reducida YT y del factor KT también incrementa, resultando en mayores valores de precipitación de diseño. Desde el punto de vista hidrológico, esto permite representar distintos escenarios de riesgo, donde eventos poco frecuentes (altos periodos de retorno) están asociados a lluvias más intensas y, por ende, a mayores potenciales de generación de escorrentía. Estos valores fueron posteriormente integrados con las curvas DDF para definir la distribución temporal de la precipitación.

8.2.4.2 Precipitación efectiva y pérdidas hidrológicas

La estimación de la precipitación efectiva se realizó mediante el método del Número de Curva (CN) del USDA Soil Conservation Service, el cual relaciona la precipitación total con la escorrentía directa considerando las características del suelo y la cobertura.

La relación fundamental está dada por:

$$\mathbf{Q} = \frac{(\mathbf{P} - \mathbf{Ia} + \mathbf{S})}{(\mathbf{P} - \mathbf{Ia})\mathbf{2}}$$

Donde:

- QQQ: escorrentía directa (mm)
- PPP: precipitación total (mm)
- Ia: abstracción inicial
- SSS: capacidad máxima de retención del suelo

La abstracción inicial se define como:

$$\mathbf{Ia} = \mathbf{0.2}\boldsymbol{S}$$

y la retención máxima:

$$\mathbf{S} = \frac{\mathbf{25400}}{\mathbf{CN}} - \mathbf{254}$$

Estas ecuaciones muestran que la generación de escorrentía depende de la capacidad del suelo para retener agua. Cuando P ≤ Ia, no se genera escorrentía, lo que indica que la lluvia es completamente absorbida por infiltración y almacenamiento inicial. Sin embargo, una vez superado este umbral, la escorrentía aumenta de forma no lineal, reflejando condiciones de saturación progresiva del suelo.

En este contexto, el CN controla directamente la magnitud de S: valores altos de CN implican menores capacidades de retención y, por tanto, una respuesta hidrológica más rápida y con mayores volúmenes de escorrentía, mientras que valores bajos favorecen la infiltración y la regulación del flujo. Este comportamiento es fundamental para entender la variabilidad espacial de la respuesta hidrológica en la cuenca.

8.2.4.3 Modelo hidrológico en HEC-HMS y caudales máximos

- Transformación de la lluvia en escorrentía

La transformación de la precipitación efectiva en escorrentía se realizó mediante el hidrograma unitario sintético del USDA Soil Conservation Service, el cual representa la respuesta de la cuenca ante un pulso de lluvia efectiva.

El parámetro fundamental es el tiempo de retardo (lag time), estimado como:

$$\mathbf{tlag = 0.6 \cdot Tc}$$

Donde:

- Tc: tiempo de concentración

El caudal pico del hidrograma unitario se calcula como:

$$\mathbf{Qp = \frac{0.208 \cdot A}{tp}}$$

Donde:

- Qp: caudal pico ($m^3/s/mm$)
- A: área de la cuenca (km^2)
- tp: tiempo al pico (h)

Estas relaciones evidencian que la respuesta hidrológica está fuertemente influenciada por las características morfométricas. Cuencas con tiempos de concentración bajos (asociados a mayores pendientes o menor longitud de flujo) generan hidrogramas más estrechos y picos más elevados, lo que indica una respuesta rápida. En contraste, cuencas con mayores tiempos de concentración presentan hidrogramas más atenuados, reflejando una mayor capacidad de almacenamiento y regulación del flujo.

- Modelo Hidrológico HEC-HMS.

La modelación hidrológica se implementó en HEC-HMS, integrando los procesos de pérdidas, transformación y tránsito de flujo en un esquema semi-distribuido.

El tránsito de caudales en los cauces se representó mediante el método de Muskingum-Cunge, el cual se basa en la ecuación de continuidad:

$$\frac{dS}{dt} = I - O$$

y en la relación de almacenamiento:

$$S = K[XI + (1 - X)O]$$

Donde:

- S: almacenamiento en el tramo
- I: caudal de entrada
- O: caudal de salida
- K: tiempo de almacenamiento
- X: factor de ponderación

Este método permite representar la propagación de la onda de creciente, evidenciando que las diferencias entre entrada y salida generan almacenamiento temporal en el sistema. Desde el punto de vista hidrológico, esto se traduce en un desfase y una atenuación del hidrograma a medida que el flujo avanza por el cauce.

- Esquematización modelo hidrológico HEC-HMS U.H. Q. Tinajas (cuenca media – alta)

La esquematización de la cuenca de la quebrada Tinajas se definió con el propósito de representar de manera adecuada la dinámica hidrológica del sistema, priorizando la interacción entre la zona de cabecera, el tramo medio y el principal tributario. En este sentido, la organización adoptada permite capturar la generación, tránsito y acumulación del flujo a lo largo del cauce principal, así como la incorporación de aportes provenientes de la quebrada Cundina en los puntos de confluencia. Esta configuración facilita la representación de la propagación de la onda de creciente dentro del sistema, garantizando coherencia hidráulica entre los diferentes tramos y permitiendo una mejor estimación del hidrograma de salida, en concordancia con enfoques de modelación hidrológica que destacan la importancia de la conectividad del sistema de drenaje (Moglen, 2017).

Desde el punto de vista metodológico, esta esquematización responde a un enfoque de modelación semi-distribuida, en el cual la agregación de áreas con características hidrológicas similares reduce la incertidumbre en la estimación de parámetros y evita la sobre parametrización del modelo.

De acuerdo con Kuzera & Pitt (2004), la escala de subdivisión debe ser consistente con la resolución de los datos disponibles, mientras que Moglen et al. (2017) señalan que en cuencas de pequeña escala la respuesta hidrológica está dominada por la conectividad hidráulica y los puntos de confluencia, lo que justifica una simplificación basada en unidades representativas. En este contexto, la estructura adoptada permite mantener un equilibrio entre la representatividad física del sistema y la simplicidad del modelo, capturando los procesos hidrológicos dominantes sin introducir complejidad innecesaria.

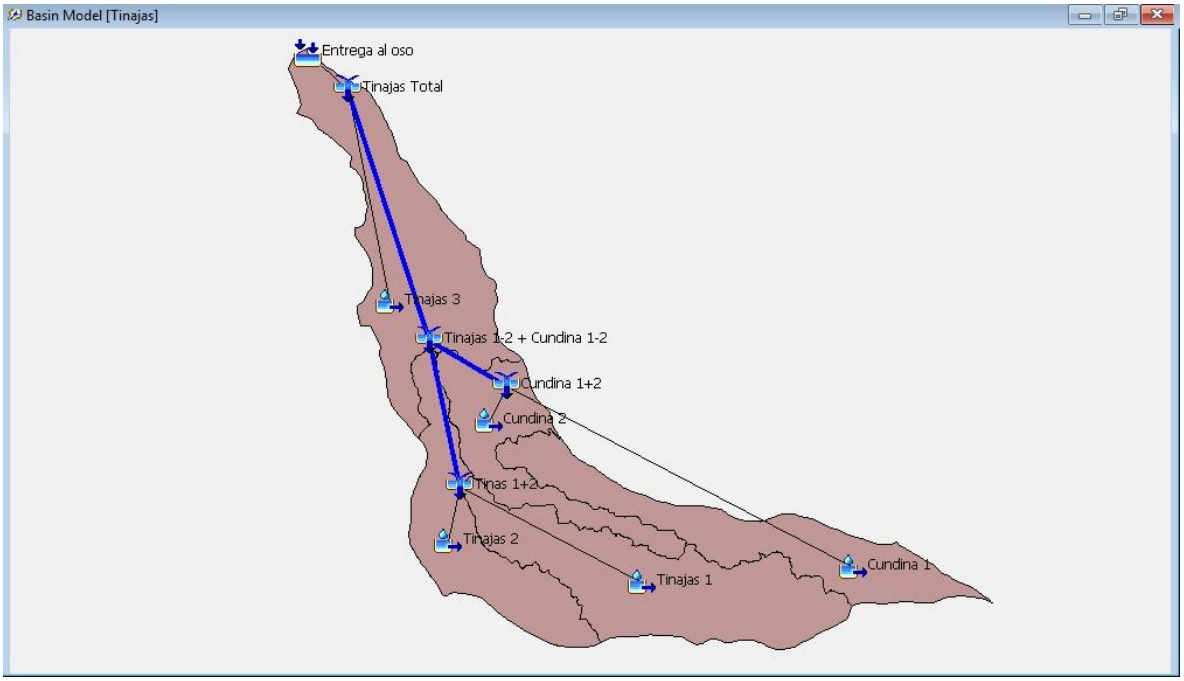


Figura 84 Esquematización modelo hidrológico Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (cuenca media – alta)
Fuente: Elaboración propia

- Esquematización modelo hidrológico HEC-HMS F. H. Q. Gato Negro

La esquematización de la franja hidrográfica de la quebrada Gato Negro se definió con el propósito de representar de manera adecuada la variabilidad espacial de la escorrentía y las diferencias en los tiempos de respuesta hidrológica de las corrientes que conforman el sistema. En este sentido, la configuración adoptada permite capturar la generación, concentración y tránsito del flujo desde tributarios de respuesta rápida, como El Erazo y Llano Grande, hasta su integración en el cauce principal con descarga hacia el río Otún. Esta estructura facilita la representación de la propagación de la onda de creciente y la interacción entre aportes con diferentes dinámicas, lo cual es fundamental para una adecuada estimación del hidrograma de salida, en concordancia con enfoques que resaltan la importancia de la conectividad del sistema de drenaje en cuencas pequeñas (Moglen, 2017).

Desde el punto de vista metodológico, esta esquematización responde a un enfoque de modelación semi-distribuida, el cual busca un equilibrio entre la complejidad del modelo y la representatividad física del sistema. De acuerdo con Jami (2004), una discretización excesiva puede incrementar la incertidumbre en la estimación de parámetros, mientras que modelos demasiado agregados tienden a simplificar en exceso la heterogeneidad espacial de la cuenca. Asimismo, Moglen et al. (2017) señalan que en cuencas de pequeña escala la respuesta hidrológica está dominada por la conectividad hidráulica y los puntos de confluencia, por lo que una estructura basada en los principales tributarios resulta suficiente para representar el comportamiento del sistema. En este contexto, la configuración adoptada permite capturar las diferencias morfométricas y de respuesta hidrológica entre las corrientes, representando de manera realista los procesos de generación y tránsito de la escorrentía sin incurrir en sobre parametrización.

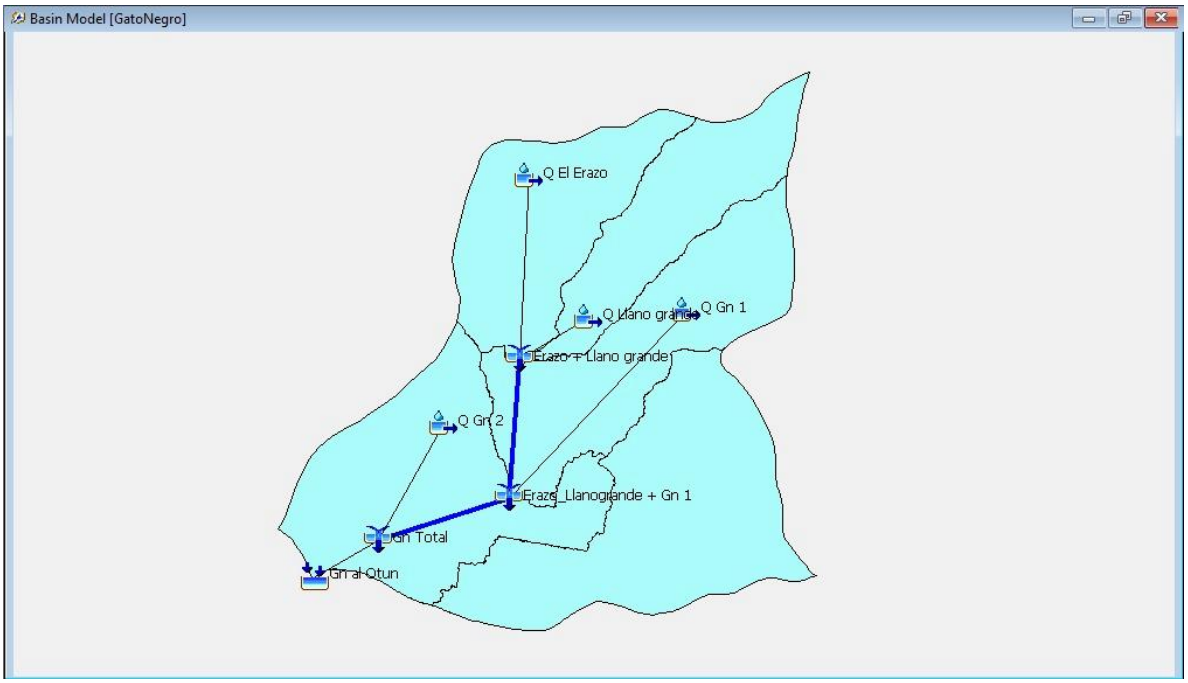


Figura 85 Esquematización modelo hidrológico Unidad Hidrográfica F. H. Q. Gato Negro

Fuente: Elaboración propia

Como resultado, los caudales máximos obtenidos no dependen únicamente de la magnitud de la precipitación, sino también de la interacción entre las subcuencas, la capacidad de almacenamiento y las características hidráulicas del sistema. Esto explica el incremento progresivo de los caudales hacia la salida de la cuenca y la modificación de la forma de la onda de creciente, aspectos fundamentales para la evaluación del comportamiento hidrológico y el diseño hidráulico.

8.2.4.4 Caudales máximos Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta)

Con el fin de analizar la respuesta hidrológica de la cuenca ante diferentes condiciones de precipitación, se estimaron los caudales máximos para distintos periodos de retorno, empleando los hietogramas de diseño previamente definidos. En la **Figura 86** se presentan los hietogramas utilizados en la modelación, mientras que en la **Tabla 35** se resumen los caudales pico obtenidos en los puntos de interés sobre la quebrada Tinajas y Cundina.

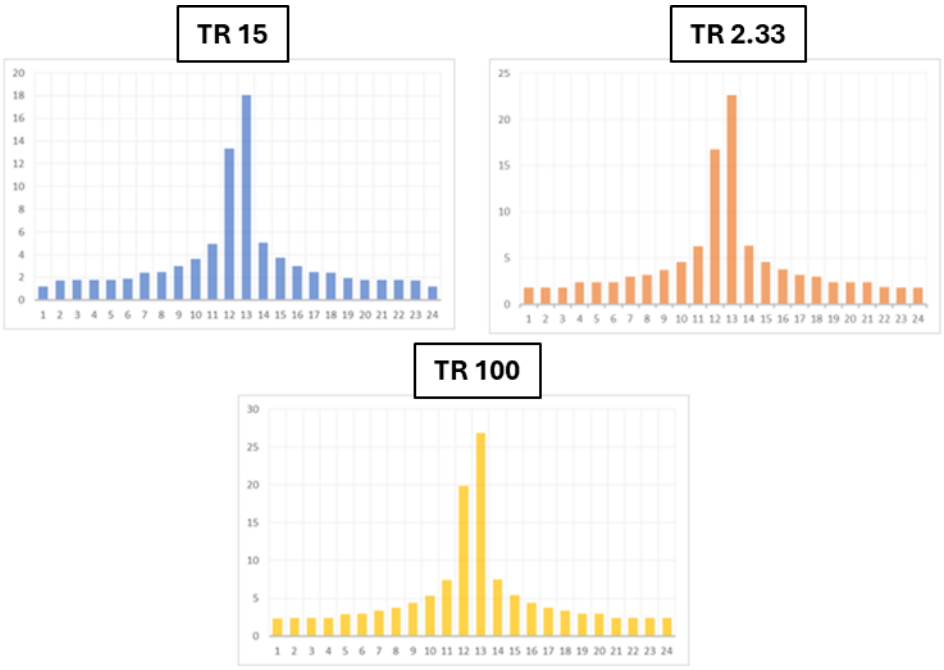


Figura 86 Hietograma de diseño Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (cuenca media – alta)

Fuente: Elaboración propia

La estimación de caudales máximos para la unidad hidrológica de la quebrada Tinajas (a punto de cierre) evidencia un incremento progresivo en función del periodo de retorno, con valores de 28.0 m³/s para Tr = 2.33 años, 41.5 m³/s para Tr = 15 años y 55.4 m³/s para Tr = 100 años. Este comportamiento es consistente con el análisis de precipitación de diseño, donde eventos menos frecuentes están asociados a mayores intensidades y volúmenes de lluvia, lo que se traduce en un aumento significativo de la escorrentía generada.

Tabla 35 Caudales máximos para diferentes periodos de retorno Q. Tinajas y Q. Cundina de la Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca media- alta)

Punto	Q. Tr 2.33 (m3/s)	Q. Tr 15 (m3/s)	Q. Tr 100 (m3/s)
Q. Tinajas - primer punto de caudal	7.1	10.5	14
Q. Tinajas antes de confluencia con Q. Cundina	11.8	17.5	23.3
Q. Cundina - primer punto de caudal	5.2	7.7	10.3
Q. Cundina a cierre de cuenca antes de confluencia con Q. Tinajas	9.1	13.4	17.5
Q. Tinajas a cierre de cuenca antes de confluencia con Q. El Oso	28	41.5	55.4

Fuente: Elaboración propia

8.2.4.5 Caudales máximos Unidad Hidrográfica F. H. Q. Gato Negro

Para evaluar el comportamiento hidrológico de la franja hidrográfica de la quebrada Gato Negro bajo distintos escenarios de lluvia, se realizó la estimación de caudales máximos asociados a varios periodos de retorno, a partir de los hietogramas de diseño previamente establecidos. En la **Figura 87** se muestran los hietogramas empleados como insumo para la modelación, mientras que en la **Tabla 36** se presentan los valores de caudal pico obtenidos en el punto de salida del sistema.

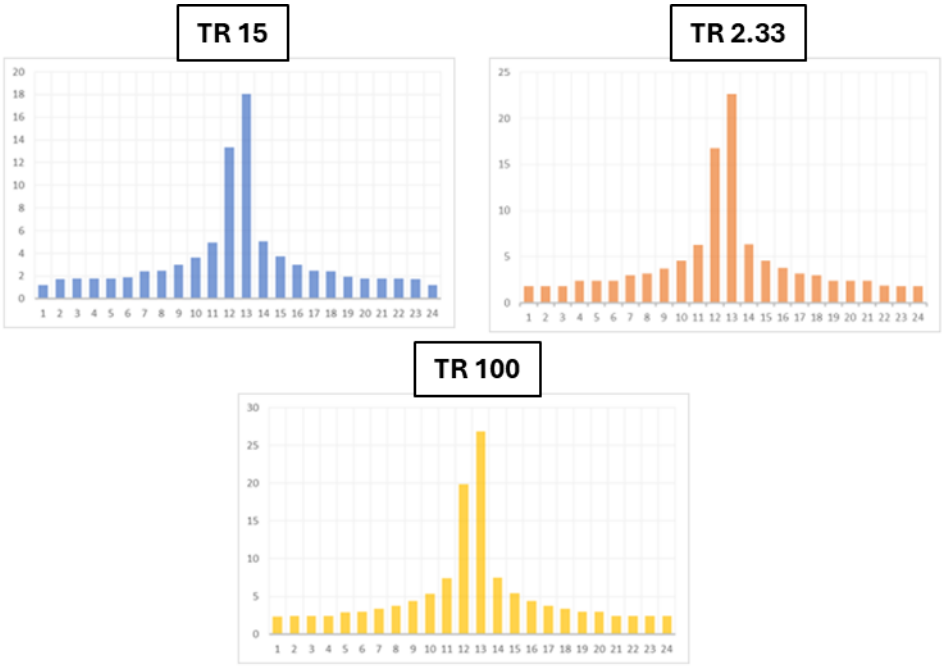


Figura 87 Hietograma de diseño Unidad Hidrográfica F. H. Q. Gato Negro
Fuente: Elaboración propia

Para la F.H.Q. Gato Negro (a punto de cierre), los caudales máximos estimados presentan un incremento significativo con el aumento del periodo de retorno, alcanzando valores de 5.5 m³/s para Tr = 2.33 años, 12.7 m³/s para Tr = 15 años y 21 m³/s para Tr = 100 años. Este comportamiento responde directamente al incremento en la magnitud de la precipitación de diseño, donde eventos más extremos generan mayores volúmenes de escorrentía superficial.

Tabla 36 Caudales máximos para diferentes periodos de retorno Q. El Erazo y Q. Llano Grande de la Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro

Punto	Q. Tr 2.33 (m3/s)	Q. Tr 15 (m3/s)	Q. Tr 100 (m3/s)
Q. Llano Grande antes de confluencia con Q. El Erazo	1.4	3.1	5
Q. El Erazo antes de confluencia con Q. Llano Grande	3.5	6.1	8.7
Q. El Erazo aguas abajo de confluencia con Q. Llano Grande	5.3	11.1	17.7
Q. El Erazo a cierre de cuenca antes de confluencia al R. Otún	5.5	12.7	21

Fuente: Elaboración propia

8.2.5 Modelación hidráulica

Con base en los caudales máximos definidos para cada periodo de retorno y punto de interés sobre las corrientes objetivo de estudio, se obtienen los resultados de las modelaciones hidráulicas 1D y 2D realizadas bajo los parámetros y características descritas en el marco metodológico del presente documento. A continuación, se muestran los resultados.

8.2.5.1 Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca media – alta)

Para las quebrada Tinajas y Cundina, a las cuales se les asignó un periodo de retorno máximo de 15 años para la representación del componente hidrológico, se obtiene como principal resultado y como insumo de mayor relevancia para definir el componente hidrológico de la ronda hídrica, el ráster de la extensión de la inundación presentada, asociado a valores de profundidad de agua principalmente (**Figura 88**) , no obstante, con la modelación hidráulica se obtienen diferentes resultados de parámetros hidráulicos tales como velocidad del flujo (**Figura 89)** y otros como esfuerzo cortante, cota de elevación de la lámina de agua, distribución del flujo en secciones transversales, entre otros, estos pueden consultarse en el Anexo 3 donde encuentran los modelos hidráulicos configurados y corridos.

En términos generales, el mayor desbordamiento presentado para esta U.H. se presenta en el tramo final de la quebrada Tinajas, por el sector Villa Capri, donde se evidencia una mancha de inundación a partir del cauce permanente de aproximadamente 98 metros hacia la margen izquierda. No obstante, se evidencian otros sectores con desbordamientos menos extensos, pero generar afectaciones al territorio; como resultado del análisis del modelo hidráulico realizado, se presenta un resumen de puntos críticos por inundación en la **Tabla 37**.

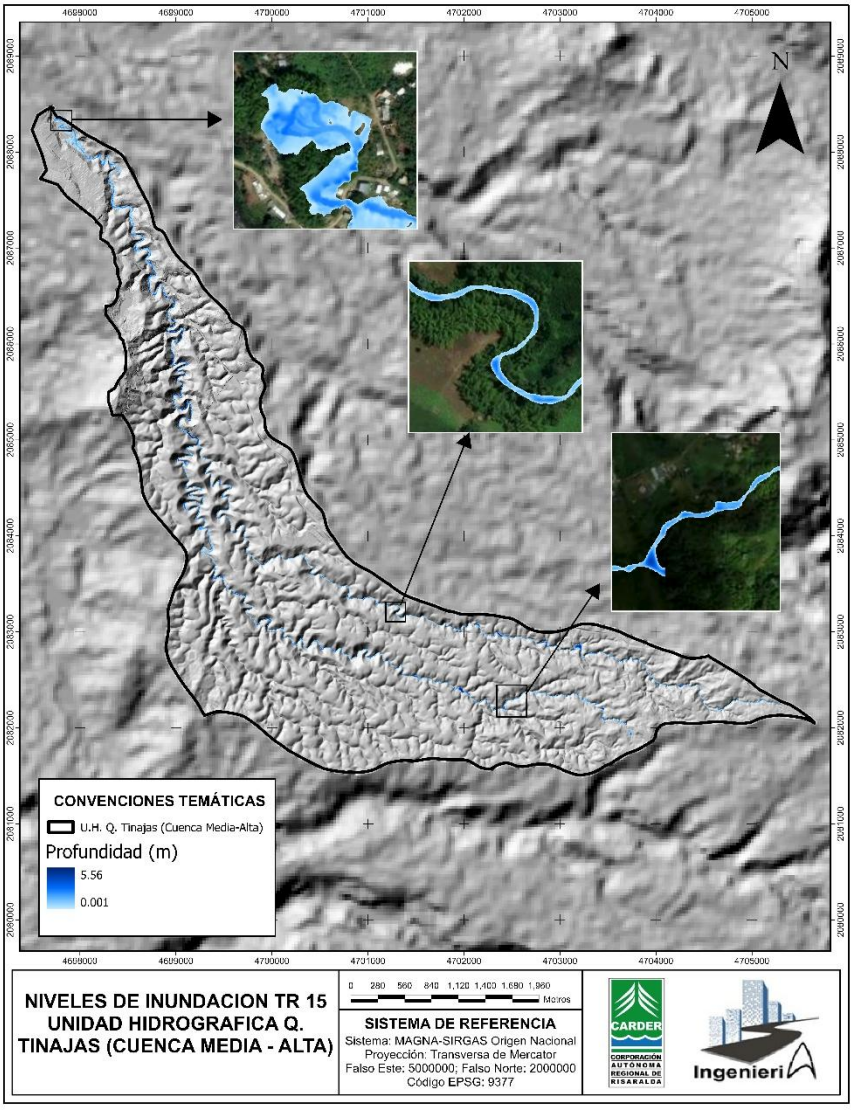


Figura 88 Profundidad de flujo modelo hidráulico Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (cuenca media – alta)

Fuente: Elaboración propia

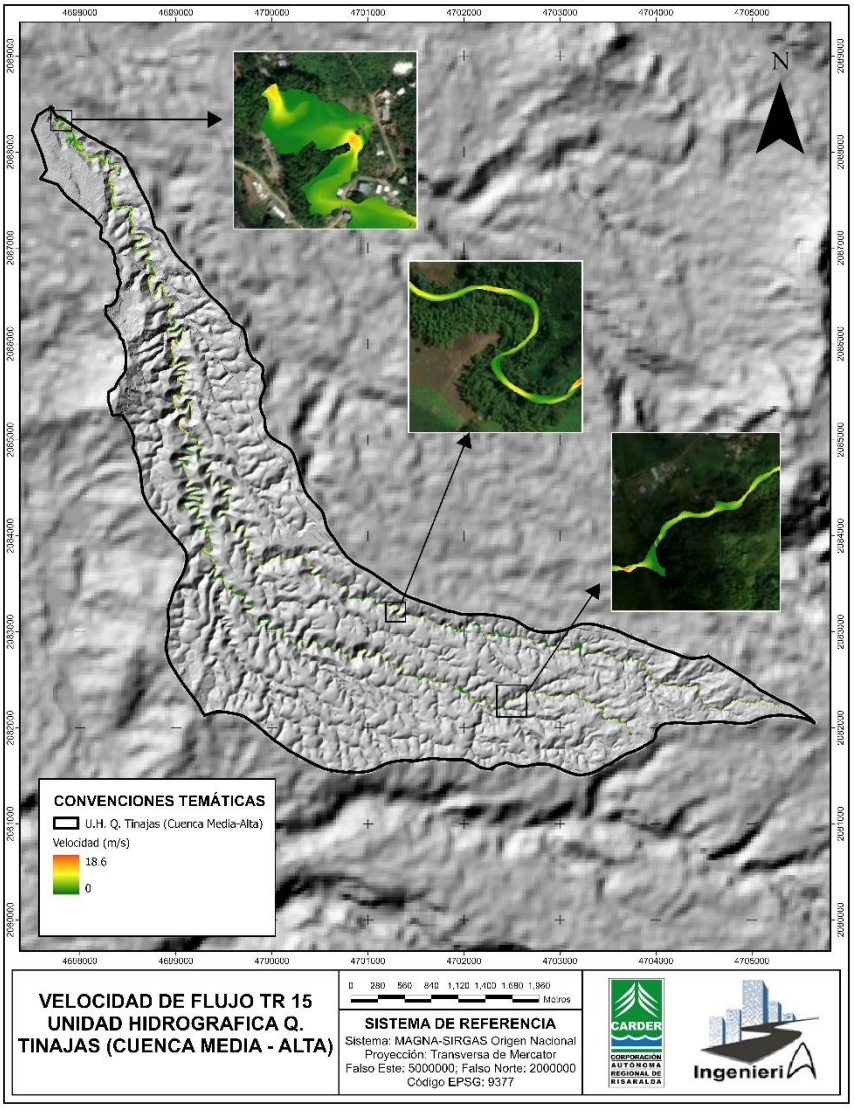


Figura 89 Velocidad de flujo modelo hidráulico Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (cuenca media – alta)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37 Identificación de puntos críticos por inundación - Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (cuenca media – alta)

Imagen	Sector/descripción	Coordenadas
	Q. Tinajas: vivienda sobre primer puente aguas agua abajo de nacimiento, sector La Graminea. En visitas de campo, se reportó por habitante de la vivienda que años atrás la corriente arrastro con parte de la vivienda y tuvo que ser reconstruida.	X: 4703236 Y: 2082294
	Q. Tinajas: viviendas localizadas por sector Altagracia / escuela nueva Tinajas. En visitas de campo, se reportó por habitante de una de las viviendas que años atrás ha habido eventos de inundación que han afectado la infraestructura allí localizada.	X: 4699461 Y: 2083568

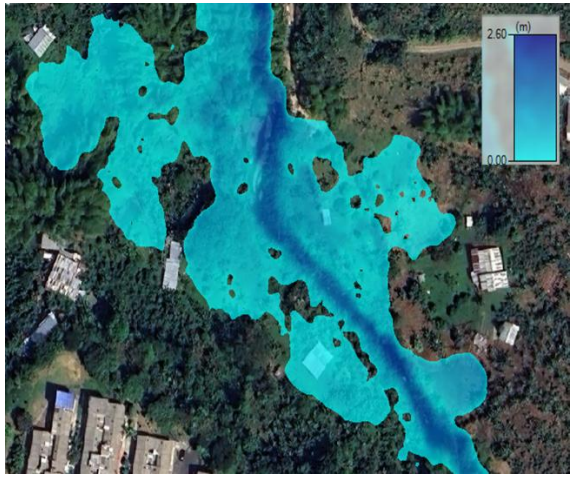
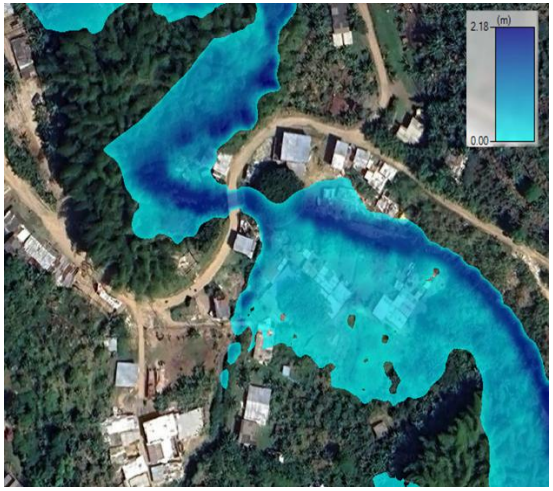
Imagen	Sector/descripción	Coordenadas
	Q. Cundina: caserío localizado en la zona alta de la corriente sector Brisas de Condina, cercano a la vía Pereira – Armenia. Actualmente este sector tiene la quebrada canalizada por el paso entre las viviendas dados los antecedentes de riesgo por inundación que ha presentado la zona. Esta información fue reportada en visitas de campo por habitantes de la zona.	X: 4703174 Y: 2082848
	Q. Tinajas: viviendas dispersas por sector barrio Hacienda Cuba, aguas arriba de Villa Capri, se encuentran dentro de la llanura de inundación.	X: 4697976 Y: 2088072

Imagen	Sector/descripción	Coordenadas
	Q. Tinajas: viviendas sector Ciudad Capri, por barrio Bosques de Cuba. Esta zona tiene antecedentes reportados por la comunidad.	X: 4697858 Y: 2088240

Fuente: Elaboración propia

8.2.5.2 Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro

Para las quebrada El Erazo y Llano Grande, a las cuales se les asignó un periodo de retorno máximo de 100 años para la representación del componente hidrológico, se obtiene como principal resultado y como insumo de mayor relevancia para definir el componente hidrológico de la ronda hídrica, el ráster de la extensión de la inundación presentada, asociado a valores de profundidad de agua principalmente (**Figura 90**) , no obstante, con la modelación hidráulica se obtienen diferentes resultados de parámetros hidráulicos tales como velocidad del flujo (**Figura 91)** y otros como esfuerzo cortante, cota de elevación de la lámina de agua, distribución del flujo en secciones transversales, entre otros, estos pueden consultarse en el Anexo 3 donde encuentran los modelos hidráulicos configurados y corridos.

Para esta Unidad Hidrográfica, los mayores desbordamientos se presentan en la zona aguas debajo de la confluencia de El Erazo y Llano Grande, sector IE Hugo Ángel Jaramillo, (85 metros margen derecha) y posteriormente en cancha ciudad Boquía (62 metros margen izquierda). Como resultado del análisis del modelo hidráulico realizado, se presenta un resumen de puntos críticos por inundación en la **Tabla 38**.

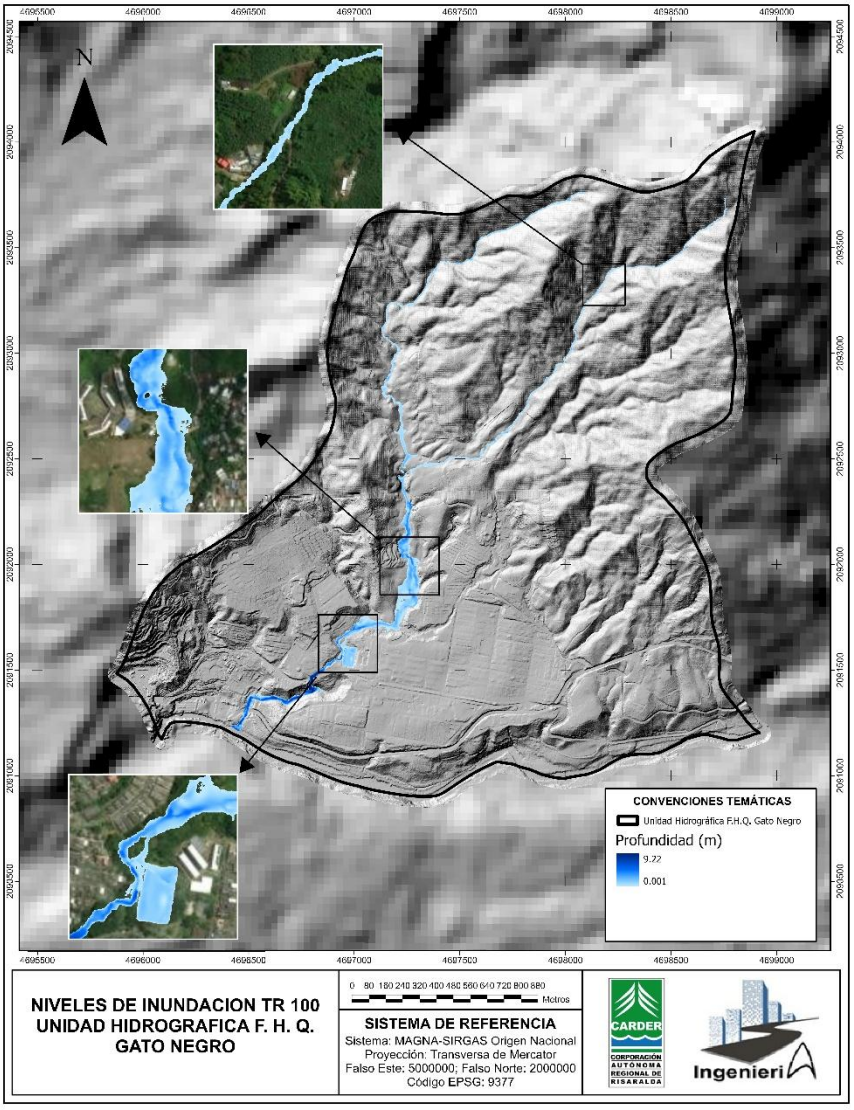


Figura 90 Profundidad de flujo modelo hidráulico Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro

Fuente: Elaboración propia

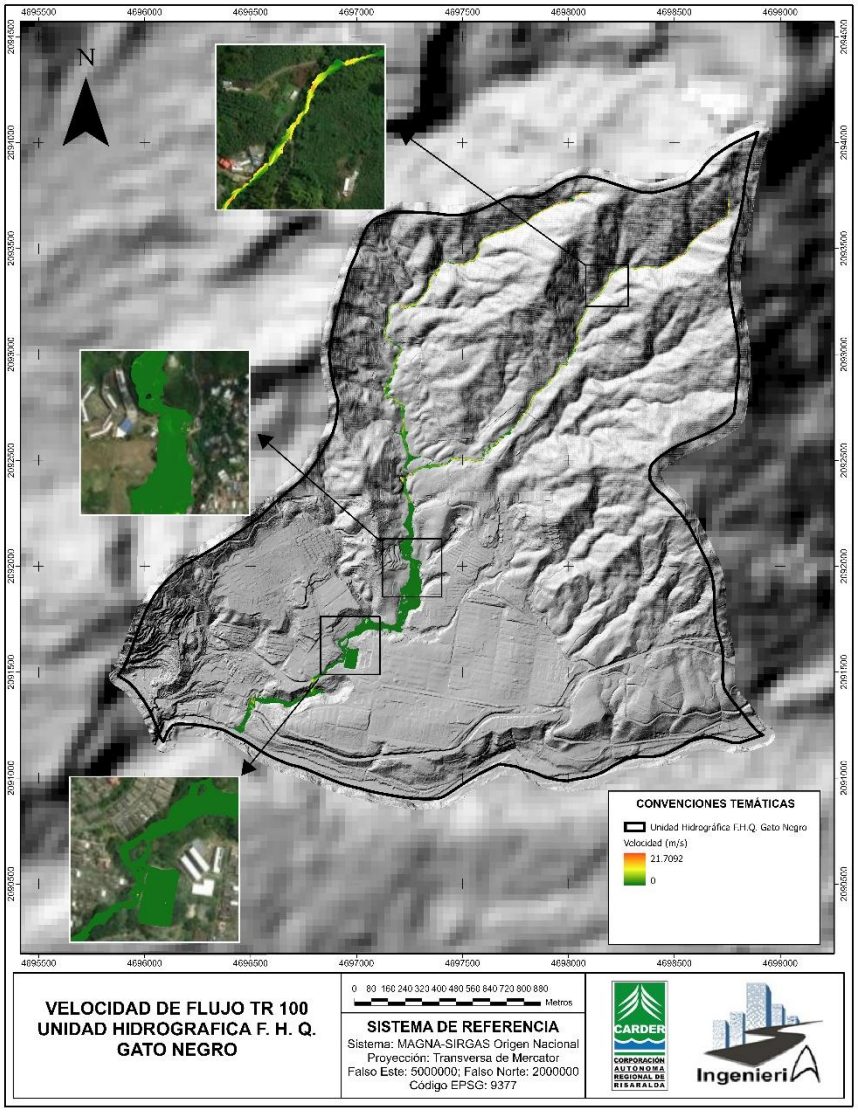


Figura 91 Velocidad de flujo modelo hidráulico Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38 Identificación de puntos críticos por inundación - Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro

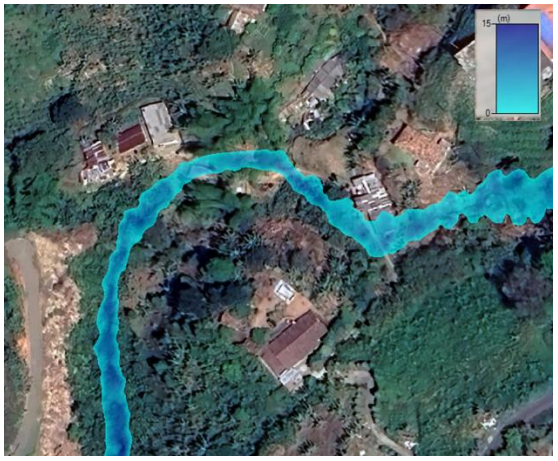
Imagen	Sector/descripción	Coordenadas
	Q. El Erazo: vivienda ubicada en la zona alta de la corriente, por vía Pital de Combia.	X: 4697230 Y: 2093225
	Q. El Erazo: viviendas dispersas en zona aguas abajo de la IE Hugo Ángel Jaramillo.	X: 4697292 Y: 2091942

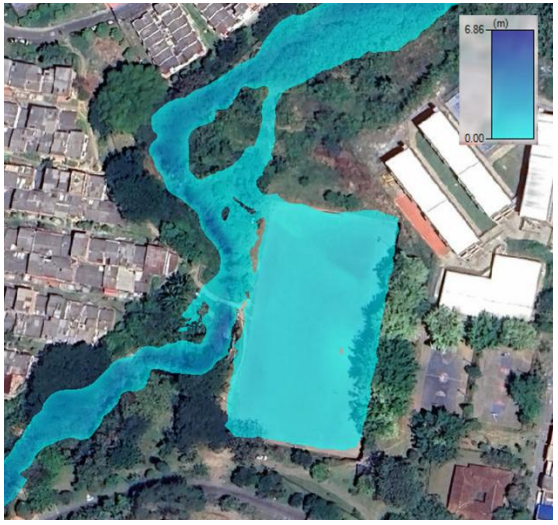
Imagen	Sector/descripción	Coordenadas
	Q. El Erazo: cancha ciudad Boquía parque industrial. Esta cancha ha presentado eventos históricos de inundación reportado por comunidad de la zona.	X: 4696973 Y: 2091564

Imagen	Sector/descripción	Coordenadas
	Q. El Erazo: vivienda localizada en la margen izquierda en zona de desembocadura al río Cauca, esta vivienda se encuentra igualmente dentro de la ronda hídrica del río Cauca.	X: 466469 Y: 2091234

Fuente: Elaboración propia

8.2.6 Delimitación del componente hidrológico

8.2.6.1 Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta)

La envolvente de la mancha de inundación obtenida conforma el componente hidrológico de la ronda hídrica, en la siguiente imagen se muestra el resultado para la U.H. Q. Tinajas (cuenca media – alta), correspondiéndole un valor de área demarcada para este componente de 22.87 Ha y 8.92 Ha a las quebradas Tinajas y Cundina respectivamente.

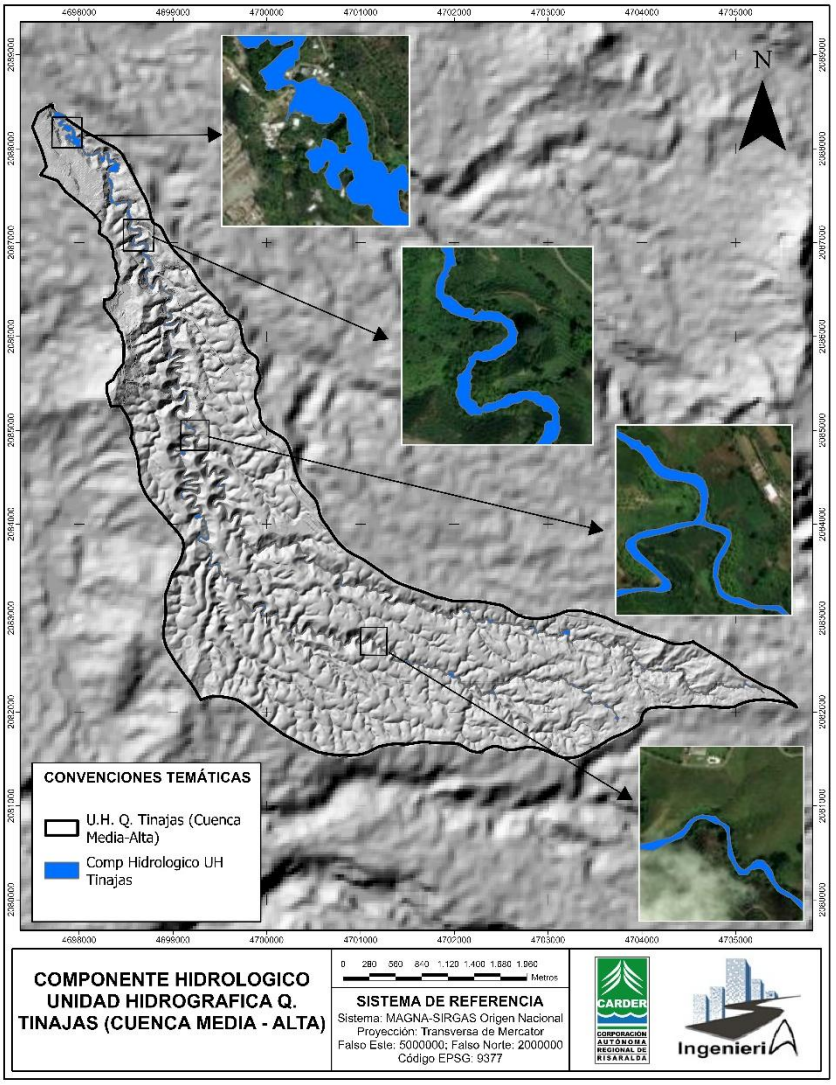


Figura 92 Componente hidrológico Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (cuenca media – alta)

Fuente: Elaboración propia

8.2.6.2 Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro

Por su parte, la envolvente de la mancha de inundación que conforma el componente hidrológico de la ronda hídrica de la U.H. Q. Tinajas F.H.Q. Gato Negro, se presenta a continuación. El valor de área demarcada para este componente fue de 9.05 Ha para la quebrada El Erazo y de 1.84 Ha para la quebrada Llano Grande.

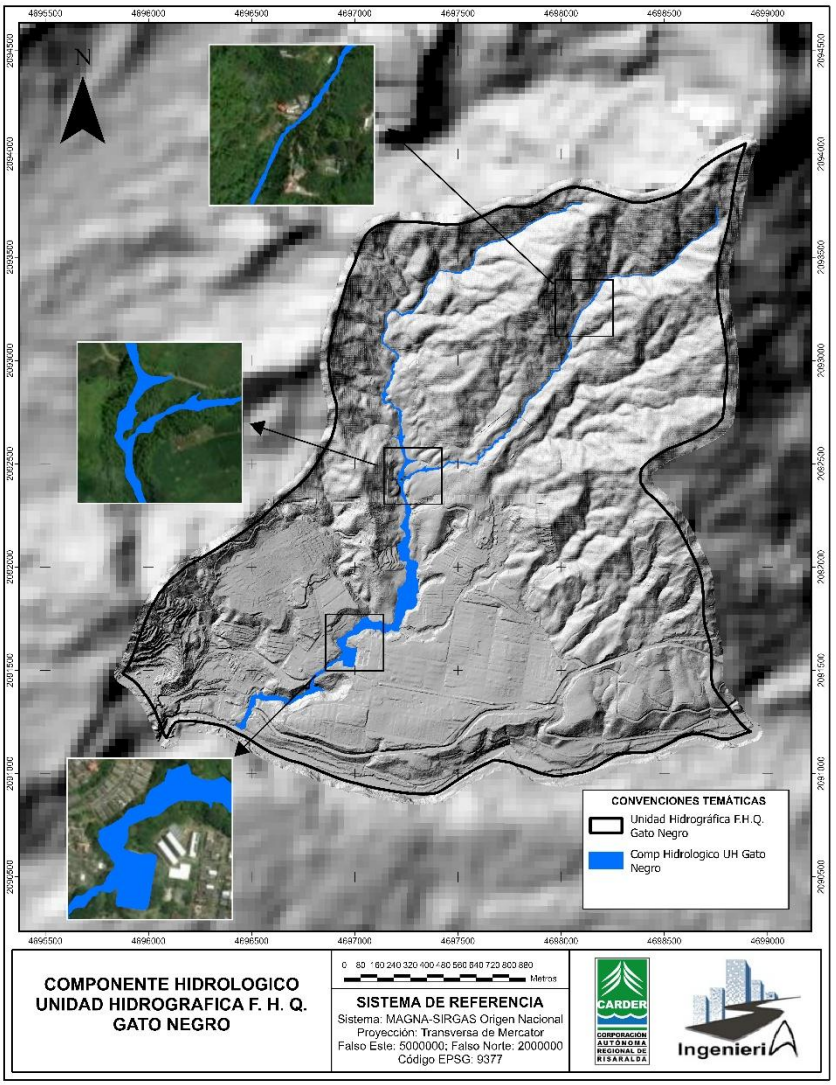


Figura 93 Componente hidrológico Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro
Fuente: Elaboración propia

8.3 Delimitación del componente ecosistémico

8.3.1 Zonas de vida

Como se explicó en el marco metodológico, la clasificación de zonas de vida corresponde a un enfoque climático regional basado en el sistema de Holdridge, el cual define unidades homogéneas en términos de biotemperatura y precipitación; como se muestra a continuación, para las dos Unidades Hidrográficas objeto de estudio, se define una sola zona de vida Q. Tinajas (cuenca media – alta): Bosque Muy Húmedo Premontano y F.H.Q. Gato Negro: Bosque Húmedo Premontano.

Es importante mencionar que, a pesar de que en campo se observa una alta diversidad de especies y variaciones en la cobertura vegetal a lo largo de las corrientes, estas diferencias responden a condiciones locales como gradientes altitudinales, variabilidad edáfica, efectos de borde, influencia hídrica y grados de intervención antrópica. Sin embargo, dichas variaciones no representan cambios en las condiciones climáticas medias que determinan la zona de vida, por lo cual la clasificación en una única zona de vida por Unidad Hidrográfica se considera válida y consistente con la escala de análisis, esperando mayor variabilidad en el promedio del valor de H que si se encuentra asociado a la variabilidad de especies que muestran una marcada diferencia en las Unidades Hidrográficas.

8.3.1.1 Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta)

La zona de vida obtenida pata la Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta) corresponde a Bosque Muy húmedo Premontano.

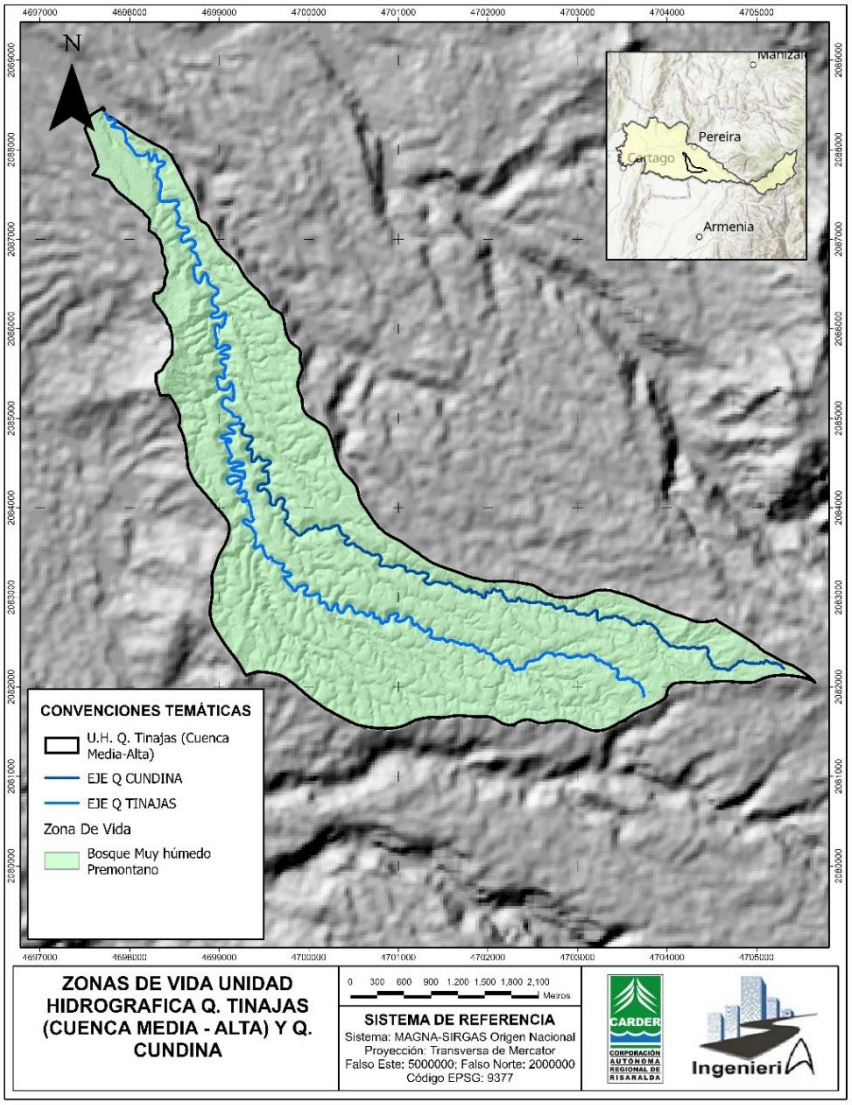


Figura 94 Zonas de vida Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta)
Fuente: Elaboración propia

8.3.1.2 Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro

La zona de vida obtenida pata la Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro corresponde a Bosque Húmedo Premontano.

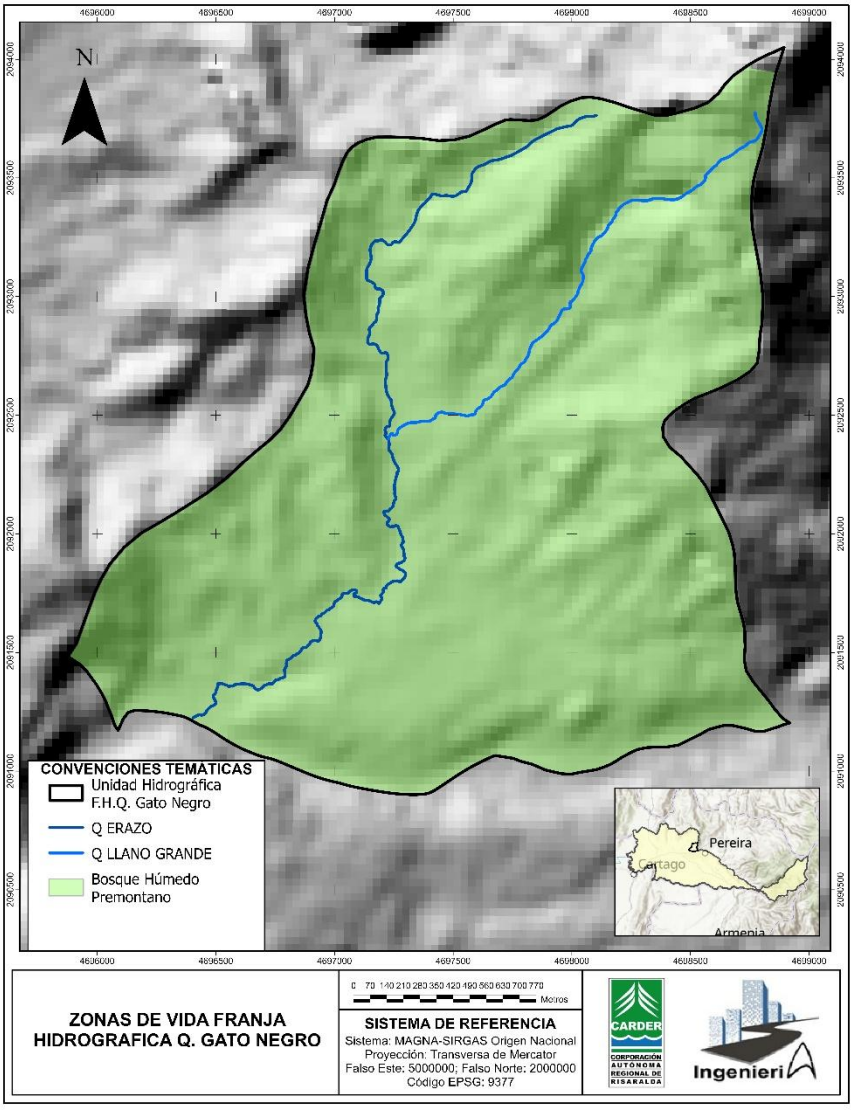


Figura 95 Zonas de vida Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro

Fuente: Elaboración propia

8.3.2 Caracterización florística y estructural (Cálculo altura media del dosel H)

8.3.2.1 Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta)

Este lugar alberga una diversidad vegetal característica de los ecosistemas andinos y subandinos. Su vegetación incluye bosques riparios, fragmentos de bosque secundario y relictos de bosques maduros, destacándose la presencia de Guadua angustifolia (guadua) como una de las especies dominantes en varias zonas ribereñas. Históricamente, esta región ha experimentado una significativa transformación del paisaje natural, desarrollando diferentes actividades antropogénicas, principalmente la del cultivo de café en gran parte de la vereda y de la región. Cabe resaltar que, la información sobe la vegetación reportada para esta zona en específico ha sido limitada.

En este contexto, el presente estudio considera la vegetación ribereña asociada a la microcuenca Tinajas como una herramienta indicadora de funcionalidad ecológica del sistema fluvial, enfocándose en el cálculo de la altura media del dosel (H) de la microcuenca, como indicador estructural de la vegetación riparia, en coherencia con el enfoque funcional y ecosistémico propuesto por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para el acotamiento de rondas hídricas.

Características área de estudio:

Esta Unidad Hidrográfica, se ubica en el corregimiento de Tribunas Córcega principalmente en la vereda Condina. Este corregimiento, presenta una riqueza hídrica invaluable, puesto que, cuenta diversas quebradas y ríos que lo atraviesan y se consideran fuentes alternas de abastecimiento para la ciudad de Pereira. Entre las fuentes hídricas más importantes del Corregimiento se encuentran Tinajas.

Para la caracterización vegetal de la microcuenca se tuvo en cuenta la zona de vida predefinida bajo el sistema de clasificación de Holdridge, la cual corresponde para el área de estudio a Bosque Muy húmedo Premontano (bmh-PM) (**Figura 94**). Esta zonificación bioclimática se utilizó como marco ecosistémico de referencia para el análisis de la estructura de la vegetación de ribera y para la estimación de la altura media del dosel (H), en coherencia con los lineamientos establecidos en la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia.

- *Coberturas de la tierra*

El análisis de las coberturas de la tierra permitió identificar un paisaje heterogéneo a lo largo de la red hídrica, conformado por coberturas urbanas, agropecuarias y mosaicos con presencia de espacios naturales. La distribución de estas coberturas dentro del área asociada a la ronda hídrica evidenció variaciones en el contexto ribereño. Con base en esta información, se definieron algunas áreas de muestreo de la vegetación ribereña, priorizando sectores representativos de las principales coberturas identificadas, con el fin de capturar la variabilidad espacial presente en la ronda hídrica (**Figura 96**).

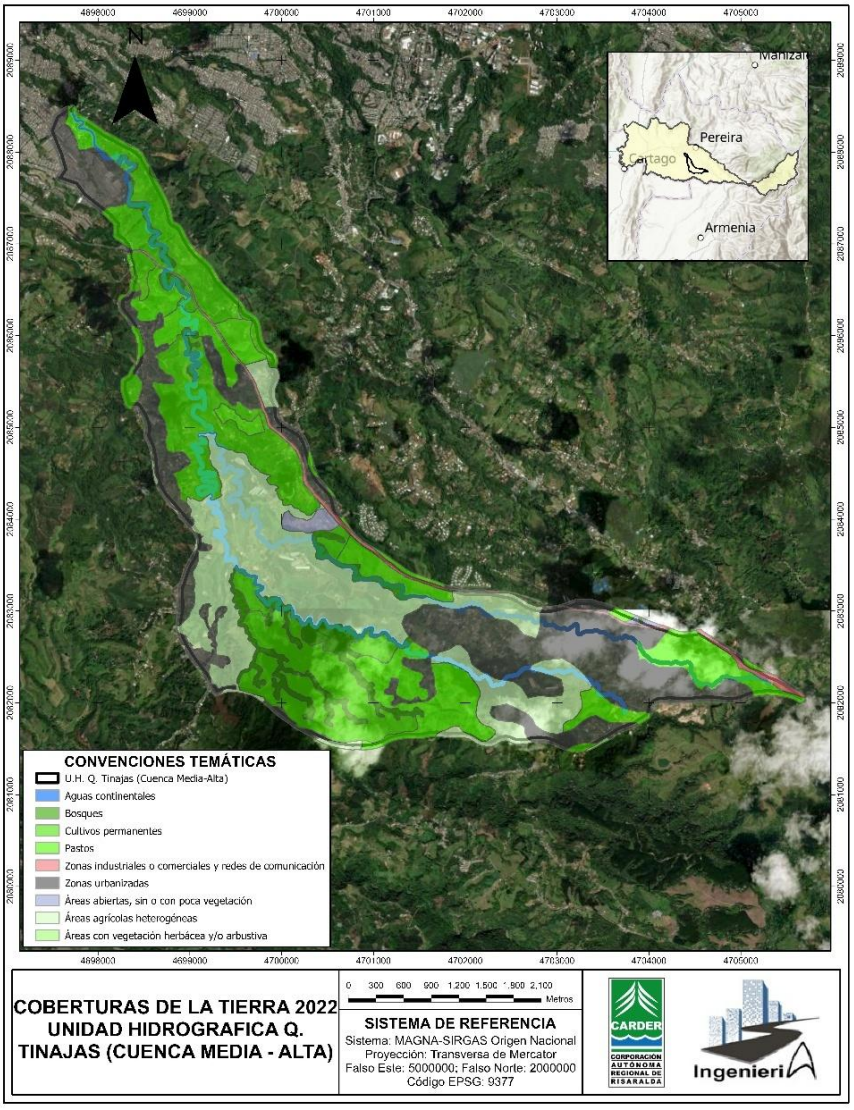


Figura 96 Coberturas de la tierra Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta)

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de la altura media del dosel (H):

El cálculo de la altura media del dosel (H) se realizó como una medida estructural de la vegetación riparia asociada a la microcuenca Tinajas, considerando su importancia como indicador de la funcionalidad ecológica del ecosistema ribereño. Esta vegetación refleja el grado de desarrollo y complejidad estructural del ecosistema, así como su capacidad para cumplir funciones clave en la protección y regulación del sistema fluvial (Guevara et al., 2008).

La altura (H), representa el dosel medio de una comunidad vegetal, su cálculo busca caracterizar la vegetación nativa que exista o haya existido en una cuenca, lo cual permite delimitar una faja que busca establecer, mantener o inducir las condiciones para el desarrollo de comunidades animales y vegetales de un ecosistema en particular (MADS, 2018). Para la altura (H) de la microcuenca Tinajas, se determinó a partir tanto de la búsqueda de información secundaria como del muestreo en campo.

Con lo cual, se realizó la selección de las especies más representativas que se encuentran afín con el objetivo de este parámetro en cada una de las zonas de vida identificadas, teniendo como criterio aquellas con mayor índice de valor de importancia (IVI). Para finalmente priorizar entre tres o cuatro especies por zona de vida, permitiendo con esto calcular la altura media del dosel (H) como una aproximación a los bosques nativos del área para cada ecosistema (MADS, 2018).

Caracterización vegetal:

Se encontraron un total de 85 especies registradas para la Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta), en diferentes documentos técnicos de registros, bases de datos y demás. Mientras que para el trabajo en campo se registraron en total 129 especies, de las cuales 62 no se encontraban registradas en la revisión bibliográfica. Cabe resaltar que, de estas especies reportadas en campo, 80 son nativas, 40 son ornamentales y 9 son cultivadas (**Tabla 39**).

Entre las especies nativas se destacan Clarisia biflora (Lechudo), Baccharis pedunculata (Chilco) y Lacistema agreggatum (Cafeto de monte), además de algunas epífitas como Tillandsia, Guzmania, Anthurium, y helechos arbóreos.

Tabla 39 Registro de especies vegetales reportadas en la Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta)

Familia	Especie	Nombre común	Origen	Hábitat	Altura
Acanthaceae	*Justicia carnea**	Justicia	Ornamental	Arbusto	2 m
Acanthaceae	*Trichanthera gigantea**	Nacedero	Nativa	Árbol	6 m
Actinidiaceae	*Saurauia brachybotrys**	Dulomoco	Nativa	Árbol	5 m
Actinidiaceae	*Saurauia chilliantha**	Dulomoco	Nativa	Árbol	10 m
Anacardiaceae	*Anacardium excelsum*	Caracolí	Nativa	Árbol	40 m
Anacardiaceae	*Mangifera indica**	Mango	Cultivo	Árbol	5 m
Anacardiaceae	*Schinus molle*	Morita	Introducida	Árbol	15 m
Anacardiaceae	*Spondias mombin*	Jobo	Nativa	Árbol	25 m

Familia	Especie	Nombre común	Origen	Hábitat	Altura
Anacardiaceae	*Toxicodendron striatum**	Manzanillo	Nativa	Liana	8 m
Apocynaceae	*Stemmadenia litoralis*	Azuceno	Nativa	Árbol	12 m
Apocynaceae	*Tabernaemontana sp.**	Jazmin de leche	Nativa	Árbol	6 m
Araceae	*Anthurium scandens**	Anturio	Nativa	Epifita	1.2 m
Araceae	*Monstera deliciosa*	Monstera	Nativa	Árbol	20 m
Araliaceae	*Dendropanax macrophyllus**	Hoja ancha	Nativa	Árbol	12 m
Araliaceae	*Oreopanax cecropifolius*	Mano de oso	Endémica	Árbol	6 m
Araliaceae	*Oreopanax glabrifolius**	Sin registro	Nativa	Árbol	3 m
Araliaceae	*Oreopanax incisus**	Mano de oso	Nativa	Liana	15 m
Araliaceae	*Oreopanax sp.1**	Mano de oso	Nativa	Árbol	11 m
Araucariaceae	*Araucaria excelsa**	Araucaria	Ornamental	Árbol	11 m
Arecaceae	*Adonidia merrillii**	Palma de navidad	Ornamental	Palma	2 m
Arecaceae	*Archontophoenix alexandrae**	Palma Alexandra	Ornamental	Palma	11 m
Arecaceae	*Bactris gasipaes**	Corozo	Nativa	Palma	5 m
Arecaceae	*Bismarckia nobilis**	Bismarckia	Ornamental	Palma	2 m
Arecaceae	*Ceroxylon alpinum**	Palma de cera	Nativa	Árbol	6 m
Arecaceae	*Chrysalidocarpus lutescens**	Palma areca	Ornamental	Palma	14 m
Arecaceae	*Cocos nucifera**	Coco	Nativa	Palma	3 m

Familia	Especie	Nombre común	Origen	Hábitat	Altura
Arecaceae	*Dypsis lutescens*	Palma Areca	Introducida	Palma	10 m
Arecaceae	*Roystonea regia**	Palma botella	Ornamental	Arbusto	9 m
Arecaceae	*Syagrus sancona**	Palma zancona	Nativa	Árbol	11 m
Asparagaceae	*Cordyline fruticosa**	Cordyline	Ornamental	Árbol	3 m
Asparagaceae	*Dracaena sp.**	Dólar	Ornamental	Arbusto	5 m
Asparagaceae	*Yucca elephantipes**	Yuca elefante	Ornamental	Árbol	4 m
Asteraceae	*Austroeupatorium inulifolium**	Salvia amarga	Nativa	Arbusto	1 m
Asteraceae	*Baccharis pedunculata**	Chilco	Nativa	Arbusto	1.5 m
Asteraceae	*Lepidaploa canescens**	Flor de borla	Nativa	Arbusto	2 m
Asteraceae	*Melanthera nivea**	Botoncillo	Nativa	Árbol	3 m
Asteraceae	*Montanoa quadrangularis**	Arboloco	Nativa	Epífita	12 m
Asteraceae	*Smallanthus pyramidalis*	Arboloco	Nativa	Árbol	15 m
Asteraceae	*Tithonia diversifolia**	Botón de oro	Nativa	Epífita	4 m
Asteraceae	*Verbesina nudipes**	Camargo	Nativa	Árbol	5 m
Asteraceae	*Vernonanthura patens**	Hierba del burro	Nativa	Árbol	2 m
Bignoniaceae	*Handroanthus chrysanthus*	Guayacan amarillo	Nativa	Árbol	35 m
Bignoniaceae	*Jacaranda copaia*	Gualanday	Nativa	Árbol	25 m

Familia	Especie	Nombre común	Origen	Hábitat	Altura
Bignoniaceae	*Jacaranda mimosifolia**	Gualanday	Ornamental	Árbol	5 m
Bignoniaceae	*Spathodea campanulata**	Tulipán africano	Ornamental	Árbol	10 m
Bignoniaceae	*Tabebuia rosea**	Guayacán rosado	Ornamental	Árbol	12 m
Bignoniaceae	*Tecoma stans**	Fresnillo	Ornamental	Árbol	3 m
Boraginaceae	*Tournefortia scabrida**	Guácimo blanco	Nativa	Arbusto	2 m
Bromeliaceae	*Guzmania multilora**	Pajarito	Nativa	Epifita	1 m
Bromeliaceae	*Tillandsia fendleri**	Pajarito	Nativa	Árbol	2 m
Bromeliaceae	*Tillandsia usneoides*	Cabello de bruja	Nativa	Epifita	8 m
Cannabaceae	*Trema micrantha**	Zurrumbo	Nativa	Árbol	15 m
Cannaceae	*Canna indica*	Achira	Nativa	Hérbacea	3 m
Caricaceae	*Carica papaya**	Papayo	Cultivo	Árbol	5 m
Clusiaceae	*Clusia alata*	Cucharo	Nativa	Árbol	10 m
Clusiaceae	*Garcinia madruno*	Madroño	Nativa	Árbol	20 m
Clusiaceae	*Mammea americana**	Mamey	Cultivo	Arbusto	6 m
Cordiaceae	*Cordia alliodora**	Nogal cafetero	Nativa	Árbol	14 m
Cunoniaceae	*Weinmannia tomentosa*	Encenillo	Nativa	Árbol	25 m
Cupressaceae	*Cupresus lusitánica**	Ciprés	Ornamental	Árbol	30 m
Cupressaceae	*Hesperocyparis lusitánica**	Ciprés	Cultivo	Árbol	14 m
Cyatheaceae	*Cyathea bicrenata**	Helecho arbóreo	Nativa	Helecho	4 m

Familia	Especie	Nombre común	Origen	Hábitat	Altura
Cyatheaceae	*Cyathea horrida**	Sarro	Nativa	Helecho	2 m
Cyatheaceae	*Cyathea sp.1**	Helecho arbóreo	Nativa	Helecho	6 m
Euphorbiaceae	*Acalypha platyphylla**	Aguanoso	Nativa	Arbusto	2 m
Euphorbiaceae	*Alchornea glandulosa*	Monte frio	Nativa	Árbol	25 m
Euphorbiaceae	*Codiaeum sp.**	Crotón	Ornamental	Arbusto	2 m
Euphorbiaceae	*Croton magdalenensis*	Drago	Nativa	Árbol	20 m
Euphorbiaceae	*Croton mutisianus**	Drago	Nativa	Árbol	12 m
Euphorbiaceae	*Euphorbia cotinifolia**	Liberal	Ornamental	Árbol	3 m
Euphorbiaceae	*Ricinus communis**	Ricino	Ornamental	Árbol	2 m
Euphorbiaceae	*Tetrorchidium rubrivenium**	Arenillo	Nativa	Árbol	10 m
Fabaceae	*Acacia mangium*	Acacia mangium	Introducida	Árbol	30 m
Fabaceae	*Albizia carbonaria*	Carbonero	Nativa	Árbol	30 m
Fabaceae	*Bauhinia kalbreyeri*	Casco de vaca	Introducida	Árbol	18 m
Fabaceae	*Caesalpinia pluviosa*	Acacia amarilla	Introducida	Árbol	16 m
Fabaceae	*Calliandra haematocephala**	Carbonero	Ornamental	Árbol	2 m
Fabaceae	*Calliandra pittieri*	Carbonero	Nativa	Árbol	12 m
Fabaceae	*Cenostigma pluviosum**	Acacia amarilla	Ornamental	Árbol	5 m
Fabaceae	*Erythrina edulis**	Chachafruto	Nativa	Árbol	4 m

Familia	Especie	Nombre común	Origen	Hábitat	Altura
Fabaceae	*Erythrina fusca**	Cachimbo	Nativa	Árbol	12 m
Fabaceae	*Erythrina poeppigiana**	Cachumbo	Nativa	Árbol	21 m
Fabaceae	*Erythrina rubrinervia**	Chocho	Nativa	Árbol	6 m
Fabaceae	*Gliricidia sepium**	Matarratón	Ornamental	Árbol	5 m
Fabaceae	*Inga densiflora*	Guamo macheto	Nativa	Árbol	20 m
Fabaceae	*Inga edulis**	Guamo	Nativa	Árbol	8 m
Fabaceae	*Mucuna pruriens*	Ojo de buey	Introducida	Árbol	10 m
Fabaceae	*Pithecellobium dulce*	Dinde	Nativa	Arbusto	20 m
Fabaceae	*Pseudosamanea carbonaria**	Pisquín carbonero	Nativa	Árbol	25 m
Fabaceae	*Pseudosamanea guachapele**	Iguá	Nativa	Árbol	7 m
Fabaceae	*Samanea saman**	Samán	Nativa	Palma	12 m
Fabaceae	*Schizolobium parahyba**	Tambor	Ornamental	Árbol	10 m
Fabaceae	*Senna reticulata**	Majagual	Nativa	Árbol	2 m
Fabaceae	*Senna spectabilis**	Vainillo	Ornamental	Arbusto	12 m
Fabaceae	*Spondias purpurea**	Hobo ciruelo	Ornamental	Árbol	4 m
Fagaceae	*Quercus humboldtii*	Roble	Nativa	Árbol	25 m
Heliconiaceae	*Heliconia latispatha**	Heliconia	Nativa	Hierba	1 m
Juglandaceae	*Juglans neotropica**	Cedro Negro	Nativa	Árbol	15 m

Familia	Especie	Nombre común	Origen	Hábitat	Altura
Lacistemataceae	*Lacistema agreggatum**	Cafeto de monte	Nativa	Árbol	6 m
Lamiaceae	*Aegiphila truncata*	Tabaquillo	Endémica	Árbol	15 m
Lamiaceae	*Hyptis atrorubens Poit.**	Botoncijo	Nativa	Arbusto	1 m
Lamiaceae	*Tectona grandis*	Teca	Introducida	Árbol	60 m
Lauraceae	*Aniba coto*	Medio Comino	Nativa	Árbol	40 m
Lauraceae	*Aniba perutilis*	Comino crespo	Nativa	Árbol	30 m
Lauraceae	*Laurus nobilis*	Laurel	Introducida	Árbol	18 m
Lauraceae	*Nectandra globosa*	Laurel negro	Nativa	Árbol	25 m
Lauraceae	*Nectandra membranácea**	Laurel	Nativa	Árbol	10 m
Lauraceae	*Nectandra reticulata*	Aguacatillo	Nativa	Árbol	15 m
Lauraceae	*Ocotea oblonga**	Laurel	Nativa	Árbol	11 m
Lauraceae	*Persea americana**	Aguacate	Cultivo	Árbol	3 m
Lauraceae	*Persea caerulea**	Aguacatillo	Nativa	Árbol	5 m
Lauraceae	*Persea rigens*	Laurel Piedro	Nativa	Árbol	30 m
Lecythidaceae	*Cariniana pyriformis*	Papelillo	Nativa	Árbol	50 m
Lythraceae	*Lafoensia acuminata*	Guayacán	Nativa	Árbol	30 m
Magnoliaceae	*Magnolia gilbertoi*	Caña bravo	Endemica	Árbol	25 m
Malvaceae	*Heliocarpus americanus**	Balso blanco	Nativa	Árbol	12 m
Malvaceae	*Ochroma pyramidale**	Balso	Nativa	Árbol	14 m

Familia	Especie	Nombre común	Origen	Hábitat	Altura
Melastomataceae	*Miconia caudata**	Punta de lanza	Nativa	Arbusto	4 m
Melastomataceae	*Miconia notabilis*	Niguito	Nativa	Árbol	6 m
Melastomataceae	*Pleroma urvilleanum**	Nazareno	Ornamental	Epifita	3 m
Meliaceae	*Cedrela odorata**	Cedro rosado	Nativa	Árbol	14 m
Meliaceae	*Trichilia pallida*	Amargo	Nativa	Árbol	12 m
Moraceae	*Artocarpus altillis**	Árbol del pan	Ornamental	Árbol	13 m
Moraceae	*Clarisia biflora**	Lechudo	Nativa	Árbol	12 m
Moraceae	*Ficus americana**	Higueron	Nativa	Árbol	3 m
Moraceae	*Ficus máxima**	Higuerón	Nativa	Árbol	12 m
Moraceae	*Ficus obtusifolia**	Higuerón	Nativa	Árbol	12 m
Moraceae	*Ficus pallida**	Higo	Nativa	Árbol	14 m
Moraceae	*Ficus pertusa**	Higuerón	Nativa	Árbol	10 m
Muntingiaceae	*Muntingia calabura*	Niguito	Nativa	Liana	12 m
Musaceae	*Musa paradisiaca**	Plátano	Cultivo	Árbol	1.7 m
Myrtaceae	*Eucalyptus camaldulensis**	Eucalipto	Ornamental	Árbol	22 m
Myrtaceae	*Eucalyptus cinerea*	Eucalipto	Ornamental	Árbol	12 m
Myrtaceae	*Eucalyptus globulus*	Eucalipto	Introducida	Árbol	55 m
Myrtaceae	*Eugenia sp.**	Eugenia	Ornamental	Árbol	3 m

Familia	Especie	Nombre común	Origen	Hábitat	Altura
Myrtaceae	*Melaleuca viminalis**	Eucalipta	Ornamental	Árbol	6 m
Myrtaceae	*Myrcia sp.**	Arrayan	Nativa	Árbol	6 m
Myrtaceae	*Psidium guajava**	Guayaba	Cultivo	Árbol	3 m
Myrtaceae	*Syzygium jambos*	Pomarroso	Introducida	Palma	10 m
Myrtaceae	*Syzygium paniculatum**	Pomarroso	Ornamental	Árbol	4 m
Nyctaginaceae	*Bougainvillea glabra**	Veranera	Ornamental	Enredadera	2 m
Oleaceae	*Fraxinus chinensis*	Urapan	Introducida	Árbol	25 m
Oleaceae	*Fraxinus uhdei**	Urapán	Nativa	Árbol	7 m
Orchidaceae	*Habenaria monorrhiza*	Orquidea	Nativa	Hérbacea	1,2 m
Papaveraceae	*Bocconia frutescens**	Trompeto	Nativa	Árbol	3 m
Pinaceae	*Pinus oocarpa*	Pino Oocarpa	Introducida	Árbol	25 m
Pinaceae	*Pinus patula*	Pino Pátula	Introducida	Árbol	30 m
Piperaceae	*Piper aduncum**	Cordoncillo	Nativa	Árbol	7 m
Piperaceae	*Piper auritum**	Cordoncillo	Nativa	Árbol	5 m
Piperaceae	*Piper crassinervium**	Cordoncillo	Nativa	Arbusto	3 m
Piperaceae	*Piper umbellatum**	Cordoncillo	Nativa	Arbusto	1 m
Poaceae	*Bambusa vulgaris**	Bambú dorado	Ornamental	Hierba	16 m
Poaceae	*Guadua angustifolia**	Guadua	Nativa	Hérbacea	22 m

Familia	Especie	Nombre común	Origen	Hábitat	Altura
Podocarpaceae	*Prumnopitys harmsiana**	Pino real	Nativa	Árbol	15 m
Polygonaceae	*Triplaris americana*	Guacamayo	Nativa	Árbol	25 m
Polypodiaceae	*Pleopeltis murorum**	Helecho	Nativa	Árbol	0.3 m
Rosaceae	*Eryobotrya japónica**	Níspero Japón	Ornamental	Árbol	3 m
Rosaceae	*Prunus amygdalus*	Almendro	Introducida	Árbol	10 m
Rosaceae	*Prunus carolinae**	Trunco	Endémica	Árbol	12 m
Rubiaceae	*Coffea arabica**	Café Castilla	Cultivo	Arbusto	3 m
Rubiaceae	*Hamelia patens**	Bencenuco	Ornamental	Árbol	3 m
Rutaceae	*Citrus aurantiifolia*	Lima Ácida	Introducida	Árbol	8 m
Rutaceae	*Citrus ps.**	Limón	Cultivo	Árbol	4 m
Rutaceae	*Swinglea glutinosa**	Suingle	Ornamental	Arbusto	3 m
Sapindaceae	*Cupania sp.**	Guacharaco	Nativa	Árbol	5 m
Siparunaceae	*Siparuna aspera**	Huevas de mono	Nativa	Árbol	4 m
Solanaceae	*Brugmansia arborea**	Borrachero	Ornamental	Árbol	3 m
Solanaceae	*Brunfelsia grandiflora**	Monacá	Ornamental	Arbusto	2 m
Solanaceae	*Cestrum arboreum**	Tinto	Nativa	Árbol	6 m
Solanaceae	*Solanum aphyodendron**	Zopilote	Nativa	Árbol	3 m

Familia	Especie	Nombre común	Origen	Hábitat	Altura
Solanaceae	*Solanum betaceum*	Tomate de Árbol	Introducida	Arbusto	7 m
Solanaceae	*Solanum circinatum**	Tomate de árbol	Nativa	Árbol	3 m
Solanaceae	*Solanum ovalifolium**	Chucho negro	Nativa	Árbol	5 m
Solanaceae	*Solanum sycophanta**	Tachuelo	Nativa	Arbusto	1 m
Urticaceae	*Boehmeria caudata**	Hierba jaguar	Nativa	Árbol	3 m
Urticaceae	*Cecropia angustifolia**	Yarumo Negro	Nativa	Árbol	11 m
Urticaceae	*Cecropia peltata*	Yarumo	Nativa	Árbol	25 m
Urticaceae	*Cecropia telenitida**	Yarumo blanco	Nativa	Árbol	17 m
Urticaceae	*Pourouma bicolor**	Uva caimarona	Nativa	Arbusto	14 m
Urticaceae	*Urera baccifera**	Pringamosa	Nativa	Árbol	2 m
Urticaceae	*Urera caracasana**	Pringamosa	Nativa	Arbusto	3 m
Verbenaceae	*Lantana cámara**	Lantana	Nativa	Arbusto	1 r

Fuente: Elaboración propia

1: SIB Colombia; 2: Catalogo virtual de flora del Valle de Aburrá; 3: Inaturalist; 4: AMSPRH Cuenca alta y media del Otún; 5: POMCA La Vieja, 2018; 6: PM-Santuario de Flora y Fauna Otún Quinbaya, 2018; * Registro en campo.

- Composición y tipo de registros de especies vegetales:

Respecto a la composición de las familias de especies vegetales registradas en la Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta), la mayor representatividad es para la familia Fabaceae con un 12% (23 especies), seguida de Arecaceae y Lauraceae con un 10% (10 especies cada una), Myrtaceae, Euphorbiaceae, Bignoniaceae y Anacardiaceae con no menos del 3% (>5 especies) y las demás familias con menos de 5 especies reportadas (**Figura 97**).

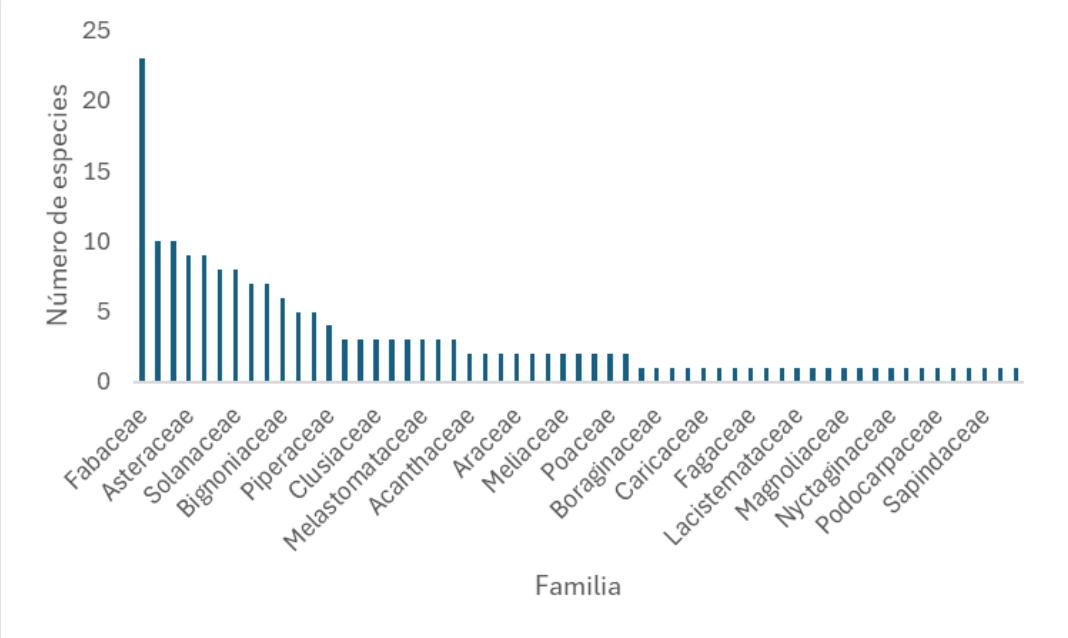


Figura 97 Riqueza de especies vegetales en cada familia registrada en Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta)

Fuente: Elaboración propia

- Especies endémicas y/o amenazadas y/o de valor comercial:

En relación con el interés ecológico, se encontró un total de 116 especies nativas, 4 endémicas, 39 ornamentales, 16 introducidas y 9 cultivadas. Las especies endémicas reportadas fueron Oreopanax cecropifolius (Mano de oso), con 10 individuos reportados en campo **(Figura 98**), Aegiphila truncata (Tabaquillo) (**Figura 99**), se encuentra al interior de los bosques en diferentes estados de sucesión natural, además de algunas orillas de carreteras o caminos (Higuita et al., 2014).

Adicionalmente, se identificó la presencia de Magnolia gilbertoi (caña brava), especie arbórea endémica de Colombia, asociada principalmente a bosques andinos y subandinos bien conservados. Esta especie se caracteriza por su porte arbóreo alto y su aporte significativo a la estructura vertical del bosque, desempeñando un papel clave en la estabilidad del dosel y en la regulación microclimática de los ecosistemas ribereños (Quintero-Vallejo et al., 2010).



Figura 98 Oreopanax cecropifolius
Foto: Jorge L. Peña en iNaturalist



Figura 99 Aegiphila truncata
Foto: Jorge L. Peña en iNaturalist

- Nuevos registros de especies vegetales para el área de influencia directa:

Se registraron 102 especies nuevas que no estaban reportadas en la bibliográfica consultada, además de estas especies 61 son nativas, algunos ejemplos son, Dendropanax macrophyllus (Hoja ancha), Bactris gasipaes (Corozo), Tournefortia scabrida (Guácimo blanco), Erythrina fusca (Cachimbo), Samanea saman (Samán), Heliconia latispatha (Heliconia), Heliocarpus americanus (Balso blanco), Cedrela odorata (Cedro rosado), Ficus obtusifolia (Higueron), Siparuna aspera (Huevas de mono), entre otros. Esto evidencia la importancia de realizar caracterizaciones vegetales actualizadas de cada zona de interés, ya que permite identificar la presencia de especies no documentadas para la zona y estos hallazgos contribuyen al conocimiento de la biodiversidad local y promueven las estrategias de conservación, restauración y manejo del ecosistema.

Entre las especies de mayor relevancia en la zona son, Dendropanax macrophyllus (Hoja ancha) y Erythrina fusca (cachimbo), usadas comúnmente en restauración ecológica como especies nativas pioneras o en cercas vivas, para el mantenimiento y conservación de fuentes de agua y recuperación de áreas erosionadas (Fernández, 2010). ambas especies solo fueron identificadas en campo en la zona de estudio. Así mismo, la presencia de especies pioneras y secundarias tempranas como Cecropia telenitida, Heliocarpus americanus y Miconia caudata evidencia procesos activos de sucesión ecológica, fundamentales para la recuperación funcional de los ecosistemas.

- Categorización de vulnerabilidad por UICN (2025-2) y CITIES (2022):

Se evaluó el estado de conservación de las especies, por medio de dos referentes, la Lista Roja de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) y el Apéndice de la CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres). En total se reportan 16 especies con algún grado de vulnerabilidad en alguno de los referentes.

Según la Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza (UICN), se reportan 5 especies con categoría casi amenazado, 5 en vulnerable, 5 en peligro y 1 extinta en estado salvaje Brugmansia arborea (Borrachero) (**Tabla 40**). De estas especies 7 son nativas y 4 fueron reportadas en campo, estas son, Ceroxylon alpinum (Palma de cera), Juglans neotropica (Cedro negro), Cedrela odorata (Cedro) y Prumnopitys harmsian (Pino real). Cabe resaltar que, estas últimas tres especies son ampliamente utilizadas por su madera de alta calidad, lo que la ha convertido en una de las más explotadas a nivel comercial y, por ende, en una de las más afectadas por la tala indiscriminada y la pérdida de hábitat. Sin embargo, Cedrela odorata, es una especie pionera para la regeneración, ayudando al establecimiento de otras especies vegetales en diferentes etapas sucesionales, lo que indica que el sitio aún mantiene condiciones propicias para la regeneración natural.

Según CITIES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) aparte del Cedro, dos especies están clasificadas dentro del apéndice II, para especies que podrían estar en peligro si su comercio no es regulado, estas son el Handroanthus chrysanthus (Guayacán amarillo) y Tabebuia rosea (Guayacán rosado). Ambas especies son nativas y cultivadas, sin embargo, solo Tabebuia rosea fue registrada en campo. La presencia de esta especie en el área de estudio es un indicador positivo, ya que evidencia las condiciones ambientales adecuadas para su establecimiento y regeneración. Esta especie, además de su valor ornamental y maderable, desempeña un papel ecológico clave en la provisión de sombra, la fijación de carbono y la oferta de hábitat y alimento para diversas especies de fauna (González-Hernández et al., 2018).

Tabla 40 Lista de especies en la Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta) con su estado de conservación

Familia	Especie	Nombre común	UICN	CITIES
Arecaceae	*Adonidia merrillii*	Palma de navidad	VU	NE
Arecaceae	*Ceroxylon alpinum*	Palma de cera	EN	NE
Arecaceae	*Chrysalidocarpus lutescens*	Palma areca	NT	NE
Arecaceae	*Dypsis lutescens*	Palma Areca	NT	NE
Bignoniaceae	*Handroanthus chrysanthus*	Guayacan amarillo	VU	II
Bignoniaceae	*Jacaranda mimosifolia*	Gualanday	VU	NE
Bignoniaceae	*Tabebuia rosea*	Guayacán rosado	NE	II
Juglandaceae	*Juglans neotropica*	Cedro Negro	EN	NE
Lamiaceae	*Tectona grandis*	Teca	EN	NE
Lauraceae	*Aniba perutilis*	Comino crespo	VU	NE

Familia	Especie	Nombre común	UICN	CITIES
Lecythidaceae	*Cariniana pyriformis*	Papelillo	NT	NE
Magnoliaceae	*Magnolia gilbertoi*	Caña bravo	EN	NE
Meliaceae	*Cedrela odorata*	Cedro rosado	VU	II
Myrtaceae	*Eucalyptus camaldulensis*	Eucalipto	NT	NE
Podocarpaceae	*Prumnopitys harmsiana*	Pino real	NT	NE
Solanaceae	*Brugmansia arborea*	Borrachero	EW	NE

Fuente: Elaboración propia

NT: Casi amenazado; VU: Vulnerable; EN: En peligro; EW: Extinto en estado silvestre; II: Apéndice CITIES; NE: no evaluado

Los resultados obtenidos constituyen un insumo clave para el conocimiento de la vegetación presente en el área de estudio, especialmente considerando la limitada información de que documenten de manera detallada la composición florística de la microcuenca Tinajas y la presencia de especies de interés para la conservación. Por lo que, se reconoce que es necesario complementar esta información con estudios más amplios que analicen la dinámica poblacional, los procesos de regeneración natural y la influencia de las actividades antrópicas sobre la biodiversidad de la microcuenca, con el fin de identificar áreas prioritarias para la conservación y manejo.

Resultado Altura media del dosel (H):

A partir de la búsqueda bibliográfica y la caracterización vegetal in situ, se seleccionaron las especies con mayor valor de importancia ecológica (IVI), teniendo en cuenta que la microcuenca Tinajas se encuentra dentro de una misma zona de vida (bmh-PM).

La altura media del dosel (H) de las especies vegetales ribereñas fue de 21.2 metros, la especie Cordia alliodora (Nogal cafetero), fue el Árbol de mayor altura promedio registrado en la zona 26 metros (**Tabla 41**). En el Anexo 5 se encuentra la base de datos de especies y registro fotográfico de esta actividad.

Tabla 41 Especies con mayor IVI en la Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta)

Familia	Especie	Nombre común	Altura promedio (m)
Cordiaceae	*Cordia alliodora*	Nogal cafetero	26
Urticaceae	*Cecropia angustifolia*	Yarumo negro	25
Bignoniaceae	*Tabebuia rosea*	Guayacán rosado	25
Asteraceae	*Montanoa quadrangularis*	Arbol loco	18

Familia	Especie	Nombre común	Altura promedio (m)
Acanthaceae	*Trichanthera gigantea*	Nacedero	12

Fuente: Elaboración propia

Dado que la Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta) se encuentra íntegramente dentro de una única zona de vida (bmh-PM), y considerando loas aspectos de análisis establecidos para el componente ecosistémico en la Guía Técnica (MADS, 2018), la altura media del dosel (H) fue estimada como un valor representativo único para la vegetación riparia de la Unidad.

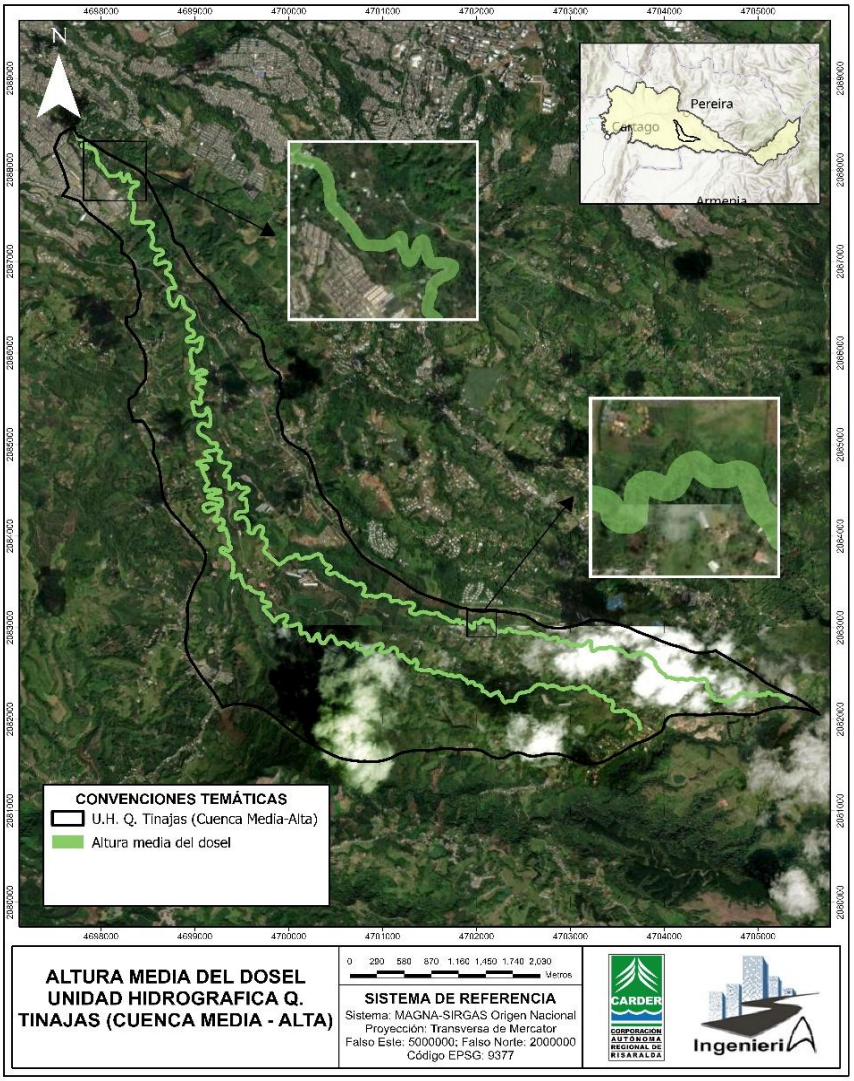


Figura 100. Mapa salida del H (altura media del dosel) de 21.2 m - Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta)

Fuente: Elaboración propia

8.3.2.2 Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro

En este sitio la zona de vida reportada según sus niveles de precipitación, temperatura y humedad es de Bosque Húmedo Premontano (bh-PM), estas zonas son definidas en gran parte del eje cafetero en Colombia en la región andina, debido a su clima cálido y apto para el cultivo de café. Aunque gran parte del territorio de la microcuenca se ha destinado a la caficultura y ganadería, persisten parches de bosque secundario y rastrojos altos, los cuales actúan como corredores biológicos vitales para la biodiversidad de diferentes especies de la región.

En estos remanentes de vegetación se registra la presencia de especies arbóreas características de los ecosistemas premontanos, tales como yarumo (Cecropia), guamos y laureles, así como especies típicamente asociadas a los cuerpos de agua, entre ellas nacedero, carbonero e higuerón. En conjunto, esta vegetación contribuye a la complejidad estructural y funcional del ecosistema ribereño, favoreciendo procesos de regulación, estabilidad y conectividad ecológica a lo largo del sistema fluvial (Guevara & Reinoso, 2008).

En este contexto, la vegetación riparia asociada constituye un elemento clave para la funcionalidad ecológica del sistema fluvial. Por lo tanto, el presente informe aborda el componente ecosistémico del proceso de acotamiento de la ronda hídrica, enfocándose en el cálculo de la altura media del dosel (H) como variable estructural de la vegetación ribereña, en coherencia con el enfoque funcional y ecosistémico establecido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para la delimitación de rondas hídricas (MADS, 2018).

Características área de estudio:

La Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro se localiza en el corregimiento de Combia, jurisdicción del municipio de Pereira, principalmente en la vereda Alto Erazo. Este sector del territorio se caracteriza por una alta importancia ambiental, debido a la presencia de múltiples corrientes hídricas de carácter natural que drenan hacia el río Otún, uno de los sistemas hídricos más relevantes del municipio. Por lo tanto, la microcuenca Gato Negro constituye un sistema lótico de interés para la conservación y la gestión ambiental, al formar parte de este sistema hidrográfico y aportar a la conectividad hidrológica y ecológica de la región.

Para la caracterización de la vegetación asociada a la microcuenca, se consideró la zona de vida definida bajo el sistema de clasificación de Holdridge, la cual corresponde a Bosque Húmedo Premontano (bh-PM). Esta zonificación bioclimática fue empleada como marco ecosistémico de referencia para el análisis de la estructura de la vegetación de ribera y para la estimación de la altura media del dosel (H), en concordancia con los lineamientos establecidos en la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia.

- *Coberturas de la tierra*

En el caso de las coberturas de la tierra de la Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro, se componen por Tejido urbano continuo, mosaico de cultivos (café), pastos y espacios naturales, además de contar con una zona de extracción minera, esta última corresponde a la explotación de materiales de arrastre (gravas y arenas) provenientes del lecho y las

márgenes del río Otún en el sector vía Romelia El Pollo – vía Combia; esta actividad se desarrolla principalmente de forma artesanal, con fines de comercialización para el sector de la construcción. Todas estas variaciones en la cobertura influyen directamente en la dinámica hidrológica de la microcuenca, modificando procesos como la infiltración, la escorrentía superficial y la recarga de acuíferos. Sin embargo, este análisis espacial permitió identificar fragmentos de vegetación riparia importantes para el acotamiento de rondas hídricas de acuerdo con el componente ecosistémico definido en la Guia técnica, para el cálculo del H (altura media del dosel) (**Figura 101**).

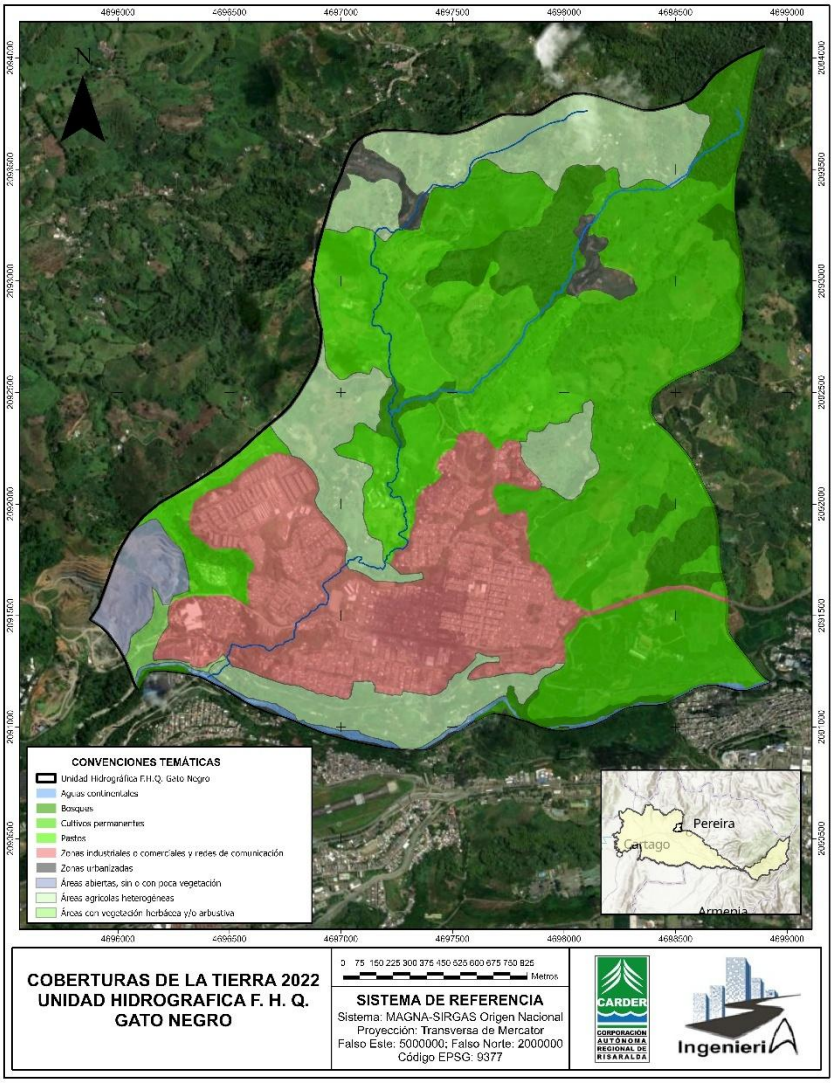


Figura 101 Coberturas de la tierra Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de la altura media del dosel (H):

El cálculo de la altura media del dosel (H) se realizó como una medida estructural de la vegetación riparia asociada a la Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro. Esta vegetación desempeña un papel fundamental como indicador de la funcionalidad ecológica del ecosistema ribereño, en este sentido, la altura del dosel constituye una variable integradora que permite aproximarse al estado de conservación y a la capacidad funcional de la franja de vegetación asociada al cauce.

La altura (H), representa el dosel medio de una comunidad vegetal, su cálculo busca caracterizar la vegetación nativa que exista o haya existido en una cuenca, lo cual permite delimitar una faja que busca establecer, mantener o inducir las condiciones para el desarrollo de comunidades animales y vegetales de un ecosistema en particular (MADS, 2018). La altura (H) de la microcuenca Gato Negro, se determinó a partir tanto de la búsqueda de información secundaria como de muestreo en campo.

Con lo cual, se realizó la selección de las especies más representativas, teniendo como criterio aquellas con mayor índice de valor de importancia (IVI). Para finalmente priorizar entre cuatro o cinco especies por zona de vida, permitiendo con esto calcular la altura media del dosel (H) en metros, como una aproximación a los bosques nativos del área para cada ecosistema (MADS, 2018).

Caracterización vegetal:

Se encontraron un total de 30 especies registradas para la Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro, en diferentes documentos técnicos, bases de datos y demás. Mientras que para el trabajo en campo se registraron en total 92 especies, de las cuales 78 no se encontraban registradas en la revisión bibliográfica. además de esto, de las especies registradas en campo, 54 son nativas, 31 ornamentales y 7 cultivadas (**Tabla 42**).

Entre las especies nativas se destacan Cedrela odorata (Cedro rosado), Erythrina poeppigiana (Cambulo), Croton mutisianus (Drago), Calliandra pittieri (Carbonero blanco) y Toxicodendron striatum (Manzanillo), además de algunas epífitas, helechos arbóreos y herbáceas.

Tabla 42 Registro de especies vegetales reportadas en la Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro

Familia	Especie	Nombre común	Origen	Hábitat	Altura
Acanthaceae	*Justicia carnea**	Justicia	Ornamental	Arbusto	2 m
Acanthaceae	*Trichanthera gigantea**	Nacedero	Nativa	Árbol	8 m
Anacardiaceae	*Mangifera indica**	Mango	Cultivo	Árbol	6 m
Anacardiaceae	*Toxicodendron striatum**	Manzanillo	Nativa	Árbol	10 m
Apocynaceae	*Tabernaemontana sp.**	Jazmín de leche	Nativa	Árbol	5 m

Familia	Especie	Nombre común	Origen	Hábitat	Altura
Araucariaceae	*Araucaria excelsa**	Araucaria	Ornamental	Árbol	29 m
Arecaceae	*Adonidia merrillii**	Palma de navidad	Ornamental	Palma	2 m
Arecaceae	*Archontophoenix alexandrae**	Palma Alexandra	Ornamental	Palma	6 m
Arecaceae	*Carludovica palmata**	Palmicho	Nativa	Hierba	1 m
Arecaceae	*Ceroxylon alpinum**	Palma de cera	Ornamental	Árbol	12 m
Arecaceae	*Dypsis lutescens*	Palma Areca	Introducida	Palma	10 m
Arecaceae	*Roystonea regia**	Palma botella	Ornamental	Palma	9 m
Arecaceae	*Syagrus sancona**	Zancona	Ornamental	Palma	12 m
Asparagaceae	*Cordyline fruticosa**	Cordyline	Ornamental	Arbusto	4 m
Asparagaceae	*Dracaena sp.**	Dólar	Ornamental	Arbusto	4 m
Asteraceae	*Baccharis pedunculata**	Chilca	Nativa	Arbusto	1.8 m
Asteraceae	*Chromolaena sp.**	Crucetillo	Nativa	Arbusto	2.7 m
Asteraceae	*Lepidaploa canescens**	Flor de borla	Nativa	Árbol	2 m
Asteraceae	*Liabum asclepiadeum**	No registra	Nativa	Arbusto	2 m
Asteraceae	*Montanoa quadrangularis*	Arboloco	Nativa	Árbol	20 m
Asteraceae	*Smallanthus riparius**	Yacón	Nativa	Árbol	1.9 m
Asteraceae	*Verbesina nudipes**	Camargo	Nativa	Árbol	3 m
Asteraceae	*Vernonanthura patens**	Tuete	Nativa	Arbusto	3 m
Bignoniaceae	*Handroanthus sp.**	Guayacán amarillo	Nativa	Árbol	15 m
Bignoniaceae	*Jacaranda copaia*	Gualanday	Nativa	Árbol	25 m
Bignoniaceae	*Jacaranda mimosifolia**	Guayacán morado	Ornamental	Árbol	10 m
Bignoniaceae	*Spathodea campanulata**	Tulipán africano	Ornamental	Árbol	8 m

Familia	Especie	Nombre común	Origen	Hábitat	Altura
Bignoniaceae	*Handroanthus chrysanthus*	Guayacán amarillo	Nativa	Árbol	35 m
Bignoniaceae	*Tabebuia rosea**	Guayacán rosado	Nativa	Árbol	15 m
Bignoniaceae	*Tecoma stans**	Fresnillo	Ornamental	Árbol	6 m
Cannabaceae	*Trema micranthum**	Zurrumbo	Nativa	Árbol	14 m
Caricaceae	*Carica papaya**	Papayo	Cultivo	Árbol	6 m
Chrysobalanaceae	*Licania tomentosa**	Oití	Ornamental	Árbol	5 m
Combretaceae	*Terminalia catappa**	Almendro	Ornamental	Árbol	7 m
Cordiaceae	*Cordia alliodora**	Nogal cafetero	Nativa	Árbol	22 m
Cupressaceae	*Cupressus ps.**	Ciprés	Ornamental	Árbol	3 m
Cyatheaceae	*Cyathea horrida**	Sarro	Nativa	Helecho	1 m
Cyatheaceae	*Sphaeropteris quindiuensis**	Helecho arborescente	Nativa	Helecho arbóreo	6 m
Euphorbiaceae	*Acalypha platyphylla**	Aguanoso	Nativa	Arbusto	2 m
Euphorbiaceae	*Alchornea latifolia**	Canelito	Nativa	Árbol	1 m
Euphorbiaceae	*Croton mutisianus**	Drago	Nativa	Árbol	19 m
Euphorbiaceae	*Euphorbia cotinifolia**	Liberal	Ornamental	Árbol	3 m
Euphorbiaceae	*Euphorbia pulcherrima**	Euforbia	Ornamental	Arbusto	2 m
Euphorbiaceae	*Tetrorchidium rubrivenium**	Arenillo	Nativa	Árbol	7 m
Fabaceae	*Acacia mangium*	Acacia mangium	Introducida	Árbol	30 m
Fabaceae	*Albizia carbonaria*	Carbonero	Nativa	Árbol	30 m
Fabaceae	*Bauhinia kalbreyeri*	Casco de vaca	Introducida	Árbol	18 m
Fabaceae	*Bauhinia picta**	Casco de vaca	Ornamental	Árbol	12 m

Familia	Especie	Nombre común	Origen	Hábitat	Altura
Fabaceae	*Caesalpinia pluviosa*	Acacia amarilla	Introducida	Árbol	16 m
Fabaceae	*Caesalpinia pulcherrima**	Clavellino	Ornamental	Árbol	2 m
Fabaceae	*Calliandra pittieri**	Carbonero blanco	Nativa	Árbol	6 m
Fabaceae	*Cenostigma pluviosum**	Acacia	Ornamental	Árbol	7 m
Fabaceae	*Erythrina edulis**	Chachafruto	Nativa	Árbol	4 m
Fabaceae	*Erythrina poeppigiana**	Cambulo	Nativa	Árbol	12 m
Fabaceae	*Erythrina rubrinervia**	Chocho	Nativa	Árbol	1 m
Fabaceae	*Gliricidia sepium**	Mataratón	Ornamental	Árbol	4 m
Fabaceae	*Inga edulis**	Guamo	Nativa	Árbol	12 m
Fabaceae	*Leucaena leucocephala**	Leucaena	Ornamental	Árbol	6 m
Fabaceae	*Pithecellobium dulce**	Payandé	Nativa	Árbol	11 m
Fabaceae	*Pseudosamanea carbonaria**	Pisquín carbonero	Nativa	Árbol	26 m
Fabaceae	*Samanea saman**	Sama	Nativa	Árbol	7 m
Fabaceae	*Schizolobium parahyba**	Tambor	Ornamental	Árbol	10 m
Fabaceae	*Senna reticulata**	Majagual	Nativa	Árbol	7 m
Fabaceae	*Senna spectabilis*	Vainillo	Nativa	Árbol	20 m
Gesneriaceae	*Kohleria inaequalis*	Coleria	Nativa	Hérbacea	0 m
Heliconiaceae	*Heliconia griggsiana**	Heliconia	Ornamental	Hierba	5 m
Lauraceae	*Ocotea oblonga**	Laurel	Nativa	Árbol	10 m
Lauraceae	*Persea americana**	Aguacate	Cultivo	Árbol	7 m
Lauraceae	*Persea rigens*	Laurel Piedro	Nativa	Árbol	30 m
Lecythidaceae	*Cariniana pyriformis*	Papelillo	Nativa	Árbol	50 m

Familia	Especie	Nombre común	Origen	Hábitat	Altura
Malvaceae	*Ceiba pentandra*	Mapajo, ceiba	Nativa	Árbol	70 m
Malvaceae	*Heliocarpus americanus**	Balso blanco	Nativa	Árbol	14 m
Malvaceae	*Hibiscus rosa-sinensis**	Flor San Joaquín	Ornamental	Arbusto	2 m
Malvaceae	*Ochroma pyramidale**	Balso negro	Nativa	Árbol	11 m
Malvaceae	*Theobroma cacao**	Cacao	Cultivo	Árbol	1.6 m
Melastomataceae	*Miconia caudata**	Niguito	Nativa	Árbol	3 m
Melastomataceae	*Pleroma urvilleanum**	Nazareno	Ornamental	Arbusto	1.7 m
Meliaceae	*Cedrela odorata**	Cedro rosado	Nativa	Árbol	7 m
Moraceae	*Ficus elastica**	Árbol que camina	Ornamental	Árbol	12 m
Moraceae	*Ficus obtusifolia**	Higuerón	Nativa	Árbol	15 m
Moraceae	*Ficus pallida**	Higo	Nativa	Árbol	10 m
Moraceae	*Ficus tonduzii**	Higuerón	Nativa	Árbol	7 m
Musaceae	*Musa paradisiaca**	Plátano	Cultivo	Árbol	3 m
Myrtaceae	*Eucalyptus citriodora**	Eucalipto	Ornamental	Árbol	14 m
Myrtaceae	*Psidium guajava**	Guayabo	Cultivo	Árbol	7 m
Papaveraceae	*Bocconia frutescens**	Trompeto	Nativa	Árbol	2 m
Passifloraceae	*Passiflora coriacea**	Hoja murcielago	Nativa	Enredadera	2 m
Piperaceae	*Piper aduncum**	Cordoncillo	Nativa	Árbol	4 m
Piperaceae	*Piper auritum**	Cordoncillo	Nativa	Arbusto	5 m
Piperaceae	*Piper crassinervium**	Cordoncillo	Nativa	Arbusto	3 m
Poaceae	*Bambusa vulgaris**	Bambú dorado	Nativa	Hierba	1 m
Rosaceae	*Prunus amygdalus*	Almendro	Introducida	Árbol	10 m

Familia	Especie	Nombre común	Origen	Hábitat	Altura
Rubiaceae	*Cinchona pubescens**	Quina	Nativa	Árbol	9 m
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Café Castilla	Introducida	Arbusto	3 m
Rubiaceae	*Hamelia patens**	Bencenuco	Ornamental	Arbusto	2 m
Rubiaceae	*Morinda citrifolia*	Fruta del diablo	Introducida	Arbusto	12 m
Rutaceae	*Citrus ps.**	Limón	Cultivo	Árbol	3 m
Rutaceae	*Swinglea glutinosa**	Suingle	Ornamental	Árbol	2 m
Sapindaceae	*Cupania sp.**	Guacharaco	Nativa	Árbol	9 m
Solanaceae	*Brunfelsia grandiflora**	Monacá	Ornamental	Arbusto	2 m
Solanaceae	*Cestrum ochraceum**	Tinto	Nativa	Árbol	2 m
Urticaceae	*Boehmeria caudata**	Hierba jaguar	Nativa	Árbol	3 m
Urticaceae	*Cecropia angustifolia**	Yarumo negro	Nativa	Árbol	12 m
Urticaceae	*Pourouma bicolor**	Uva caimarona	Nativa	Árbol	21 m
Urticaceae	*Urera baccifera**	Pringamosa	Nativa	Árbol	1.7 m
Urticaceae	*Urera caracasana**	Pringamosa	Nativa	Árbol	4 m
Verbenaceae	*Citharexylum subflavescens*	Cajeto	Nativa	Árbol	20 m
Verbenaceae	*Lantana camara**	Lantana	Nativa	Arbusto	1.5 m

Fuente: Elaboración propia

1: SIB Colombia; 2: Catalogo virtual de flora del Valle de Aburrá; 3: Inaturalist; 4: AMSPRH Cuenca alta y media del Otún; 5: POMCA La Vieja, 2018; 6: PM-Santuario de Flora y Fauna Otún Quinbaya, 2018; * Registro en campo.

- Composición y tipo de registros de especies vegetales:

En relación con la composición de las familias de especies vegetales registradas, la mayor representatividad es para la familia Fabaceae con un 18% (20 especies), seguida de Arecaceae y Asteraceae con un 7.3% (8 especies cada una), Bignoniaceae, Euphorbiaceae, Malvaceae y Urticaceae con no menos del 4.6% (>5 especies) y las demás familias con menos de 5 especies reportadas (**Figura 102**).

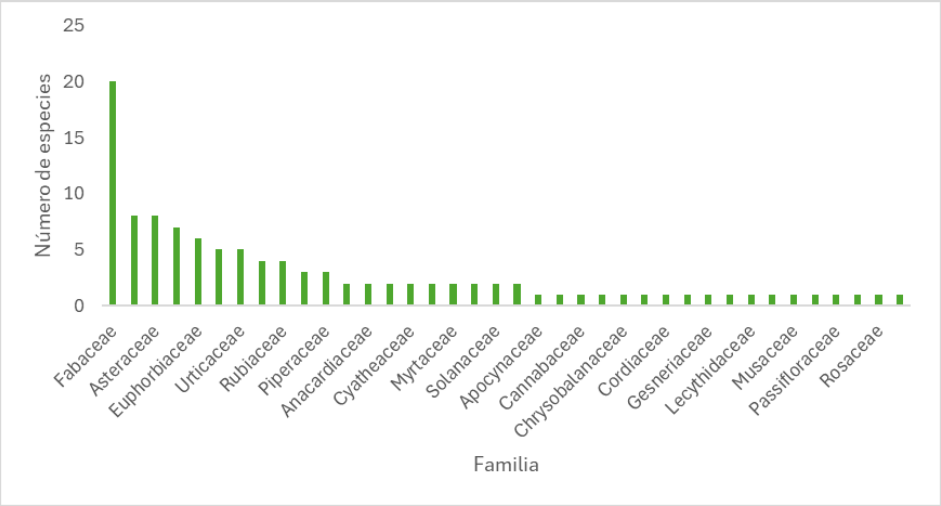


Figura 102 Riqueza de especies vegetales en cada familia registrada en la Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro

Fuente: Elaboración propia

- Especies endémicas y/o amenazadas y/o de valor comercial:

De acuerdo con la importancia ecológica de las especies de flora presentes, se encontró 62 especies nativas, 32 ornamentales, 7 introducidas y 7 cultivadas. De las especies nativas, se pueden resaltar, Sphaeropteris quindiuensis (Helecho arboreo), es una especie que solo se reportó en esta microcuenca, con aproximadamente 45 individuos, además este grupo vegetal es asociado tradicionalmente con ecosistemas mayormente conservados o poco intervenidos y cumplen una función reguladora del agua y de soporte del suelo (CORTOLIMA, 2023). además de reportar especies como Cordia alliodora (Nogal cafetero), Ocotea oblonga (Laurel) (**Figura 103**), Handroanthus chrysanthus (Guayacan amarillo) y Cecropia angustifolia (Yarumo negro) (**Figura 104**), especies de mayor porte utilizadas en procesos de restauración, ya que son pioneras en la regeneración de los bosques (Garcia-Velásquez et al., 2010).



Figura 103 Ocotea oblonga (Laurel)



Figura 104 Cecropia angustifolia (Yarumo)

- Nuevos registros de especies vegetales para el área de influencia directa:

En el muestreo, se registraron 78 especies nuevas que no estaban reportadas en las referencias bibliográficas consultadas. Destacando que, de estos nuevos reportes, 53 son especies nativas, algunos ejemplos son, Toxicodendron striatum (Manzanillo), Lepidaploa canescens (Flor de borla), Smallanthus riparius (Yacon) (Figura **105**), Trema micranthum (Zurrumbo) (**Figura 106**), Inga edulis (Guamo) y Alchornea latifolia (Canelito), entre otros. Este resultado en campo refleja una alta representatividad de flora nativa en la microcuenca, lo cual es clave para el mantenimiento de la estructura y funcionalidad del ecosistema, dado que las especies nativas están mejor adaptadas a las condiciones locales y cumplen roles fundamentales en procesos ecológicos como la regulación hídrica, la estabilidad del suelo, la provisión de hábitat y alimento para la fauna, y la resiliencia frente a disturbios (Navarro-López et al., 2023).



Figura 105 Smallanthus riparius (Yacon)



Figura 106 Trema micranthum (Zurrumbo)

- Categorización de vulnerabilidad por UICN (2025-2) y CITIES (2022):

Se consideró el estado de conservación de las especies registradas, por medio de dos diferentes referencias, la Lista Roja de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) y el Apéndice de la CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres). En total se reportan 8 especies con algún grado de vulnerabilidad.

Según la Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza (UICN), se reportan 2 especies con categoría casi amenazado, 4 en vulnerable y 2 en peligro (**Tabla 43**). De estas especies 3 son nativas y solo una fue reportada en campo, Cedrela odorata (Cedro). Esta especie es altamente utilizada por su valor comercial en usos maderables, por lo que, se ha convertido en una de las especies más afectadas por la tala indiscriminada y perdida de hábitat. Cabe resaltar que esta especie pionera es de gran importancia para la regeneración y soporte del ecosistema, se puede encontrar en diferentes etapas sucesiones y en procesos de restauración, además, debido a su rápido crecimiento facilita el establecimiento de otras especies en el tiempo (Cardona-Plazas et al., 2025).

Según CITIES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) solo dos especies se reportan en el apéndice II, para especies que podrían estar en peligro si su comercio no es regulado. Estas son el Cedro y Handroanthus chrysanthus (Guayacán amarillo), sin embargo, esta última no fue reportada en campo.

Tabla 43 Lista de especies en la Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro con su estado de conservación

Familia	Especie	Nombre común	UICN	CITIES
Arecaceae	*Adonidia merrillii*	Palma de navidad	VU	NE
Arecaceae	*Ceroxylon alpinum*	Palma de cera	EN	NE
Arecaceae	*Dypsis lutescens*	Palma Areca	NT	NE
Bignoniaceae	*Handroanthus chrysanthus*	Guayacán amarillo	VU	II
Bignoniaceae	*Jacaranda mimosifolia*	Guayacán morado	VU	NE
Lecythidaceae	*Cariniana pyriformis*	Papelillo	NT	NE
Meliaceae	*Cedrela odorata*	Cedro rosado	VU	II
Rubiaceae	*Coffea arabica*	Café variedad Castilla	EN	NE

Fuente: Elaboración propia

NT: Casi amenazado; VU: Vulnerable; EN: En peligro; II: Apéndice CITIES; NE: no evaluado

Finalmente, este estudio refleja la alta relevancia ecológica de la vegetación riparia presente, a pesar de la intervención antrópica asociada a actividades agrícolas, ganaderas y urbanas. Por ende, el registro de una mayor riqueza florística, con un predominio de especies nativas y la identificación de numerosos nuevos reportes para el área, refleja la capacidad del ecosistema para mantener procesos ecológicos funcionales, así como su potencial para la conservación y restauración ecológica a escala local.

Resultado Altura media del dosel (H):

Por medio de la búsqueda bibliográfica y la caracterización vegetal, se seleccionaron las especies con mayor valor de importancia ecológica (IVI), teniendo en cuenta que dicha microcuenca se encuentra dentro de una misma zona de vida (bh-PM).

La altura media del dosel (H) de las especies vegetales ribereñas en la Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro fue de 19.4 metros, las especies Heliocarpus americanus (Balso blanco) y Cecropia angustifolia (Yarumo negro), fueron los Árboles de mayor altura promedio registrados en la zona (25 m cada uno). En el Anexo 5 se encuentra la base de datos de especies y registro fotográfico de esta actividad.

Tabla 44 Especies con mayor IVI en la Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro

Familia	Especie	Nombre común	Altura promedio (m)
Malvaceae	*Heliocarpus americanus*	Balso blanco	25
Urticaceae	*Cecropia angustifolia*	Yarumo negro	25
Anacardiaceae	*Toxicodendron striatum*	Manzanillo	20
Fabaceae	*Inga edulis*	Guamo	15
Acanthaceae	*Trichanthera gigantea*	Nacedero	12

Fuente: Elaboración propia

Dado que la Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro se encuentra íntegramente dentro de una única zona de vida (bh-PM), y considerando la escala de análisis establecida para el componente ecosistémico en la Guía Técnica, la altura media del dosel (H) fue estimada como un valor representativo único para la vegetación riparia de la Unidad Hidrográfica (**Figura 107**).

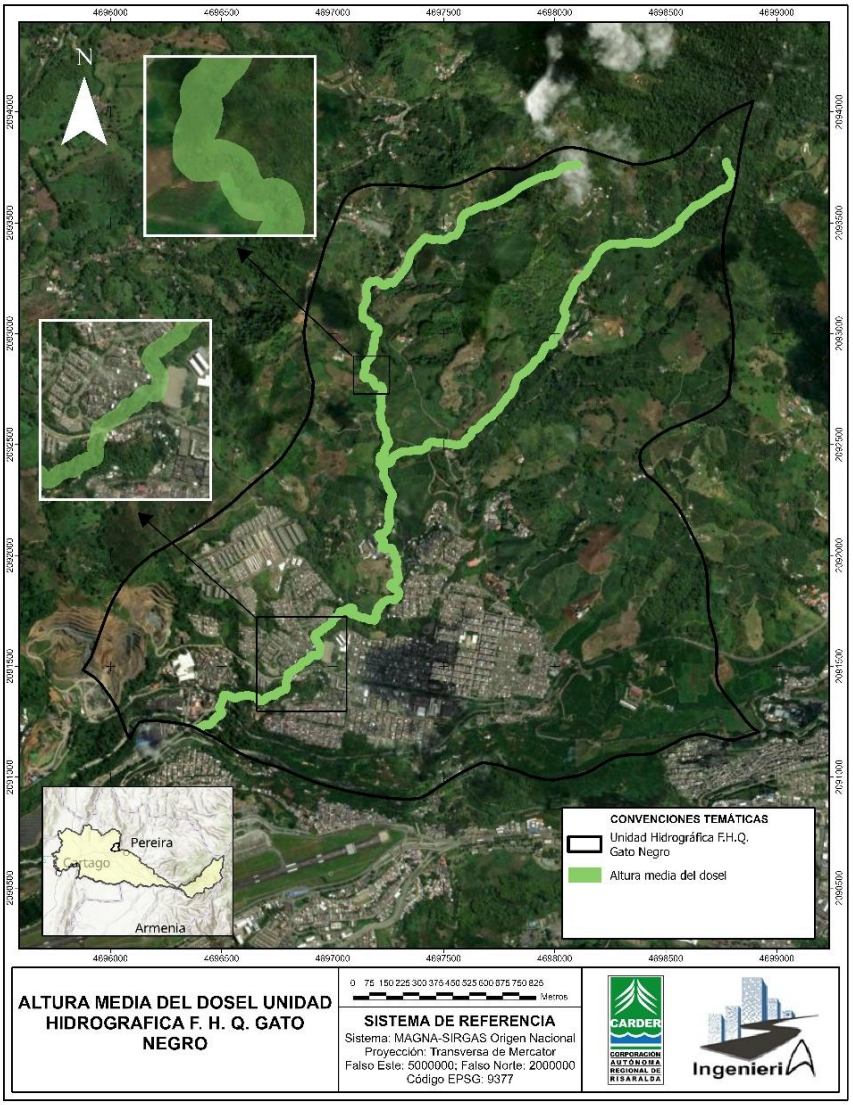


Figura 107 Mapa salida del H (altura media del dosel) de 19.4 m de la Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro

Fuente: Elaboración propia

8.3.3 Cálculo de N (relación entre la densidad y el área de drenaje)

La determinación del componente ecosistémico de la ronda hídrica no depende únicamente de la vegetación circundante, sino también de la capacidad del terreno para evacuar el agua y la complejidad de su red de drenaje. Para integrar esta dinámica física, se utiliza el coeficiente N, el cual actúa como un factor de ajuste que vincula la geomorfología con la respuesta hidrológica de la cuenca.

El valor de N se fundamenta en dos variables principales:

- Densidad de Drenaje (Dd): Representa el grado de disección del relieve. Una alta densidad de drenaje indica un terreno con mayor capacidad de respuesta ante eventos de precipitación, donde el agua encuentra rápidamente canales para fluir, lo que exige una franja de protección más robusta para garantizar la estabilidad del sistema.
- Área Aferente (Aa): Se refiere a la extensión de la superficie que drena hacia un punto determinado. Dependiendo del tamaño de esta área, el sistema fluvial presenta diferentes niveles de sensibilidad ambiental y riesgo de inundación o erosión.

De acuerdo con la Guía Técnica para el Acotamiento de Rondas Hídricas, la interacción de estas variables permite clasificar las unidades geomorfológicas en rangos de "sensibilidad", asignando un valor numérico a N (que generalmente oscila entre 1.5 y 4). Este valor, al ser multiplicado por la altura media del dosel (H), define el ancho final del componente ecosistémico, asegurando que la ronda hídrica sea lo suficientemente amplia para mantener la conectividad biótica y los servicios ecosistémicos, especialmente en zonas de alta densidad de drenaje o áreas de aporte críticas.

A continuación, se presenta el cálculo detallado de este parámetro para las cuencas objeto de estudio, segmentado por sus unidades geomorfológicas.

8.3.3.1 Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta)

Para la determinación del factor N en la unidad hidrográfica de la quebrada Tinajas, se definieron inicialmente las áreas de aporte o áreas aferentes (Aa), a partir de la zonificación hidrológica y el análisis de la red de drenaje. Con base en este análisis, se estableció que dichas áreas se ubican dentro de los rangos 1, 2 y 3 de la clasificación propuesta en la Guía Técnica para el Acotamiento de Rondas Hídricas (MADS, 2018), correspondientes a áreas de aporte pequeñas, moderadas y de escala intermedia. Esta condición refleja una mayor variabilidad en la distribución espacial de los aportes dentro de la cuenca, lo cual influye directamente en la determinación del factor N y en la delimitación del componente ecosistémico.

Tabla 45 Rangos de clasificación de áreas aferentes

Área de cuenca aferente (km2)	Clase
0 < a ≤ 1	1
1 < a ≤ 10	2
10 < a ≤ 100	3
100 < a ≤ 1000	4
1000 < a ≤ 10.000	5
10.000 < a ≤ 100.000	6

Fuente: Elaboración propia en base a la guia de nacional de rondas hidricas

Esta clasificación resulta clave en la evaluación del sistema, ya que el tamaño de las áreas de aporte, en conjunto con la densidad de drenaje, influye directamente en la sensibilidad hidrológica de la cuenca. En este sentido, la presencia de áreas aferentes en rangos bajos, moderados e intermedios permite definir un factor N que garantice una faja biótica adecuada para amortiguar los procesos de escorrentía superficial y contribuir al mantenimiento de la conectividad ecológica e hidráulica del sistema.

En este contexto, para la unidad hidrográfica de la quebrada Tinajas se identificaron cuatro unidades geomorfológicas principales que condicionan el comportamiento del flujo superficial y la configuración de la ronda hídrica: espinazo, abanico, loma y valle.

Tabla 46 Cálculo de Densidad de drenaje U.H. Q. Tinajas

Unidad Geomorfológica	Área (km2)	Densidad de Drenaje (Dd)	Longitud (km)	Clasificación Dd
Espinazo	2.92	6.29	18.37	*Alta*
Abanico	3.78	5.45	20.60	*Alta*
Loma	7.79	3.98	31.00	*Alta*
Valle	0.06	8.63	8.69	*Alta*

Fuente: Elaboración propia

Una vez categorizadas las áreas aferentes de la unidad hidrográfica de la quebrada Tinajas dentro de los rangos 1, 2 y 3, se procede a integrar este factor con la densidad de drenaje (Dd) asociada a las diferentes unidades geomorfológicas identificadas. Esta integración se realiza mediante una matriz de doble entrada, conforme a lo establecido en la Guía Técnica (MADS, 2018), donde la relación entre la magnitud del área de aporte y la eficiencia de la red de drenaje permite determinar de manera precisa el valor del factor N. De esta forma, se asegura que la delimitación responda de manera coherente a las condiciones hidrológicas y geomorfológicas propias de la cuenca.

Tabla 47 Valor de N según área de la cuenca y densidad de drenaje

Área de cuenca aferente (km2)	Valor de N		
	Densidad drenaje		
	Baja < 1.5 km/km2	Media 1.5 – 3.0 km/km2	Alta > 3.0 km/km2
0 < a ≤ 1	2.0	1.5	1.0
1 < a ≤ 10	2.5	2.0	1.5
10 < a ≤ 100	3.0	2.5	2.0
100 < a ≤ 1000	3.5	3.0	2.5
1000 < a ≤ 10.000	4.0	3.5	3.0
10.000 < a ≤ 100.000		4.0	

Fuente: Elaboración propia en base a la guia de nacional de rondas hidricas

Como resultado de la integración entre las áreas aferentes y la densidad de drenaje para cada unidad geomorfológica en la unidad hidrográfica de la quebrada Tinajas, se obtuvieron valores del factor N entre 1.0, 1.5 y 2.0. Estos resultados reflejan una mayor variabilidad en comparación con otras microcuencas, asociada a la presencia de áreas aferentes que abarcan rangos pequeños, moderados e intermedios. Los valores de N iguales a 1.0 se presentan en sectores con áreas de aporte reducidas, caracterizados por una respuesta hidrológica rápida y una alta eficiencia en la evacuación del flujo. Por su parte, los valores de 1.5 corresponden a zonas con áreas aferentes intermedias, donde se requiere una mayor capacidad de regulación de la escorrentía. Finalmente, los valores de N de 2.0 se asocian a áreas de aporte mayores (Aa = 3), en las cuales es necesaria una faja biótica más amplia para garantizar el adecuado amortiguamiento de caudales, la estabilidad hidráulica y la conservación de la funcionalidad ecológica del sistema. En conjunto, la variabilidad observada en los valores de N es coherente con la heterogeneidad geomorfológica de la cuenca Tinajas y permite establecer criterios diferenciados para la delimitación de la ronda hídrica. A continuación, se presentan los valores de N obtenidos para cada segmento analizado.

Tabla 48 Resultado Valor de N U. H. Q. Tinajas

Nombre de la corriente	Area Aferente	Valor H	Valor N
Q. Cundina	2.00	22.10	1.50
Q. Cundina	1.00	22.10	1.00
Q. Cundina	2.00	22.10	1.50
Q. Cundina	1.00	22.10	1.00
Q. Cundina	2.00	22.10	1.50
Q. Cundina	1.00	22.10	1.00
Q. Cundina	2.00	22.10	1.50
Q. Cundina	1.00	22.10	1.00
Q. Cundina	2.00	22.10	1.50
Q. Cundina	1.00	22.10	1.00
Q. Cundina	2.00	22.10	1.50
Q. Cundina	2.00	22.10	1.50
Q. Cundina	1.00	22.10	1.00
Q. Cundina	2.00	22.10	1.50
Q. Cundina	1.00	22.10	1.00
Q. Cundina	1.00	22.10	1.00
Q. Tinajas	3.00	21.20	2.00
Q. Tinajas	1.00	21.20	1.00
Q. Tinajas	2.00	21.20	1.50
Q. Tinajas	1.00	21.20	1.00
Q. Tinajas	2.00	21.20	1.50
Q. Tinajas	1.00	21.20	1.00

Nombre de la corriente	Area Aferente	Valor H	Valor N
Q. Tinajas	2.00	21.20	1.50
Q. Tinajas	1.00	21.20	1.00
Q. Tinajas	2.00	21.20	1.50
Q. Tinajas	1.00	21.20	1.00
Q. Tinajas	2.00	21.20	1.50
Q. Tinajas	1.00	21.20	1.00
Q. Tinajas	2.00	21.20	1.50
Q. Tinajas	1.00	21.20	1.00
Q. Tinajas	2.00	21.20	1.50
Q. Tinajas	2.00	21.20	1.50
Q. Tinajas	2.00	21.20	1.50
Q. Tinajas	2.00	21.20	1.50
Q. Tinajas	2.00	21.20	1.50
Q. Tinajas	2.00	21.20	1.50
Q. Tinajas	2.00	21.20	1.50
Q. Tinajas	2.00	21.20	1.50
Q. Tinajas	1.00	21.20	1.00
Q. Tinajas	2.00	21.20	1.50
Q. Tinajas	1.00	21.20	1.00
Q. Tinajas	3.00	21.20	2.00
Q. Tinajas	1.00	21.20	1.00
Q. Tinajas	3.00	21.20	2.00
Q. Tinajas	1.00	21.20	1.00
Q. Tinajas	2.00	21.20	1.50

Fuente: Elaboración propia

8.3.3.2 Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro

Para la determinación del factor N en la microcuenca Gato Negro, se definieron inicialmente las áreas de aporte o áreas aferentes (Aa), a partir de la zonificación hidrológica y el análisis de la red de drenaje. Con base en este análisis, se estableció que dichas áreas se ubican dentro de los rangos 1 y 2 de la clasificación propuesta en la Guía Técnica para el Acotamiento de Rondas Hídricas (MADS, 2018), correspondientes a áreas de aporte pequeñas a moderadas.

Tabla 49 Rangos de clasificación de áreas aferentes

Área de cuenca aferente (km2)	Clase
0 < a ≤ 1	1
1 < a ≤ 10	2
10 < a ≤ 100	3
100 < a ≤ 1000	4
1000 < a ≤ 10.000	5
10.000 < a ≤ 100.000	6

Fuente: Elaboración propia en base a la guia de nacional de rondas hidricas

Esta clasificación resulta clave en la evaluación del sistema, ya que el tamaño de las áreas de aporte, en conjunto con la densidad de drenaje, influye directamente en la sensibilidad hidrológica de la microcuenca. En este sentido, valores bajos a moderados de Aa, combinados con las características del drenaje, permiten definir un factor N que garantice una faja biótica suficiente para amortiguar los procesos de escorrentía superficial y contribuir al mantenimiento de la conectividad ecológica e hidráulica del sistema.

En este contexto, para la microcuenca Gato Negro se identificaron dos unidades geomorfológicas principales que condicionan el comportamiento del flujo superficial y la configuración de la ronda hídrica. A continuación, se presenta el cálculo de la densidad de drenaje (Dd) para cada una de estas unidades, como insumo fundamental para la determinación del factor N.

- Unidad Geomorfológica: Cerros Residuales

Esta unidad abarca la mayor parte de la zona alta y media de la microcuenca, caracterizada por relieves que han resistido los procesos de erosión circundante.

- Área de la unidad (A): 2.49 km2
- Longitud de drenajes (L): 16.41 km
- Densidad de Drenaje (Dd): Se calcula mediante la relación Dd=L/A.
    - Resultado: 6.59 km/km2

De acuerdo con el valor de Dd obtenido, esta unidad se clasifica según los rangos de la Guía Técnica (Baja: < 3; Media: 3 - 4.5; Alta: > 4.5). Cruzando este dato con el Área Aferente (Aa), se asigna el valor de N correspondiente.

- Unidad Geomorfológica: Glacis

Ubicada en las zonas de transición y depósitos, presenta pendientes más suaves y una dinámica de acumulación de sedimentos.

- Área de la unidad (A): 3.26 km2

- Longitud de drenajes (L): 10.33 km
- Densidad de Drenaje (Dd): Se calcula mediante la relación Dd=L/A.
  - Resultado: 3.17 km/km2

Tabla 50 Calculo de Densidad de drenaje F.H. Q. Gato Negro

Unidad Geomorfológica	Área (km2)	Densidad de Drenaje (Dd)	Longitud (km)	Clasificación Dd
Cerros Residuales	2.49	6.59	16.41	*Alta*
Glacis	3.26	3.17	10.33	*Alta*

Fuente: Elaboración propia

Una vez categorizadas las áreas aferentes de la F.H.Q. Gato Negro dentro de los rangos 1 y 2, se procede a integrar este factor con la densidad de drenaje (Dd) calculada para cada unidad geomorfológica. Esta integración se realiza mediante una matriz de doble entrada, tal como lo establece la Guía Técnica (MADS, 2018), donde la intersección entre la magnitud del área de aporte y la eficiencia de la red hídrica permite definir con precisión el valor de N.

Tabla 51 Valor de N según área de la cuenca y densidad de drenaje

Área de cuenca aferente (km2)	Valor de N		
	Densidad drenaje		
	Baja < 1.5 km/km2	Media 1.5 – 3.0 km/km2	Alta > 3.0 km/km2
0 < a ≤ 1	2.0	1.5	1.0
1 < a ≤ 10	2.5	2.0	1.5
10 < a ≤ 100	3.0	2.5	2.0
100 < a ≤ 1000	3.5	3.0	2.5
1000 < a ≤ 10.000	4.0	3.5	3.0
10.000 < a ≤ 100.000		4.0	

Fuente: Elaboración propia en base a la guia de nacional de rondas hidricas

Como resultado de la integración entre las áreas aferentes y la densidad de drenaje para cada unidad geomorfológica, se obtuvieron valores del factor N entre 1.0 y 1.5 para la microcuenca Gato Negro. Estos resultados reflejan una condición de alta eficiencia en la red de drenaje, particularmente en sectores con mayores pendientes, lo que favorece una rápida concentración del flujo y, por tanto, una menor necesidad de amplitud en la faja biótica en términos relativos. No obstante, la presencia de valores de N de 1.5 en áreas con mayor extensión aferente indica la necesidad de mantener una capacidad adecuada de amortiguamiento frente a los procesos de escorrentía. En conjunto, la variabilidad observada en los valores de N es coherente con la heterogeneidad geomorfológica de la microcuenca y permite establecer criterios diferenciados para la delimitación de la ronda hídrica, garantizando tanto la estabilidad hidráulica como la funcionalidad ecológica del

sistema. A continuación, se presentan los valores de N obtenidos para cada segmento analizado.

Tabla 52 Resultado Valor de N F.H.Q. Gato Negro.

Nombre de la corriente	Area Aferente	Valor H	Valor N
Q. Llano Grande	1.00	19.40	1.00
Quebrada El Erazo	1.00	19.40	1.00
Quebrada El Erazo	2.00	19.40	1.50
Quebrada El Erazo	1.00	19.40	1.00
Quebrada El Erazo	2.00	19.40	1.50
Quebrada El Erazo	1.00	19.40	1.00
Quebrada El Erazo	2.00	19.40	1.50
Quebrada El Erazo	1.00	19.40	1.00
Quebrada El Erazo	2.00	19.40	1.50
Quebrada El Erazo	1.00	19.40	1.00
Quebrada El Erazo	1.00	19.40	1.00
Quebrada El Erazo	2.00	19.40	1.50
Quebrada El Erazo	2.00	19.40	1.50
Quebrada El Erazo	1.00	19.40	1.00
Quebrada El Erazo	2.00	19.40	1.50
Quebrada El Erazo	1.00	19.40	1.00
Quebrada El Erazo	2.00	19.40	1.50
Quebrada El Erazo	1.00	19.40	1.00
Quebrada El Erazo	2.00	19.40	1.50
Quebrada El Erazo	1.00	19.40	1.00
Quebrada El Erazo	2.00	19.40	1.50
Quebrada El Erazo	1.00	19.40	1.00
Quebrada El Erazo	2.00	19.40	1.50

Fuente: Elaboración propia

8.3.4 Delimitación del componente ecosistémico

8.3.4.1 Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta)

Los resultados de la delimitación del componente ecosistémico (CE) para la unidad hidrográfica de la quebrada Tinajas evidencian valores entre 21.20 m, 31.80 m y 42.40 m, asociados directamente a la variación del factor N en función de las áreas aferentes y la densidad de drenaje. Los valores menores (21.20 m) corresponden a sectores con áreas de aporte más pequeñas, donde la respuesta hidrológica es más rápida y la red de drenaje presenta alta eficiencia; los valores intermedios (31.80 m) se presentan en zonas con áreas aferentes moderadas, donde se requiere una mayor capacidad de regulación de la escorrentía; mientras que los valores mayores (42.40 m) se asocian a áreas de aporte más

extensas, en las que es necesaria una franja más amplia para garantizar la amortiguación de caudales, la estabilidad hidráulica y la conservación de la funcionalidad ecológica del sistema. En conjunto, estos resultados reflejan una delimitación diferenciada y progresiva del componente ecosistémico a lo largo de la cuenca, acorde con sus condiciones hidrológicas y geomorfológicas, en la figura 108 se presenta el mapa del componente ecosistémico delimitado.

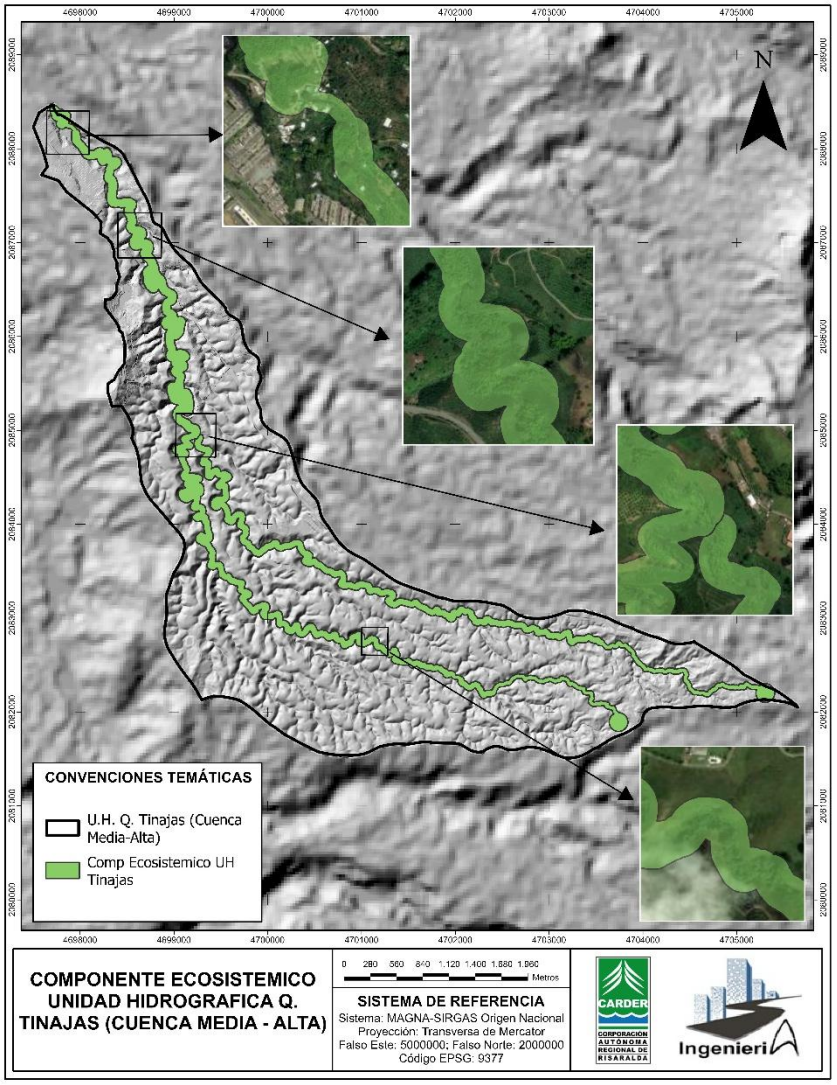


Figura 108 Componente Ecosistémico Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (cuenca media – alta)

Fuente: Elaboración propia

8.3.4.2 Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro

Los resultados de la delimitación del componente ecosistémico (CE) evidencian valores entre 19.40 m y 29.10 m, asociados directamente a la variación del factor N en función de las áreas aferentes y la densidad de drenaje. Los valores menores (19.40 m) corresponden a sectores con áreas de aporte más pequeñas y alta eficiencia de drenaje, donde la respuesta hidrológica es más rápida, mientras que los valores mayores (29.10 m) se presentan en zonas con mayor área aferente, donde se requiere una franja más amplia para garantizar la regulación de la escorrentía y la estabilidad del sistema. En conjunto, estos resultados reflejan una delimitación diferenciada del componente ecosistémico a lo largo de la microcuenca, acorde con sus condiciones hidrológicas y geomorfológicas.

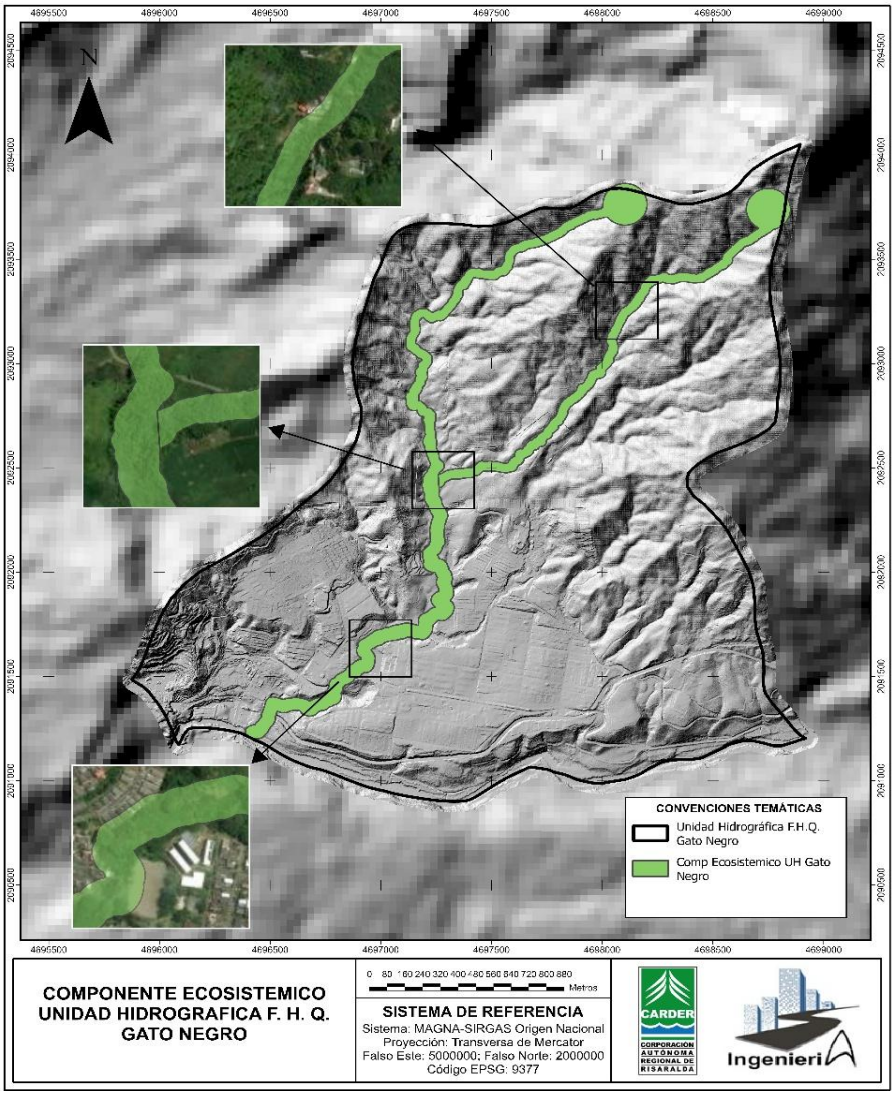


Figura 109 Componente Ecosistémico Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro

Fuente: Elaboración propia

8.4 Delimitación del límite físico/funcional de la ronda hídrica

Una vez delimitado el cauce permanente más los tres componentes físico-bióticos (geomorfológico, hidrológico y ecosistémico), se traza la envolvente externa de estos elementos, la cual se constituye en el límite físico de la ronda hídrica o también conocida como ronda hídrica unificada. En el Anexo 6 se encuentran todas las salidas gráficas presentadas para los tres componentes y el límite físico de la ronda hídrica; la cartografía asociada se puede consultar en el archivo. gdb del proyecto.

8.4.1 Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta)

Como se muestra en la **Tabla 53**, el componente con mayor área delimitada tanto para la quebrada Tinajas como Cundina, es el componente ecosistémico, seguido por los componentes geomorfológico e hidrológico que tienen áreas similares. El componente ecosistémico envuelve los componentes hidrológico y geomorfológico en la mayor parte del recorrido de las quebradas. Como resultado final se tiene una ronda hídrica acotada de 127 Ha para la quebrada Tinajas y de 67.30 Ha para la quebrada Cundina, sumando un total de 194.3 Ha dentro de la Unidad Hidrográfica. En la **Figura 110** se muestra el resultado final de la ronda hídrica.

Tabla 53. Áreas componentes físico-bióticos y ronda hídrica – U.H. Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta)

Componente	Área (Ha)
Q. Tinajas	
Geomorfológico	23.1
Hidrológico	22.87
Ecosistémico	125.34
Ronda hídrica total (envolvente)	**127**
Q. Cundina	
Geomorfológico	6.94
Hidrológico	8.92
Ecosistémico	67.30
Ronda hídrica total (envolvente)	**67.30**

Fuente: Elaboración propia

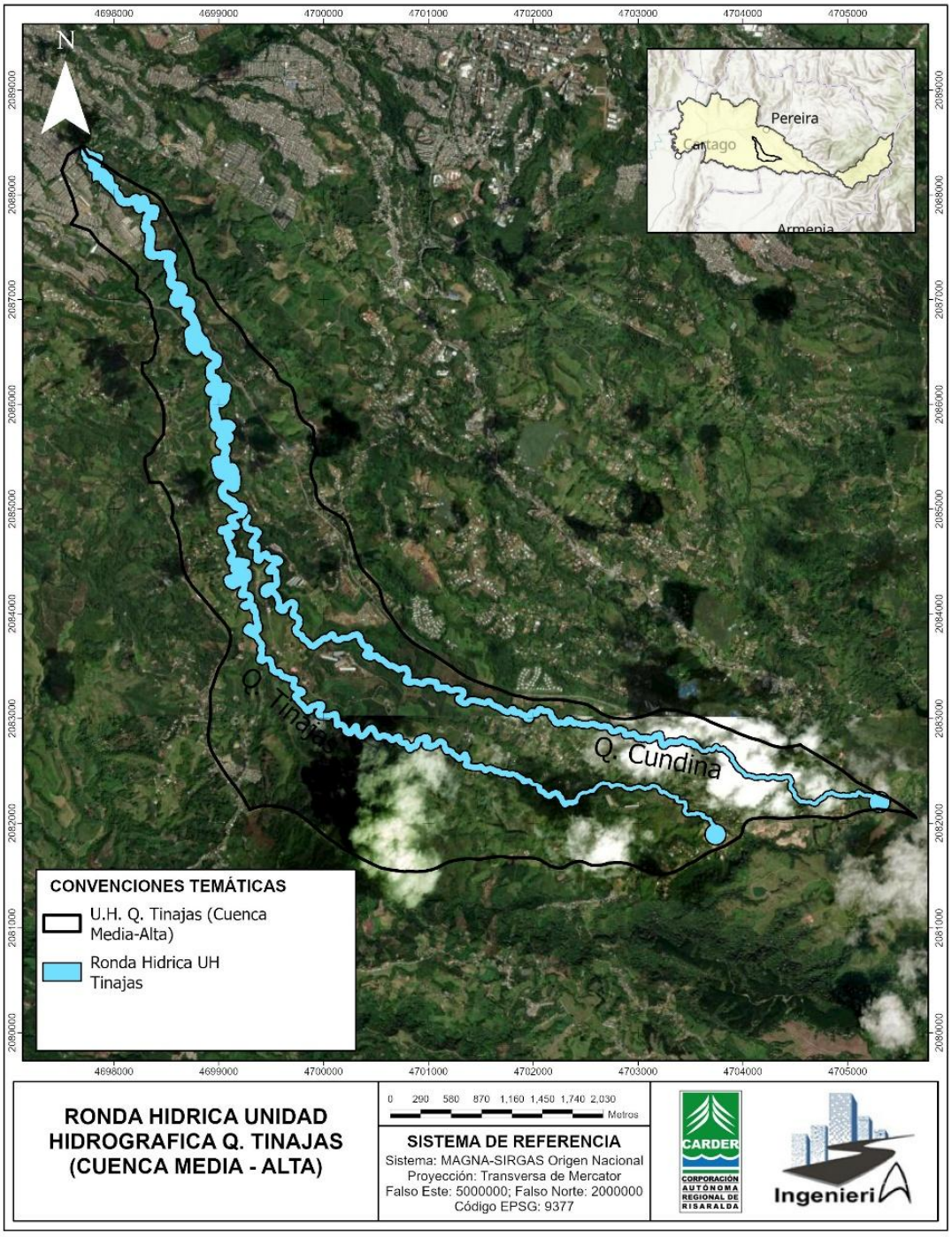


Figura 110 Límite físico de la ronda hídrica Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (cuenca media – alta)

Fuente: Elaboración propia

8.4.2 Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro

Como se muestra en la **Tabla 54**, el componente con mayor área delimitada tanto para la quebrada El Erazo, como Llano Grande es el componente ecosistémico, seguido por los componentes geomorfológico e hidrológico que tienen áreas similares. El componente ecosistémico envuelve los componentes hidrológico y geomorfológico en la mayor parte del recorrido de las quebradas. Como resultado final se tiene una ronda hídrica acotada de 27.18 Ha para la quebrada El Erazo y de 13.05 Ha para la quebrada Llano Grande, sumando un total de 40.23 Ha dentro de la Unidad Hidrográfica. En la **Figura 111** se muestra el resultado final de la ronda hídrica.

Tabla 54. Áreas componentes físico-bióticos y ronda hídrica – U.H. F.H.Q. Gato Negro

Componente	Área (Ha)
Q. El Erazo	
Geomorfológico	9.38
Hidrológico	9.05
Ecosistémico	25.82
Ronda hídrica total (envolvente)	**27.18**
Q. Llano Grande	
Geomorfológico	2.15
Hidrológico	1.84
Ecosistémico	12.9
Ronda hídrica total (envolvente)	**13.05**

Fuente: Elaboración propia

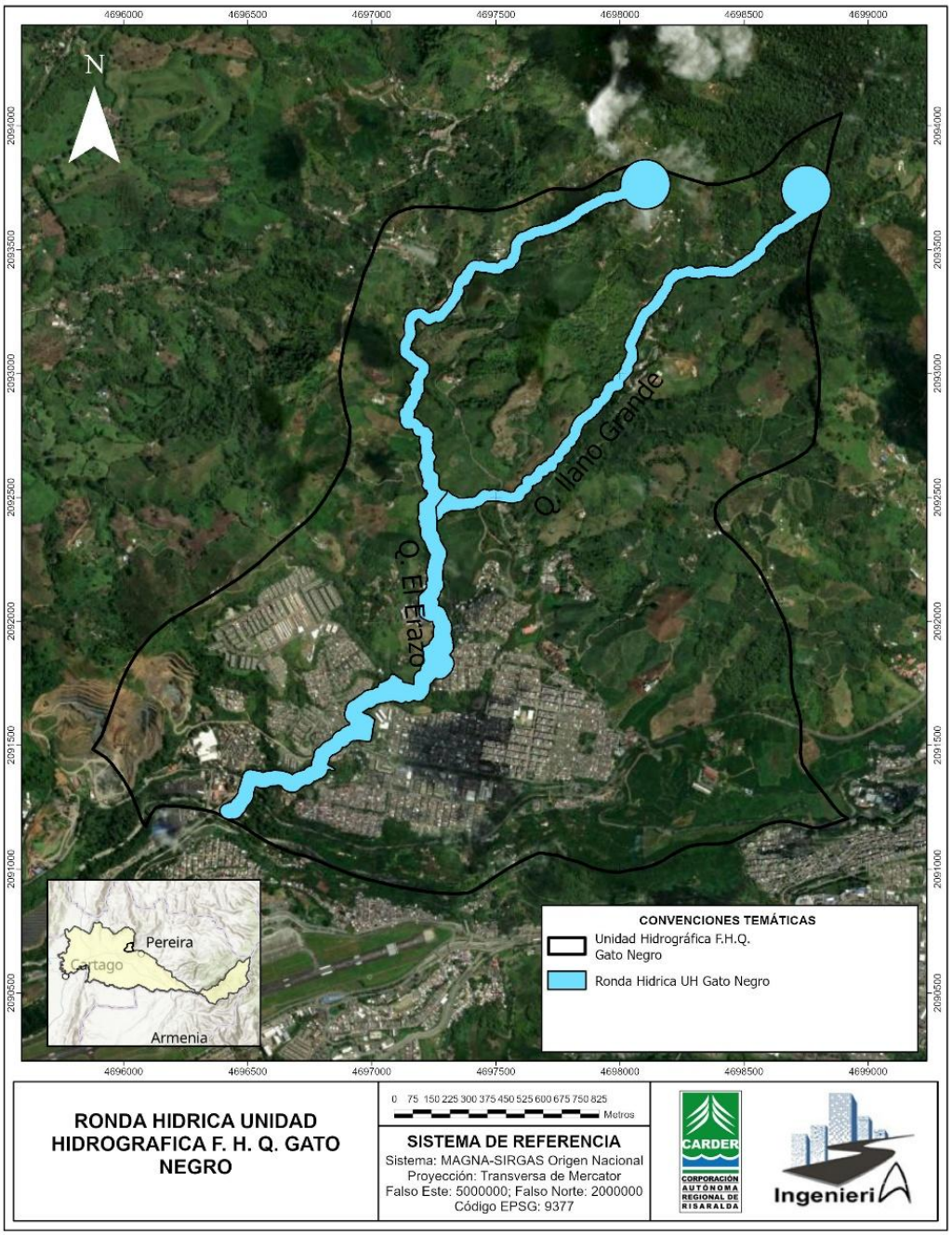


Figura 111 Límite físico de la ronda hídrica Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro
Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 9. DIRECTRICES PARA EL MANEJO AMBIENTAL DE LAS RONDAS HÍDRICAS

9.1 Identificación de los elementos constituyentes de la ronda hídrica

Como primer momento/paso para la definición de directrices para el manejo ambiental de las rondas hídricas acotadas, se identifican los elementos constituyentes, los cuales corresponden a faja paralela y área de protección y conservación aferente (APCA) según lo definido en el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011.

Como se mencionó con anterioridad, la faja paralela está dada por lo que mida el componente hidrológico sin sobrepasar los 30 metros de ancho, significando que esta puede ser menor a los 30 metros, y que el área de protección y conservación aferente corresponde al ancho restante (límite entre faja paralela y límite físico de la ronda hídrica) dado por los componentes geomorfológico y ecosistémico, a continuación, se presentan los resultados para cada Unidad Hidrográfica.

En el Anexo 6 se encuentran todas las salidas gráficas presentadas para los elementos constituyentes; la cartografía asociada se puede consultar en el archivo. gdb del proyecto.

9.1.1 Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta)

Para la quebrada Tinajas, la faja paralela tanto de la margen derecha como izquierda de la ronda hídrica representa un 4.95 % del total del área de la ronda hídrica, mientras que el APCA representa un 82.65 %. Por su parte la faja paralela de la quebrada Cundina representa solo el 3.1 % y el APCA el 86.75 %. En la **Figura 112** se muestra en el mapa la espacialización de los elementos constituyentes para esta U.H.

Tabla 55. Áreas elementos constituyentes – U.H. Q. Tinajas (Cuenca Media – Alta)

Elemento constituyente	Área (Ha)	% dentro de la ronda hídrica
Q. Tinajas		
Faja Paralela	6.28	4.95 %
APCA	104.96	82.65 %
Cauce permanente	15.72	12.38
Ronda Hídrica total	127	100%
Q. Cundina		
Faja Paralela	2.06	3.1 %
APCA	58.41	86.75 %
Cauce permanente	6.86	10.18 %
Ronda Hídrica total	67.3	100%

Fuente: Elaboración propia

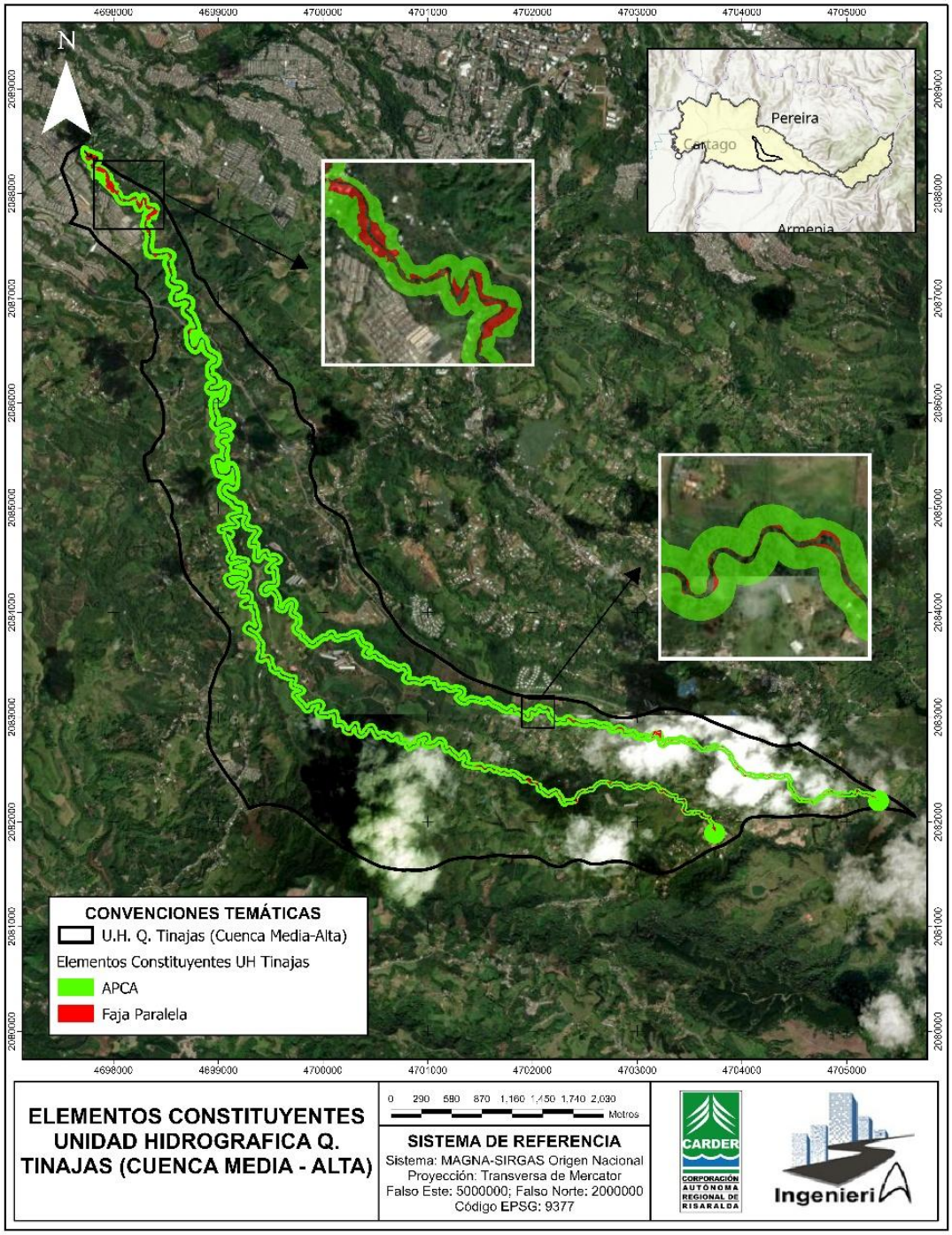


Figura 112 Elementos constituyentes Unidad Hidrográfica Q. Tinajas (cuenca media – alta)

Fuente: Elaboración propia

9.1.2 Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro

Para la quebrada El Erazo, la faja paralela tanto de la margen derecha como izquierda de la ronda hídrica representa un 20.1 % del total del área de la ronda hídrica, mientras que el APCA representa un 69.35 %. Por su parte, la faja paralela de la quebrada Llano Grande representa solo el 3.28 % y el APCA el 85.95 %. En la **Figura 113** se muestra la espacialización de los elementos constituyentes para esta U.H.

Tabla 56. Áreas elementos constituyentes – U.H. F.H.Q. Gato Negro

Elemento constituyente	Área (Ha)	% dentro de la ronda hídrica
Q. El Erazo		
Faja Paralela	5.44	20.1 %
APCA	18.85	69.35 %
Cauce permanente	2.83	10.41 %
Ronda Hídrica total	27.1	100 %
Q. Llano Grande		
Faja Paralela	0.43	3.28 %
APCA	11.26	85.95%
Cauce permanente	1.41	10.76 %
Ronda Hídrica total	13.05	100 %

Fuente: Elaboración propia

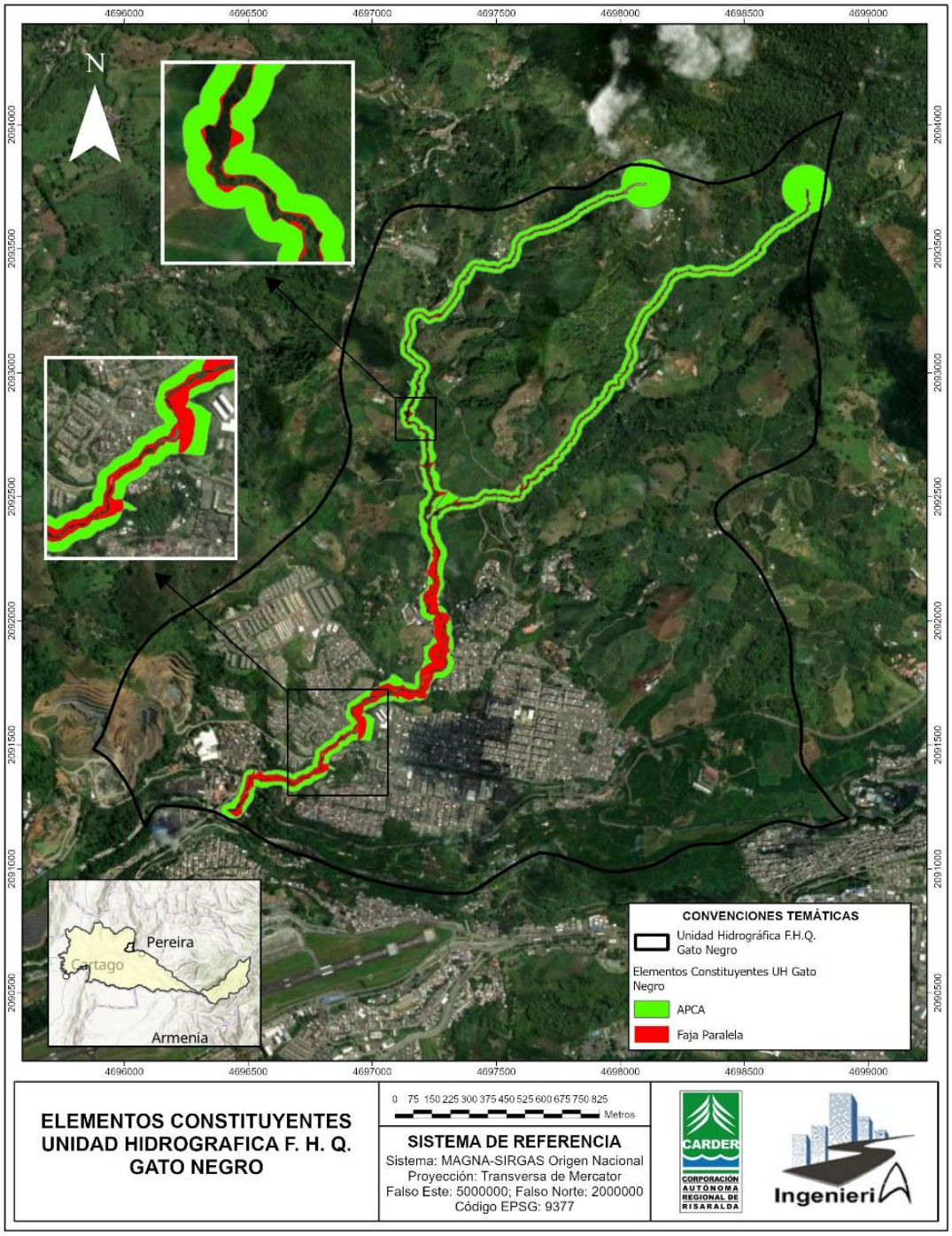


Figura 113 Elementos constituyentes Unidad Hidrográfica F.H.Q. Gato Negro
Fuente: Elaboración propia

9.2 Identificación de actores

La identificación y caracterización de actores sociales se desarrolló como uno de los ejes principales del componente social del proyecto, en la medida en que permite reconocer de manera estructurada las personas, grupos, organizaciones e instituciones con incidencia directa o indirecta sobre el área de intervención y sobre las decisiones asociadas a la gestión del recurso hídrico y el desarrollo territorial. Este ejercicio no se limita a la elaboración de un listado de entidades participantes, sino que comprende el análisis de sus roles, competencias, niveles de influencia, intereses y formas de relacionamiento con el proyecto. En este sentido, la identificación de actores se orientó al reconocimiento de aquellos agentes con capacidad técnica, administrativa, operativa, comunitaria y territorial para aportar información, participar en la toma de decisiones y fortalecer la articulación interinstitucional.

Para el presente proyecto, este proceso tuvo especial relevancia debido a la necesidad de consolidar información técnica y social proveniente de entidades públicas, empresas prestadoras de servicios, actores comunitarios y autoridades ambientales, garantizando así una lectura integral del territorio y de sus dinámicas sociales e institucionales.

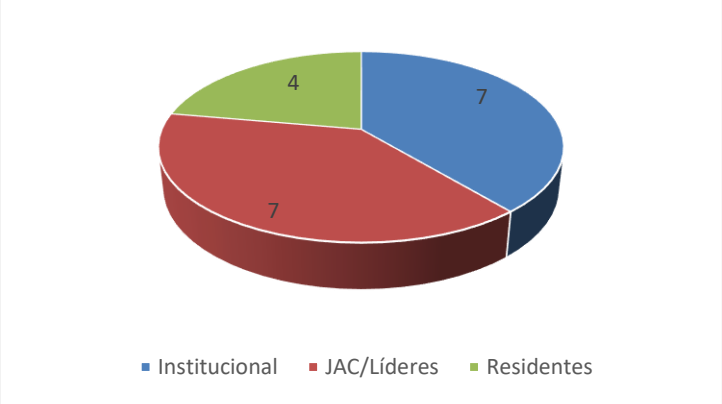
A partir de las mesas técnicas, reuniones institucionales, revisión documental y actividades de reconocimiento territorial, se consolidó la caracterización de actores estratégicos, identificando especialmente la participación de entidades como CARDER, alcaldías municipales, organismos de gestión del riesgo, empresas prestadoras del servicio de acueducto y alcantarillado, así como actores comunitarios presentes en el área de influencia. El proceso de identificación y relacionamiento inicial con los actores sociales, que se presenta en la **tabla 57**, se desarrolló conforme al plan de trabajo social definido para el proyecto y al primer ejercicio de acercamiento con actores estratégicos **(ver Anexo 8 y Anexo 9).**

Tabla 57 base de datos de actores clave identificados

BASE DE DATOS DE ACTORES CLAVES IDENTIFICADOS				
NOMBRE	**TELÉFONO**	**SECTOR**	**INFLUENCIA**	**TIPO DE ACTOR**
Jorge Luis Borja	3146825078	Quebrada Tinajas	Administrador ACUCESDI	Institucional
Maria Isabel	3173404284	Quebrada Tinajas	Propietaria vivienda parte media alta quebrada tinajas	Comunitario
Maria Grisales	3137242992	Quebrada Tinajas	Inquilina vivienda parte media alta quebrada Tinajas	Comunitario
Jhonatan León	3136819050	Quebrada Tinajas	Presidente barrio Ciudad Capry	Comunitario

Gloria Inés Zuñiga	3126939159	Quebrada Tinajas	Habitante barrio Ciudad Capry	Comunitario
Dulfay Ramírez	3150021107	Quebrada Tinjas	Presidente JAC vereda La Gramínea	Comunitario
German Díaz	3246310534	Quebrada Tinajas	Presidente JAC vereda Guayabal	Comunitario
Maria Elena Montoya	3127035200	Quebrada Gato Negro	Delegada JAC Barrio Málaga – Parque Industrial	Comunitario
Meiner Dagua	3218334555	Quebrada Gato Negro	EDIL – Parque Industrial	Comunitario
German Alberto Toro	3105620701	Quebrada Gato Negro	Vicepresidente JAC Málaga – Parque Industrial	Comunitario
Jorge Alberto	3245415661	Quebrada Gato Negro	Presidente JAC Málaga – Parque Industrial	Comunitario
Alicia Tovar	3156735766	Quebrada Gato Negro	Habitante sector Comfamiliar – Parque Industrial	Comunitario
Ronald Imapata Tabares	3232252256	EPR	Funcionario	Institucional
Vanessa Holguin Gallego	3159268287	AQUASAT	Gerente	Institucional
Paula Andrea Gómez	3205703581	AQUASAT	Apoyo Técnico	Institucional
Alberto Arroyabe	3113530751	AGUAS Y AGUAS	Funcionario	Institucional
Rocío Saldaña	3218014782	AGUAS Y AGUAS	Funcionaria	Institucional
Carlos Tomás González	3166417546	AGUAS Y AGUAS	Funcionario	Institucional

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 1 Distribución de actores sociales identificados según tipo
Fuente: Elaboración propia

	
15/01/2026	11/02/2026

Ilustración 1 y 2 Acercamiento con actores sociales claves en el área de influencia de la quebrada Tinajas. Fuente: Propia

9.2.1 Objetivos

Objetivo general

Identificar, caracterizar y priorizar los actores sociales e institucionales con incidencia en el área de intervención del proyecto, con el fin de fortalecer la articulación interinstitucional y garantizar la adecuada incorporación del componente social dentro del proceso técnico y territorial.

Objetivos específicos

- Identificar los actores sociales, institucionales y comunitarios con presencia e influencia en el área de estudio.
- Caracterizar sus roles, competencias, niveles de participación e incidencia frente al proyecto.
- Consolidar la articulación con actores estratégicos para la recolección y validación de información técnica y social.
- Establecer una estrategia de participación orientada al relacionamiento institucional y comunitario.

9.2.2 Referente conceptual y metodológico

El desarrollo del componente social se fundamentó en un enfoque participativo, territorial e interinstitucional, orientado al reconocimiento de las dinámicas sociales presentes en el área de intervención y al fortalecimiento de la gobernanza sobre el recurso hídrico. Metodológicamente, el proceso se abordó desde una aproximación cualitativa basada en la identificación de actores clave, el análisis de relaciones institucionales y la recopilación de información primaria y secundaria. Este enfoque permitió comprender no solo quiénes intervienen en el territorio, sino también la forma en que sus acciones, competencias y decisiones inciden sobre el desarrollo del proyecto.

La metodología empleada retoma los principios del Mapeo de Actores Clave (MAC), entendido como una herramienta para identificar actores relevantes, valorar su influencia, reconocer intereses y establecer rutas de articulación que faciliten la toma de decisiones. Bajo este enfoque, se analizaron actores institucionales, comunitarios y operativos, considerando especialmente su capacidad de incidencia en procesos asociados al abastecimiento hídrico, la prestación de servicios públicos, la gestión ambiental y la planeación territorial.

La estructura metodológica del componente social, así como la programación de actividades participativas, se soporta en el **Anexo 8 Plan de Trabajo Social** y el **Anexo 9. Plan de Trabajo Mesas Participativas.**

9.2.3 Ruta metodológica para la caracterización de actores

La caracterización de actores se desarrolló mediante una ruta metodológica estructurada en cuatro fases:

9.2.3.1 Revisión de información secundaria:

Se realizó la recopilación y análisis de documentos técnicos, antecedentes institucionales, actas, oficios, bases de datos y demás soportes relacionados con el área de intervención y con los procesos previos adelantados por las entidades competentes.

Esta revisión permitió establecer un listado preliminar de actores con incidencia en el territorio y orientar las acciones de acercamiento institucional.

Reconocimiento territorial y social:

Se adelantó el reconocimiento del área de influencia con el fin de identificar actores presentes en territorio, dinámicas comunitarias, necesidades del servicio y relaciones existentes entre la comunidad y las entidades prestadoras. Como parte del reconocimiento territorial y social se desarrollaron mesas participativas con comunidad en los sectores priorizados, incorporando herramientas de cartografía social y recuperación de memoria territorial **(ver Anexo 10)**.

Articulación Institucional:

Como parte del proceso metodológico se desarrollaron reuniones formales y mesas técnicas con entidades estratégicas. Dentro de este proceso se destaca el acercamiento realizado con Aguas y Aguas de Pereira, Acuasat y EPR; actores fundamentales para la consolidación del componente social y técnico del proyecto. Con Aguas y Aguas se socializó el alcance del proyecto y se obtuvo información relacionada con infraestructura existente, condiciones de prestación del servicio, antecedentes técnicos, comportamiento hídrico y aspectos geomorfológicos relevantes para el análisis territorial.

Por su parte, con Acuasat EPR se abordaron aspectos asociados a la operación del sistema, cobertura del servicio, condiciones de abastecimiento y proyecciones futuras, incluyendo la relevancia estratégica de Tinajas como posible fuente abastecedora.

Sistematización y análisis:

Toda la información obtenida mediante actas, registros fotográficos, listados de asistencia y soportes institucionales fue sistematizada para su incorporación dentro del componente social del informe final. Información que se presenta en los siguientes **Anexos:**

Anexo 10. Acta de reunión mesa participativa 1 Barrio Ciudad Capry quebrada Tinajas
Acta de reunión mesa participativa 2 Veredas La Gramínea y el Guayabal quebrada Tinajas
Acta de reunión mesa participativa 1 Barrio Parque Industrial Quebrada Gato Negro
Anexo 11. Formatos para sistematización de eventos históricos mesas participativas quebrada Tinajas y Gato Negro
Anexo 12. Entrevistas con actores claves quebradas Tinajas y Gato Negro.
Anexo 10. Acta de Reunión EPR
Anexo 10. Acta de reunión Aguas y Aguas
Anexo 10. Acta de reunión AQUASAT

9.2.4 Caracterización de actores sociales

El componente social se desarrolló en cuatro momentos claramente identificables. En un primer momento se realizó el alistamiento metodológico y el reconocimiento inicial del territorio, incluyendo revisión documental, análisis de la guía, recorridos en campo y primeros acercamientos con actores clave. En un segundo momento se dio apertura a la fase participativa mediante la realización de la primera mesa comunitaria en la quebrada Tinajas, complementada con acercamientos en el sector Punto 30 y el inicio de la gestión social para la quebrada Gato Negro.

Posteriormente, en el tercer momento, se consolidó la fase de caracterización mediante mesas participativas en sectores rurales y urbano-industriales, ampliando la cobertura social y fortaleciendo la lectura territorial. Finalmente, se desarrolló la fase de cierre, validación y articulación institucional, en la cual se integró la información proveniente de entrevistas finales con líderes comunitarios, recorridos de contraste en campo y reuniones con actores institucionales estratégicos como Aguas y Aguas, AQUASAT, EPR.

Esta secuencia metodológica permitió garantizar trazabilidad, consistencia y soporte suficiente frente a la revisión técnica del producto final.
La caracterización de actores sociales se construyó a partir de la información recopilada en mesas participativas, entrevistas y reuniones con actores estratégicos **(ver Anexos 10, 11, 12)**

9.2.5 Desarrollo detallado de la caracterización

La identificación de actores no se abordó como una actividad puntual, sino como un proceso progresivo de reconocimiento territorial y social. Desde la fase inicial se identificaron actores comunitarios, institucionales, productivos y propietarios de predios con incidencia directa sobre las áreas de influencia de ambas quebradas.

Actores comunitarios

En la quebrada Tinajas se identificaron líderes del barrio Ciudad Capry, habitantes de Villa del Carmen, residentes del sector Punto 30, comunidad de las veredas La Gramínea y El Guayabal, así como habitantes ribereños y residentes de sectores con ocupación informal.

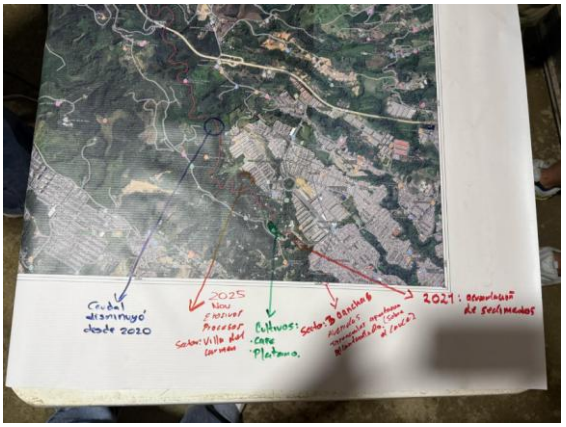




28/01/2026

Ilustración 3 y 4 Mesa de trabajo comunitaria con habitantes del sector Ciudad Capry – quebrada Tinajas. Fuente Propia





28/01/2026

Ilustración 5 y 6 Ejercicio de cartografía social desarrollado con la comunidad del sector Tinajas (Barrio Ciudad Capry). Fuente: Propia

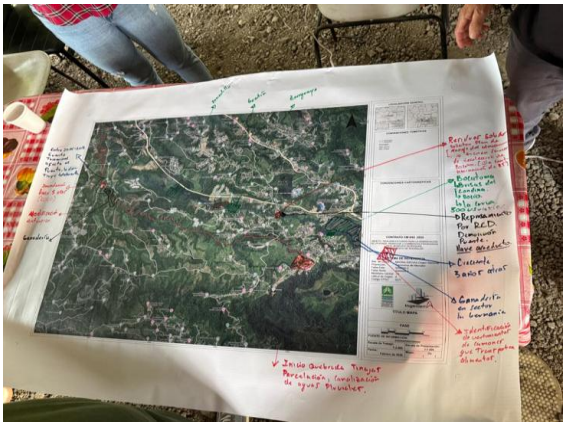




10/03/2026

Ilustración 7 y 8 Mesa de trabajo comunitaria con habitantes de las veredas La Gramínea y el Guayabal– quebrada Tinajas. Fuente Propia





10/03/2026

Ilustración 9 y 10 Ejercicio de cartografía social desarrollado con la comunidad del sector Tinajas (Veredas La Gramínea y el Guayabal). Fuente: Propia

En la quebrada Gato Negro se identificaron actores del sector Parque Industrial, barrios aledaños, población asentada en zonas de canalización y sectores con antecedentes de afectación por eventos hidrológicos.

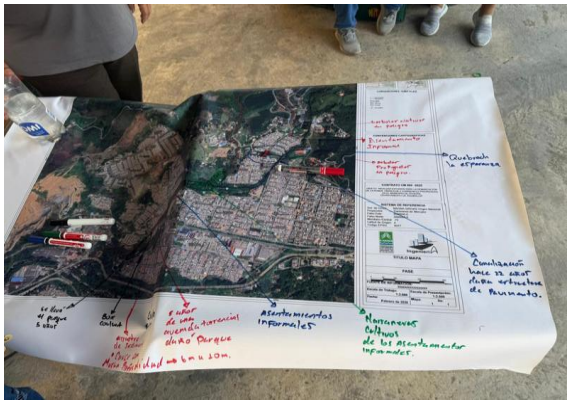




16/03/2026

Ilustración 11 y 12 Mesa de trabajo comunitaria con habitantes del barrio Parque Industrial– quebrada Gato Negro. Fuente Propia





16/03/2026

Ilustración 13 y 14 Ejercicio de cartografía social desarrollado con la comunidad del sector Gato Negro (Barrio Parque Industrial). Fuente: Propia

Actores institucionales

Se incluyeron como actores clave:

ACUCESDI

Empresas Públicas de Risaralda – EPR

Aguas y Aguas de Pereira

AQUASAT

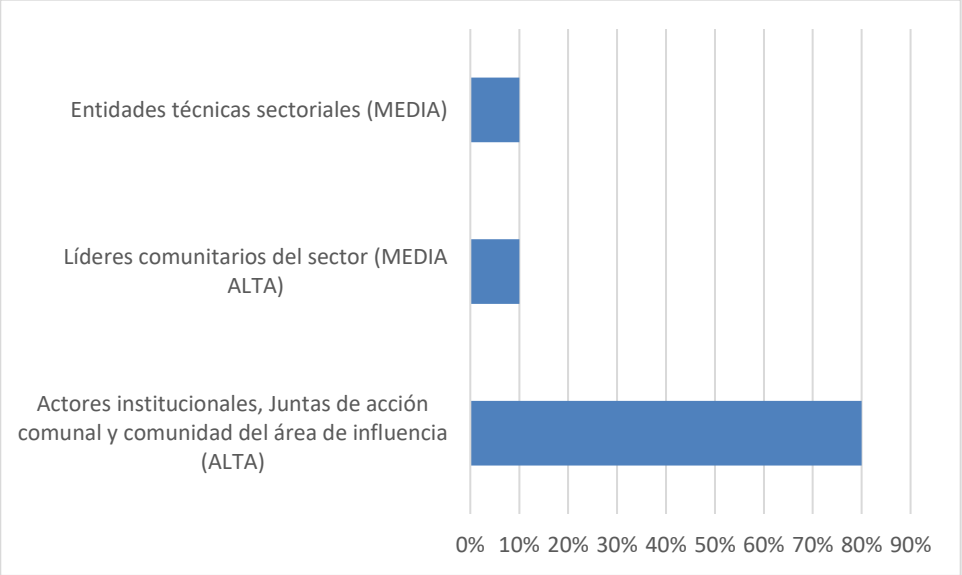
La inclusión de estos actores fue fundamental para complementar la lectura social con la memoria institucional del territorio y la visión técnica del recurso hídrico. **(Ver anexos 10,11,12 y 13)**

Actores productivos y propietarios

Se identificaron productores agrícolas, propietarios de predios rurales, propietarios de lotes en subdivisión, actores ganaderos y residentes con aprovechamiento económico del suelo cercano a la ronda hídrica.

Ver Anexos:

Anexo 13. Matriz cualitativa de priorización de actores sociales



Gráfica 2 Distribución de actores según nivel de influencia e incidencia territorial
Fuente: Propia

9.2.6 Estrategia de participación

La estrategia de participación se construyó a partir de los espacios de relacionamiento institucional y social desarrollados durante la ejecución orientados a garantizar la circulación de información, la articulación entre actores y la incorporación de observaciones relevantes para el proyecto. Se desarrollaron espacios de socialización, reuniones técnicas, mesas institucionales y acercamientos con actores clave, permitiendo consolidar una lectura integral de las condiciones sociales, operativas y territoriales del área de estudio.

Esta estrategia permitió fortalecer el componente social mediante la inclusión de aportes institucionales y comunitarios, asegurando trazabilidad documental a través de actas, registros de asistencia, evidencias fotográficas y anexos técnicos.
La estrategia de participación social se materializó mediante el desarrollo de mesas

comunitarias en los sectores priorizados, con aplicación de ejercicios de cartografía social, sistematización de eventos históricos y entrevistas con actores clave.



Ilustración 15 Desarrollo de estrategia participativa mediante cartografía social y diálogo comunitario. Fuente: Propia.

9.2.7 Desarrollo detallado del componente social

Fase inicial – reconocimiento y alistamiento

Durante esta fase se realizaron recorridos territoriales en las zonas de influencia de las unidades hidrográficas Tinajas y Gato Negro. En Tinajas se evidenció presencia de asentamientos irregulares, viviendas cercanas al cauce, cultivos de café y plátano, actividades ganaderas y ocupación de áreas próximas a la ronda.

En las zonas de influencia de la unidad hidrográfica Gato Negro se identificaron sectores con presión urbana, actividades agrícolas, viviendas cercanas al cauce y antecedentes de transformaciones por procesos de urbanización. Adicionalmente, se realizaron primeros acercamientos con líderes comunitarios y actores estratégicos del territorio.





Ilustración 16 y 17 Recorrido de reconocimiento territorial en la quebrada Tinajas y Gato Negro. Fuente: elaboración propia, diciembre 2025.

Fase participativa

En el segundo y tercer periodo se desarrollaron mesas comunitarias estructuradas con socialización del proyecto, diálogo abierto y ejercicios de cartografía social.

Estos espacios permitieron recopilar información sobre:

- Crecientes históricos
- Procesos erosivos
- Inundaciones
- Deslizamientos
- Disminución del caudal
- Ocupación informal
- Usos productivos
- Transformaciones del cauce
- Canalización y desvíos

La cartografía social permitió espacializar puntos críticos, zonas históricamente afectadas y áreas con presión antrópica.





Ilustración 18 y 19 Espacio participativo desarrollado con actores sociales del área de influencia de ambas quebradas. Fuente: Propia.

Fase de articulación institucional

Como parte del cierre del componente social se realizaron reuniones formales con entidades estratégicas.

- Con **EPR** se socializó el alcance del proyecto y se abordó la relevancia de Tinajas como posible fuente abastecedora futura.
- Con **Aguas y Aguas** se consolidó información relacionada con el comportamiento hídrico y geomorfológico.
- Con AQUASAT se fortaleció el análisis mediante información geoespacial y herramientas técnicas.







Ilustración 20, 21 y 22 Articulación institucional. Fuente: Propia

9.2.8 Análisis social integral

Como resultado del ejercicio participativo, los recorridos de campo y la articulación institucional desarrollada durante el periodo de ejecución, el análisis consolidado del proceso permitió evidenciar que ambas quebradas presentan presiones antrópicas significativas. En Tinajas se identificaron ocupaciones formales e informales, usos productivos dentro de áreas sensibles, vertimientos de tipo doméstico y agrícolas, además de antecedentes de eventos hidrológicos reportados por la comunidad.

En Gato Negro se evidenciaron procesos más intensos de transformación antrópica, asociados a urbanización, canalización, asentamientos sobre la ronda y antecedentes de inundaciones, hundimientos y deslizamientos. Desde el enfoque social, se identificaron condiciones de vulnerabilidad asociadas a la cercanía de viviendas al cauce, déficit de saneamiento básico, ocupación progresiva del suelo y percepción diferenciada del riesgo entre actores.

9.2.9 Validación final y contraste territorial

Como actividad final del componente social se realizaron entrevistas de cierre con líderes clave de Tinajas y Gato Negro, complementadas con recorridos finales de verificación en campo. Este punto es especialmente importante dentro del informe final, ya que permitió contrastar la información obtenida durante las mesas comunitarias con la realidad observada en el territorio.

En el sector Tinajas, el recorrido permitió evidenciar que algunos aspectos reportados por actores comunitarios frente al comportamiento histórico del cauce y la presencia de ocupaciones dentro de la franja hídrica no coincidían plenamente con las condiciones observadas en campo. Esta situación fue abordada metodológicamente dentro del análisis social como parte de la diversidad de percepciones sociales del territorio, evitando señalamientos directos y fortaleciendo la necesidad del contraste técnico-social.

En este sentido, el presente informe final deja documentado de manera integral el proceso social desarrollado durante toda la consultoría, garantizando trazabilidad, soporte metodológico y consistencia técnica suficiente para la revisión detallada por parte de la entidad.







Ilustración 23, 24 y 25 Evidencia de ocupación y construcciones en el área de influencia de la ronda hídrica observadas durante la validación final. Fuente: Propia.

9.3 Identificación de los servicios ecosistémicos

La identificación de los servicios ecosistémicos en el presente estudio se desarrolló en el marco de los lineamientos establecidos en la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia, la cual plantea la necesidad de comprender el territorio

a partir de la interacción entre sus componentes biofísicos, las dinámicas de uso del suelo y las condiciones socioeconómicas presentes en la ronda hídrica.

En este contexto, el análisis se abordó mediante un enfoque integral que combina:

- La evaluación de las coberturas del suelo como unidades de análisis ecológico
- La aplicación de una matriz de valoración de servicios ecosistémicos
- El análisis espacial de resultados
- La incorporación del conocimiento local obtenido a través de procesos participativos

Este enfoque fue aplicado en la unidad hidrográfica quebrada Tinajas y la unidad hidrográfica quebrada Gato Negro, permitiendo identificar los principales servicios ecosistémicos, su distribución espacial, su estado actual y las presiones que afectan su funcionalidad.

9.3.1 Identificación de los servicios ecosistémicos a partir de las coberturas del suelo

La identificación de los servicios ecosistémicos se fundamentó en el análisis de las coberturas del suelo, definidas bajo la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, las cuales permiten representar de manera homogénea las condiciones del territorio. A partir de estas coberturas, se construyó una matriz de valoración cobertura–servicio, en la cual se estableció la relación entre cada tipo de cobertura y su capacidad de proveer servicios ecosistémicos, utilizando una escala de valoración de 0 a 5; **ver tabla 58 y 59.**

Las coberturas evaluadas incluyen:

- Áreas urbanas (tejido continuo y discontinuo)
- Infraestructura vial
- Áreas agrícolas (cultivos permanentes y transitorios)
- Pastos (limpios y manejados)
- Mosaicos agropecuarios
- Coberturas naturales (bosques de galería, herbazales)
- Áreas degradadas
- Cuerpos de agua

Esta aproximación permitió establecer una base cuantitativa para la identificación de los servicios ecosistémicos presentes en las unidades hidrográficas.

Tabla 58 Matriz para valoración de las coberturas de la tierra en función de los servicios ecosistémicos- unidad hidrográfica quebrada Gato Negro

Codigo Nivel 3	Cobertura del suelo (nivel 3)	Biodiversidad	Provisión Σ	Productos Agrícolas	Ganadería	Acuicultura	Madera	Productos no maderables del bosque	Util para combustible y energía	Plantas medicinales/ ornamentales	Agua para consumo	Regulación Σ	Regulacion Clima Local	Regulación del Clima global	Regulación de la Calidad del aire	Mitigación de amenazas (delizamientos e inundaciones)	Regulación de la erosión	hídrica(cantidad y calidad)	Control biológioco de plagas y enfermedades	Polinización	Formación y regeneración del suelo	Culturales Σ	Recreación y valores estéticos	Identidad cultural y conocimiento ecológico local	Investigación y Educacion	Total
1.1.1	Tejido urbano continuo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	3	4	4	11
1.1.2	Tejido urbano discontinuo	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	2	1	1	1	1	0	0	1	0	13	4	5	4	21
1.2.2	Red vial ferroviaria y terrenos asociados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	4	4	2	10
1.3.1	Zona de extracción minera	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
2.1.1	Otros cultivos transitorios	2	10	5	0	0	0	0	5	0	0	5	1	1	0	1	2	0	0	0	0	10	3	4	3	27
2.2.2	Cultivos permanentes arbustivos	2	10	5	0	0	0	0	5	0	0	11	3	2	0	3	3	0	0	0	0	7	1	3	3	30
2.3.1	Pastos limpios o manejados	1	5	0	5	0	0	0	0	0	0	4	1	1	0	1	1	0	0	0	0	5	2	3	0	15
2.4.1	Mosaico de cultivos	2	10	5	0	0	0	0	2	3	0	10	2	2	0	1	1	0	1	2	1	12	4	4	4	34
3.1.4	Bosque de galeria y ripario	4	15	0	0	0	4	4	5	2	0	39	4	4	5	5	4	5	4	4	4	12	4	4	4	70
3.3.3	Tierras desnudas y degradadas	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2
5.1.1	Rios (50 metros)	5	15	0	0	5	0	0	5	0	5	19	5	4	2	0	0	5	2	0	1	15	5	5	5	54

Fuente: Elaboración propia

Tabla 59 Matriz para valoración de las coberturas de la tierra en función de los servicios ecosistémicos- unidad hidrográfica quebrada Tinajas

Codigo Nivel 3	Cobertura del suelo (nivel 3)	Biodiversidad	Provisión Σ	Productos Agrícolas	Ganadería	Acuicultura	Madera	Productos no maderables del bosque	Util para combustible y energia	Plantas medicinales7ornamentales	Agua para consumo	Regulación Σ	Regulacion Clima Local	Regulación del Clima Global	Regulación de la Calidad del aire	Mitigación de amenazas (deslizamientos e inundaciones)	Regulación de la erosión	hídrica(cantidad y calidad)	Control biológioco de plagas y enfermedades	Polinización	Formación y regeneración del suelo	Culturales Σ	Recreación y valores estéticos	Identidad cultural y conocimiento ecológico local	Investigación y Educacion	Total
1.1.1	Tejido urbano continuo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	3	4	4	11
1.1.2	Tejido urbano discontinuo	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	2	1	1	1	1	0	0	1	0	13	4	5	4	21
1.2.2	Red vial ferroviaria y terrenos asociados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	4	4	2	10
2.2.2	Cultivos permanentes arbustivos	2	10	5	0	0	0	0	5	0	0	11	3	2	0	3	3	0	0	0	0	7	1	3	3	30
2.3.1	Pastos limpios o manejados	1	5	0	5	0	0	0	0	0	0	4	1	1	0	1	1	0	0	0	0	5	2	3	0	15
2.4.1	Mosaico de cultivos	2	10	5	0	0	0	0	2	3	0	10	2	2	0	1	1	0	1	2	1	12	4	4	4	34
2.4.3	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	3	14	3	2	0	2	2	2	3	0	17	3	2	1	2	2	1	2	3	1	12	4	4	4	46
3.1.4	Bosque de galeria y ripario	4	15	0	0	0	4	4	5	2	0	39	4	4	5	5	4	5	4	4	4	12	4	4	4	70
3.2.1	Herbazal	2	10	5	0	0	0	0	5	0	0	11	3	2	0	3	3	0	0	0	0	7	1	3	3	30
3.3.3	Tierras desnudas y degradadas	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2

Fuente: Elaboración propia

9.3.1.1 Análisis de la matriz de valoración de servicios ecosistémicos

La matriz construida constituye el principal insumo técnico para la identificación de los servicios ecosistémicos, ya que permite evaluar de manera comparativa la capacidad de cada cobertura para proveer servicios de soporte, provisión, regulación y culturales.

9.3.1.2 Servicios ecosistémicos de soporte:

Los servicios de soporte, asociados a procesos ecológicos fundamentales como la biodiversidad, la provisión de hábitat y los ciclos de nutrientes, presentan sus mayores valores en:

- Bosques de galería y vegetación riparia, con valores cercanos al máximo de la escala (4–5)
- Mosaicos agropecuarios con presencia de elementos naturales, con valores intermedios (2–3)

Estos resultados evidencian que las coberturas naturales cumplen un papel fundamental en el mantenimiento de la biodiversidad, la conectividad ecológica y la estabilidad de los ecosistemas asociados a la ronda hídrica; Por el contrario, coberturas como:

- Tejido urbano
- infraestructura

- Tierras degradadas

presentan valores nulos o muy bajos, reflejando una pérdida significativa de funcionalidad ecológica.

9.3.1.3 Servicios ecosistémicos de provisión:

Los servicios de provisión, relacionados con la obtención de bienes materiales, presentan un comportamiento diferenciado según el tipo de cobertura:

- **Las coberturas agrícolas y mosaicos agropecuarios**: Muestran una alta capacidad en la provisión de productos agrícolas y recursos aprovechables
- **Los cuerpos de agua (ríos)** presentan valores máximos en suministro de agua (valor 5), constituyéndose como el principal servicio de provisión en el territorio
- **Las coberturas naturales** Aportan adicionalmente, productos forestales, plantas medicinales y recursos no maderables

Este comportamiento evidencia una relación directa entre el uso del suelo y la provisión de servicios, donde las áreas productivas generan bienes, pero no necesariamente mantienen funciones ecológicas.

9.3.1.4 Servicios ecosistémicos de regulación:

Los servicios de regulación constituyen uno de los componentes más relevantes del análisis, ya que están directamente asociados a la estabilidad ambiental de las rondas hídricas.

Los mayores valores se registran en:

- **Bosques de galería y riparios**: con valores acumulados significativamente altos mosaicos con cobertura vegetal natural
- **Cuerpos de agua**

Estos servicios incluyen: Regulación hídrica, control de erosión, regulación del clima local y mitigación de amenazas naturales

En contraste, las áreas urbanas y las coberturas altamente transformadas presentan una baja capacidad de regulación, lo cual incrementa la vulnerabilidad del territorio frente a eventos como inundaciones o procesos erosivos.

9.3.1.5 Servicios ecosistémicos culturales

Los servicios culturales, asociados a valores intangibles del territorio, presentan mayor relevancia en:

- **Ríos y cuerpos de agua**, con valores altos en recreación, identidad y valor paisajístico
- **Bosques de galería**, asociados a identidad territorial y valor ecológico
- **Paisajes rurales**, donde se mantiene una relación directa entre comunidad y territorio

Estos servicios reflejan la importancia del territorio no solo desde el punto de vista ecológico, sino también social y cultural.

9.3.1.6 Síntesis espacial de los servicios ecosistémicos

A partir de la integración de la matriz de valoración cobertura–servicio y su representación cartográfica, se realizó la espacialización de la oferta de servicios ecosistémicos en las unidades hidrográficas quebrada Tinajas y quebrada Gato Negro.

Este análisis permitió identificar la distribución territorial de los servicios ecosistémicos, diferenciando áreas según su capacidad de provisión de servicios de soporte, provisión, regulación y culturales, en concordancia con la clasificación establecida en la PNGIBSE y la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio.

9.3.2 Identificación de los servicios ecosistémicos a partir de la participación comunitaria

En concordancia con los lineamientos establecidos en la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia, la identificación de los servicios ecosistémicos se desarrolló a partir de un enfoque integral que articuló tanto el análisis técnico como el componente social. Por una parte, se empleó un proceso técnico basado en la evaluación de coberturas del suelo y la aplicación de una matriz de valoración cobertura–servicio, lo cual permitió establecer de manera cuantitativa la capacidad del territorio para proveer servicios ecosistémicos. De manera complementaria, se incorporó el componente social como eje transversal, mediante el cual se integró el conocimiento local, la memoria histórica y las dinámicas de uso y ocupación del suelo. La integración de ambos enfoques se realizó a través de la validación y ajuste de los resultados técnicos con la información obtenida en campo mediante procesos participativos, permitiendo no solo confirmar la presencia de los servicios ecosistémicos identificados, sino también reconocer su importancia, estado actual y las presiones que afectan su sostenibilidad en el territorio.

9.3.2.1 Unidad hidrográfica Quebrada Tinajas

Para el caso de la unidad hidrográfica quebrada Tinajas, el proceso participativo alcanzó un nivel avanzado mediante la realización de la primera mesa de trabajo comunitaria en el barrio Ciudad Capry, así como a través de acercamientos con actores estratégicos en el sector Punto 30, correspondiente al nacimiento de la quebrada. Estos espacios permitieron recopilar información relevante sobre las dinámicas sociales y ambientales del territorio, evidenciando una relación directa entre la comunidad y los servicios ecosistémicos asociados al sistema hídrico.

A partir de estos ejercicios, se identificó que la quebrada Tinajas presta servicios ecosistémicos fundamentales relacionados con el suministro de agua para consumo doméstico y actividades productivas, especialmente en contextos rurales donde el recurso hídrico es aprovechado de manera directa. Así mismo, se reconoció la importancia de los servicios de regulación, particularmente en lo relacionado con el control de crecientes, la regulación del flujo hídrico y la estabilización de taludes, los cuales fueron evidenciados por

la comunidad a partir de eventos históricos como la creciente registrada en diciembre de 2021 y los procesos erosivos recientes asociados a intervenciones antrópicas.

En términos de soporte ecológico, la comunidad identificó la importancia de coberturas como los guaduales y relictos de vegetación asociados a la ronda hídrica, los cuales cumplen funciones clave en la provisión de hábitat y en el mantenimiento de la estabilidad del ecosistema. De igual forma, se evidenció la existencia de servicios culturales asociados al uso recreativo histórico del cauce y a la relación simbólica y territorial que la comunidad mantiene con la quebrada, aunque en algunos sectores estos han disminuido debido a la reducción del caudal y al deterioro ambiental. como resultado de este ejercicio se elaboró un mapa con la memoria histórica del territorio ver **figura 114.**

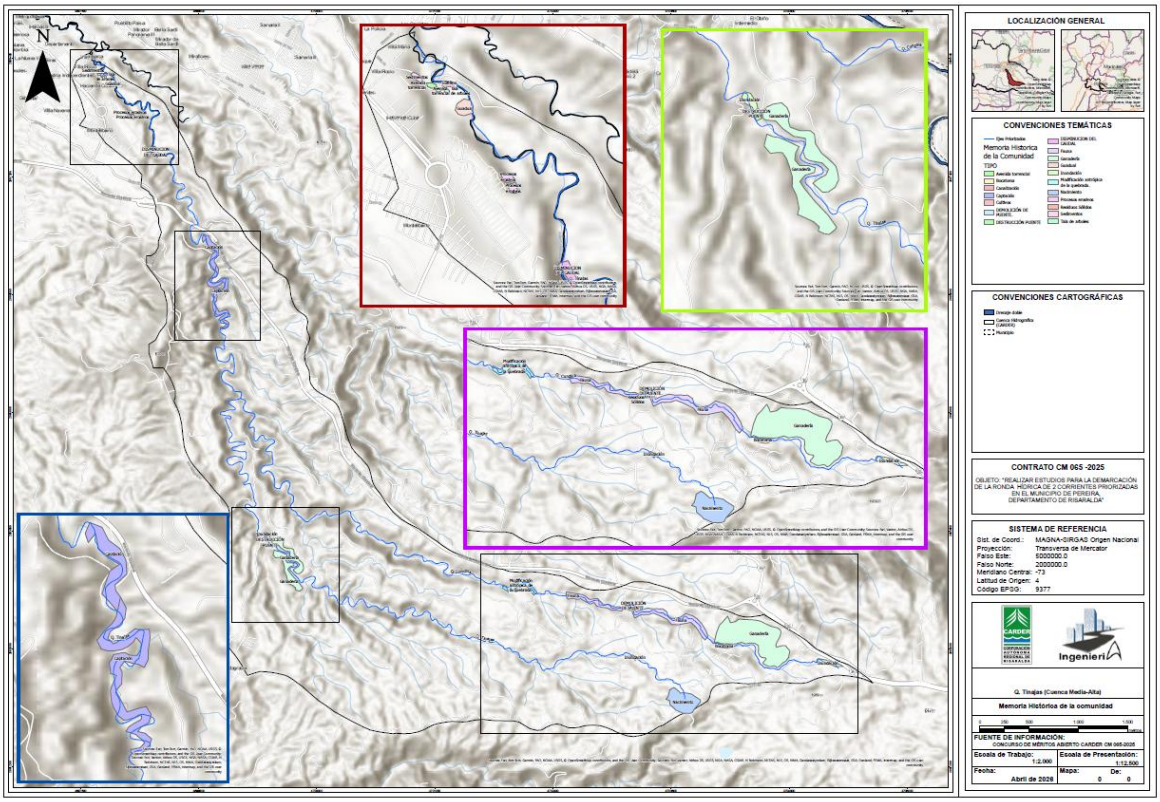


Figura 114 Memoria histórica de la comunidad Unidad Hidrográfica Quebrada Tinajas

Fuente: Elaboración propia

No obstante, el análisis social permitió identificar múltiples presiones que afectan la provisión de estos servicios, entre las que se destacan la ocupación informal en zonas de ronda hídrica, la ausencia de sistemas adecuados de saneamiento básico con vertimientos directos al cauce, la implementación de cultivos dentro de la franja de protección y la captación artesanal de agua. Estas condiciones evidencian un escenario de alta presión antrópica, en el cual los servicios ecosistémicos, particularmente los de regulación y soporte, se encuentran comprometidos.

9.3.2.2 Unidad hidrográfica Quebrada Gato Negro

Por su parte, en la unidad hidrográfica quebrada Gato Negro, los servicios ecosistémicos identificados se asocian principalmente a la regulación hídrica y a la capacidad del sistema para conducir caudales en un entorno altamente intervenido, así como al suministro de agua en función de actividades productivas. Sin embargo, estos servicios se encuentran fuertemente condicionados por la transformación del cauce, la canalización de tramos y la presión derivada de actividades industriales y urbanas. En términos de soporte, se evidencian funciones ecológicas limitadas y fragmentadas, mientras que los servicios culturales presentan una menor relevancia en comparación con contextos rurales, debido a la menor interacción directa entre la comunidad y el sistema hídrico.

Las presiones identificadas en esta unidad incluyen la intervención directa del cauce, la posible presencia de vertimientos domésticos y agrícolas, la ocupación del territorio y la modificación de las condiciones naturales del sistema, lo cual afecta principalmente los servicios de regulación y la calidad del recurso hídrico. En este sentido, el componente social permite anticipar un escenario de mayor transformación y menor resiliencia ecosistémica en comparación con la quebrada Tinajas, como resultado de este ejercicio se elaboró un mapa con la memoria histórica del territorio ver **figura 115.**

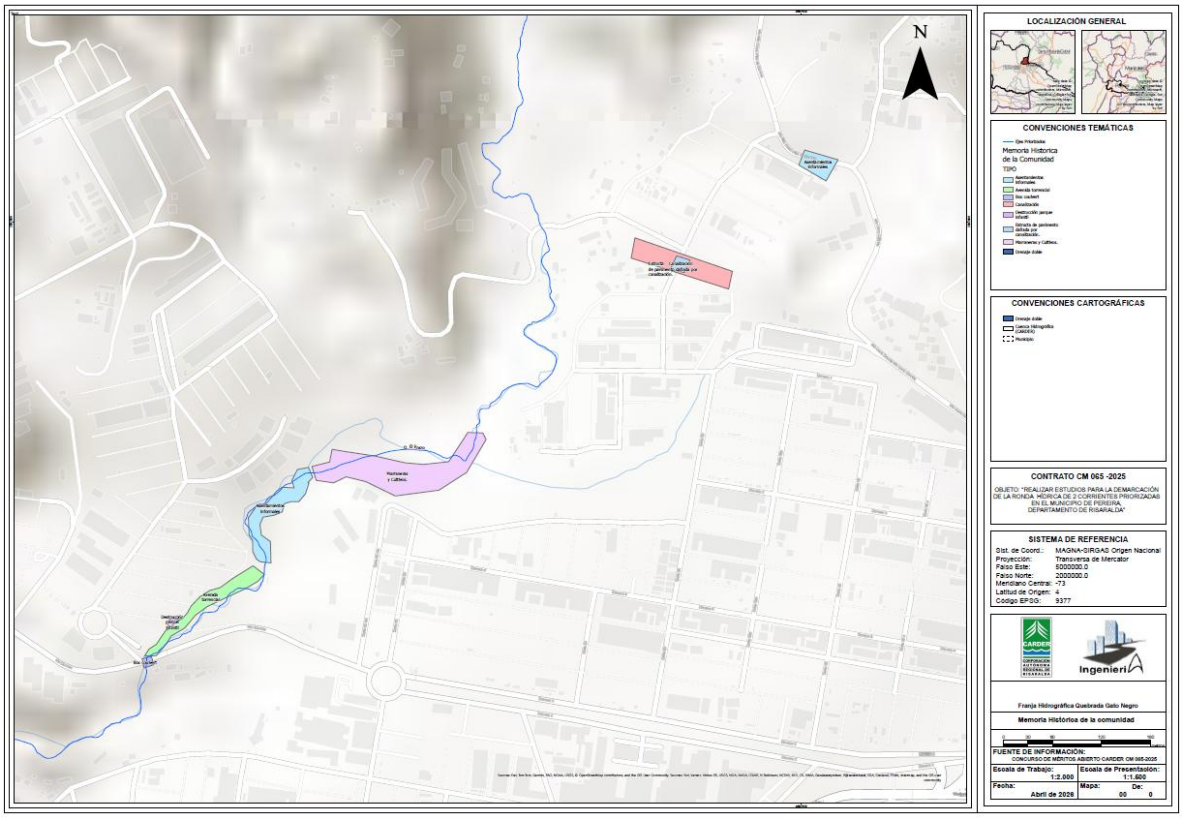


Figura 115 Mapa memoria histórica de la comunidad Unidad Hidrográfica Gato Negro

Fuente: Elaboración propia

9.3.3 Integración técnico–social y espacialización de los servicios ecosistémicos

Este capítulo presenta la integración de los resultados obtenidos mediante el análisis técnico basado en coberturas del suelo y la valoración de servicios ecosistémicos, junto con la información derivada del componente social, dando lugar a la representación espacial de los servicios ecosistémicos en las unidades hidrográficas objeto de estudio.

En la figura **116 y 117** se presentan los mapas de calificación de bienes y servicios ecosistémicos de la Unidad Hidrográfica Gato Negro y Unidad Hidrográfica Tinajas los cuales, presentan la distribución espacial de la capacidad de las rondas hídricas para proveer funciones ambientales asociadas a la regulación hídrica, la conservación de la biodiversidad y la estabilidad del sistema. La representación cartográfica se realiza mediante una escala de valores que varía desde condiciones bajas (rojo) hasta altas (verde), permitiendo identificar de manera clara los sectores con mayor o menor funcionalidad ecosistémica. Tal como se observa en los mapas mencionados, en ambas unidades hidrográficas se evidencia un patrón en el cual los valores más altos (verde) se concentran en sectores con mayor cobertura vegetal y menor intervención antrópica, mientras que los valores bajos (rojo) se localizan principalmente en tramos asociados a zonas urbanizadas o con alta transformación del suelo.

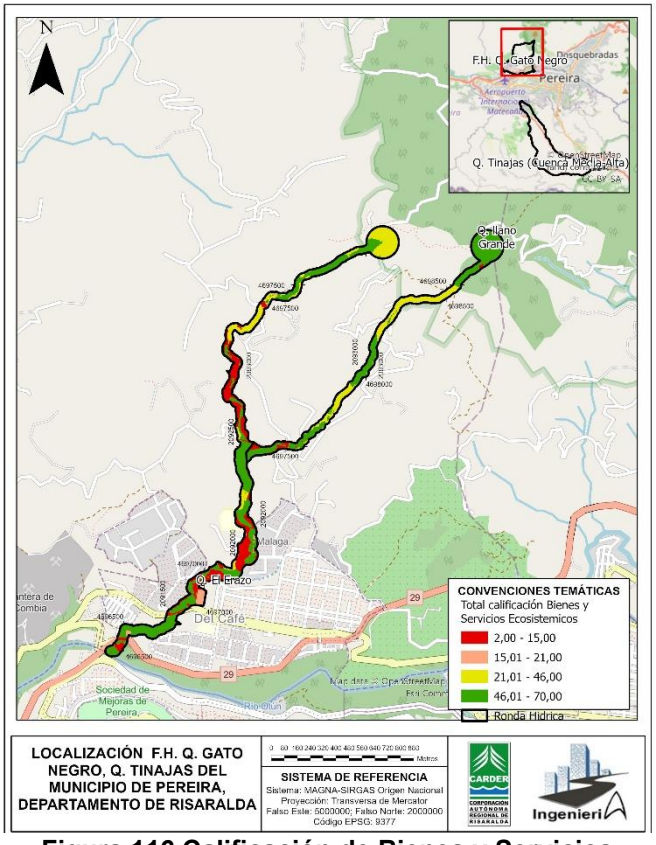


Figura 116 Calificación de Bienes y Servicios Ecosistémicos – Unidad Hidrográfica Gato Negro

Fuente: Elaboración propia

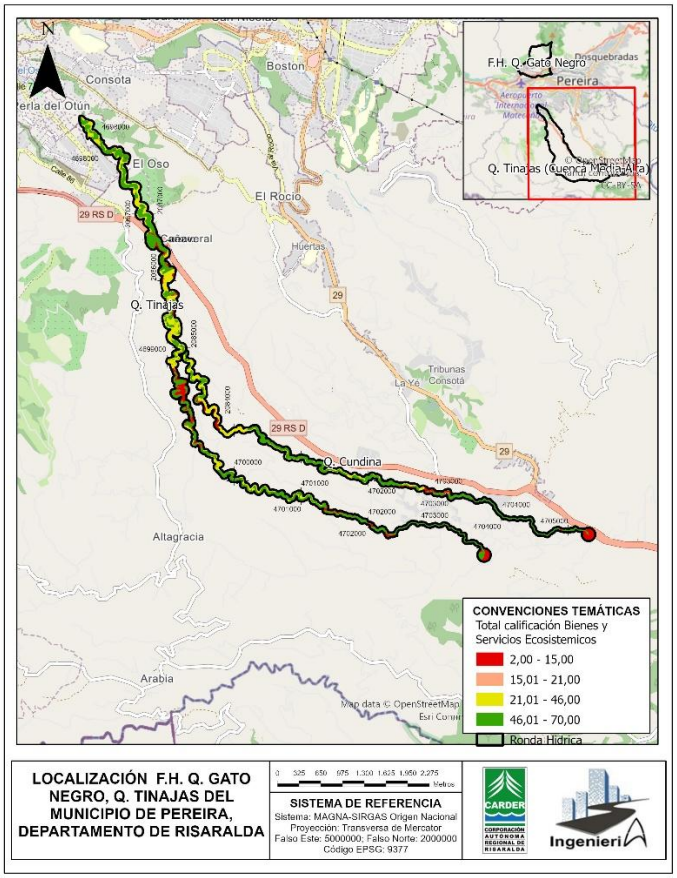


Figura 117 Calificación de Bienes y Servicios Ecosistémicos – Unidad Hidrográfica Tinajas
Fuente: Elaboración propia

9.4 Estrategias para el manejo ambiental de las rondas hídricas

En continuidad con el análisis integral desarrollado en los numerales anteriores, particularmente la identificación de los elementos constitutivos de la ronda hídrica, la caracterización de los servicios ecosistémicos y su integración técnico–social, así como la delimitación de zonas homogéneas, se formulan las estrategias para el manejo ambiental de las rondas hídricas en las unidades hidrográficas objeto de estudio. Este proceso de zonificación permitió interpretar el territorio de manera diferenciada, a partir de la articulación de variables biofísicas, la funcionalidad ecosistémica y el grado de intervención antrópica, constituyéndose en la base para orientar la toma de decisiones de manejo.

En este sentido, las estrategias de manejo ambiental se estructuran en coherencia con las unidades de manejo definidas en la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de Rondas Hídricas en Colombia, correspondientes a preservación, restauración y uso sostenible, y responden a las condiciones particulares identificadas en cada zona homogénea. De esta manera, se busca garantizar la protección de las áreas de mayor sensibilidad ambiental, la recuperación de sectores degradados y la regulación de usos en

zonas intervenidas, contribuyendo a la conservación de la funcionalidad del sistema hídrico y al manejo sostenible del territorio.

9.4.1 Zonas homogéneas

9.4.1.1 Definición de zonas homogéneas

Una vez identificados y analizados los componentes biofísicos de las unidades hidrográficas objeto de estudio (quebradas Tinajas y Gato Negro), se procedió a la definición de las zonas homogéneas, como unidades espaciales que agrupan áreas con características similares en términos de:

- Coberturas de la tierra
- Condiciones geomorfológicas
- Dinámica hidrológica
- Estado de los servicios ecosistémicos
- Grado de intervención antrópica

Estas zonas constituyen la base para la formulación de las estrategias de manejo ambiental, en tanto permiten diferenciar el territorio según su funcionalidad ecológica y su nivel de transformación. La delimitación de las zonas homogéneas se realizó a partir de la integración de la información generada en los diferentes componentes del estudio, incluyendo: Cartografía de coberturas de la tierra, análisis geomorfológico del cauce, información hidrológica, caracterización ecosistémica y observaciones de campo

A partir de este proceso, se definieron unidades espaciales con comportamiento relativamente uniforme, que permiten orientar de manera diferenciada las estrategias de manejo ambiental.

9.4.1.2 Criterios para la delimitación de zonas homogéneas

Para la definición de las zonas homogéneas se consideraron los siguientes criterios:

Cobertura de la tierra: Diferenciando entre coberturas naturales (bosque), seminaturales (guadua, vegetación secundaria) y transformadas (pastos, áreas agrícolas, zonas urbanizadas).

Condiciones geomorfológicas: Tipo de cauce (encañonado, llanura aluvial, transición), pendiente y estabilidad del terreno.

Componente dominante en la delimitación de la ronda hídrica: Ecosistémico, hidrológico o geomorfológico.

Grado de intervención antrópica: Presencia de actividades productivas, infraestructura o asentamientos humanos.

Funcionalidad ecosistémica: Estado de conservación de los servicios ecosistémicos asociados a la ronda hídrica.

9.4.1.3 Descripción de las zonas homogéneas

El mapa de cobertura de la tierra utilizado como insumo para las zonas homogéneas fue construido en el marco del presente convenio a partir de la información de las ortofotos de fuente Amco 2021, se realizó mediante metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia mediante herramientas SIG como clasificación supervisada de análisis espaciales. Con esta herramienta se definieron los siguientes tipos de coberturas de la tierra: bosques, cuerpos de agua, guadua, pastos y áreas agrícolas heterogéneas, urbano construcción y zonas urbanizadas. Una vez definida las coberturas se procede a construir los mapas de coberturas de la tierra para cada uno de los tramos priorizados utilizando la herramienta SIG.

- **Zona homogénea 1 (ZH1):** Corresponde a áreas con coberturas de la tierra asociadas a bosques naturales, específicamente bosque de galería y/o vegetación riparia, localizadas principalmente en la faja paralela de la ronda hídrica. Estas zonas se caracterizan por presentar un alto grado de conservación, donde los servicios ecosistémicos de regulación, soporte y protección del recurso hídrico se encuentran en buen estado, cumpliendo funciones clave como la estabilización de taludes, la regulación del flujo hídrico, la retención de sedimentos y la provisión de hábitat para la fauna y flora asociada. Desde el punto de vista de los componentes de la ronda hídrica, estas áreas tienen una relación directa con el componente hidrológico, al encontrarse en zonas de influencia inmediata del cauce, lo que les confiere una alta importancia en la protección de la dinámica natural del sistema hídrico.
- **Zona homogénea 2 (ZH2):** La Zona Homogénea 2 (ZH02) se caracteriza por estar conformada principalmente por áreas intervenidas asociadas a territorios agrícolas y sectores con cobertura vegetal escasa o ausente, localizadas dentro de la faja paralela y en zonas de nacimiento. Presenta condiciones donde los componentes hidrológico, geomorfológico y ecosistémico han sido alterados por actividades antrópicas, evidenciando procesos de transformación del suelo, pérdida de cobertura vegetal y posibles afectaciones en la dinámica natural del sistema hídrico. Esta zona se distribuye en diferentes clasificaciones de suelo (rural, urbano y de expansión urbana)
- **Zona homogénea 3 (ZH3):** se caracteriza por corresponder a áreas altamente intervenidas asociadas principalmente a zonas industriales, comerciales y redes de comunicación, donde confluyen los elementos de la ronda hídrica como la faja paralela, el área de protección o conservación aferente y sectores de nacimiento. En esta zona se evidencian transformaciones significativas sobre los componentes hidrológico, geomorfológico y ecosistémico, derivadas de la urbanización, infraestructura vial y actividades productivas, lo que genera alteraciones en la dinámica natural del flujo, la estabilidad del terreno y la funcionalidad ecológica. Su localización en suelos rurales, urbanos y de expansión urbana refleja una alta presión antrópica y una ocupación consolidada del territorio.
- **Zona homogénea 4 (ZH4):** Corresponde a sectores predominantemente ocupados por zonas urbanizadas, donde la faja paralela y áreas asociadas a nacimientos presentan una alta intervención antrópica que ha modificado de manera significativa

el componente hidrológico y, en menor medida, el ecosistémico. Estas áreas se distribuyen en suelos rurales, urbanos y de expansión urbana, evidenciando procesos de urbanización que han reducido la cobertura vegetal, alterado la infiltración y aumentado la escorrentía superficial, generando presiones sobre la dinámica natural de las corrientes hídricas.

- **Zona homogénea 5 (ZH5):** Corresponde principalmente a sectores del área de protección o conservación aferente caracterizados por la presencia de territorios agrícolas y áreas abiertas con escasa o nula cobertura vegetal, lo que evidencia un grado importante de intervención antrópica sobre el componente ecosistémico. Estas condiciones reflejan procesos de transformación del paisaje asociados a actividades productivas, que han generado pérdida de cobertura natural y disminución de la funcionalidad ecológica del sistema hídrico. La zona se localiza predominantemente en suelo rural, aunque también presenta sectores en suelo urbano y de expansión urbana, lo que indica una dinámica de transición y presión sobre el territorio.
- **Zona homogénea 6 (ZH6):** corresponde a sectores del área de protección o conservación aferente con predominio de territorios agrícolas, donde se evidencian intervenciones que han generado alteraciones en los componentes geomorfológico e hidrológico. Estas transformaciones están asociadas principalmente al uso productivo del suelo, lo que puede incidir en procesos como la modificación de pendientes, la pérdida de estabilidad del terreno y cambios en la dinámica de escorrentía e infiltración. La zona se distribuye en suelos rurales, urbanos y de expansión urbana, lo que refleja una presión antrópica creciente y una dinámica de transición en el uso del territorio.
- **Zona homogénea 7 (ZH7):** Corresponde a sectores del área de protección o conservación aferente caracterizados por la presencia de zonas urbanizadas, donde el componente ecosistémico ha sido significativamente transformado por procesos de ocupación y consolidación urbana. Estas condiciones reflejan una alta intervención antrópica que ha generado pérdida de cobertura vegetal, fragmentación del hábitat y disminución de la funcionalidad ecológica, afectando la capacidad de regulación hídrica y provisión de servicios ecosistémicos. La zona se localiza en suelos rurales, urbanos y de expansión urbana, evidenciando dinámicas de crecimiento y presión sobre el territorio.
- **Zona homogénea 8 (ZH8):** Corresponde a sectores del área de protección o conservación aferente ubicados en zonas urbanizadas, donde se evidencian alteraciones significativas en los componentes geomorfológico e hidrológico como resultado de procesos de urbanización y ocupación del territorio. Estas intervenciones han modificado la morfología del terreno, incrementado la impermeabilización del suelo y alterado la dinámica natural de escorrentía e infiltración, generando posibles riesgos asociados a erosión, inestabilidad y aumento de caudales superficiales. La zona se distribuye en suelos rurales, urbanos y de expansión urbana, lo que refleja una presión antrópica creciente sobre estas áreas estratégicas.

A continuación, en la **figura 118 y en la 119**, se presentan los mapas de las zonas homogéneas establecidas para las unidades hidrográficas de Gato Negro y Tinajas respectivamente.

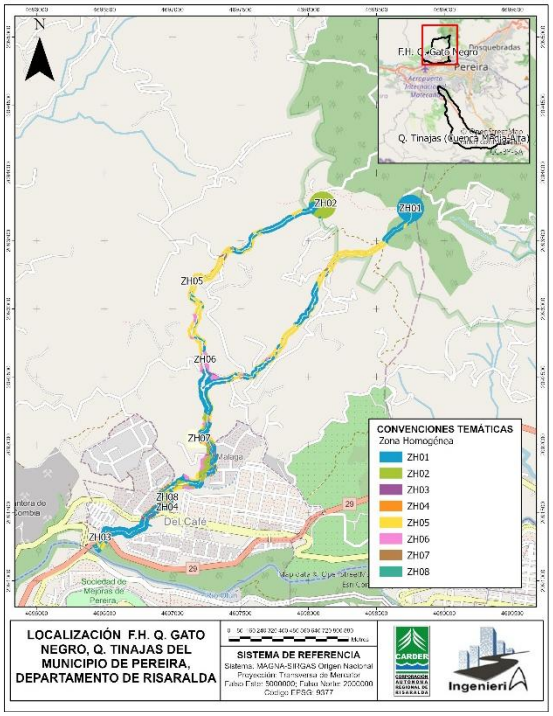


Figura 118 Mapa zonas homogéneas Unidad Hidrográfica Gato Negro
Fuente: Elaboración propia

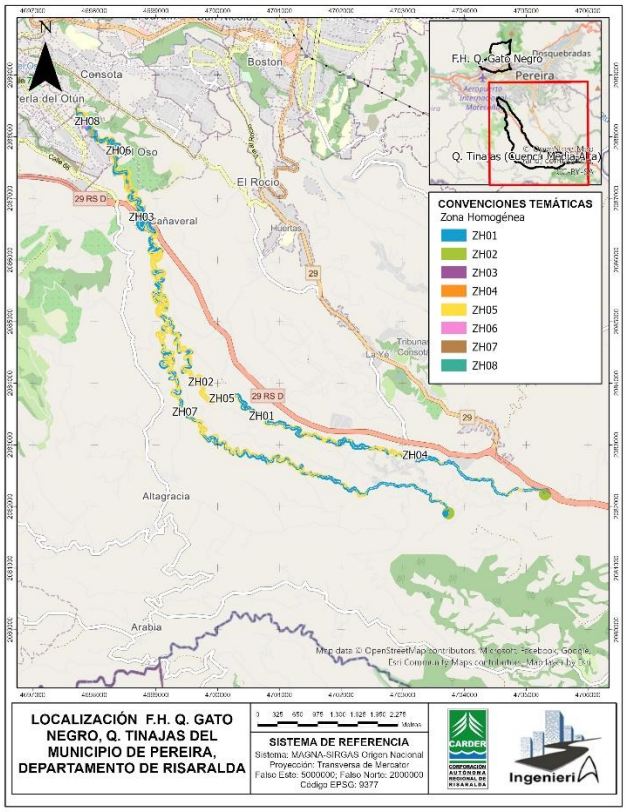


Figura 119 Mapa de zonas homogéneas Unidad Hidrográfica Tinajas
Fuente: Elaboración propia

9.4.2 Estrategias de manejo ambiental

Una vez definidas y espacializadas las zonas homogéneas para las unidades hidrográficas objeto de estudio, se procedió a la formulación de las estrategias de manejo ambiental, las cuales se establecen en función de las unidades de manejo propuestas en la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de Rondas Hídricas en Colombia (Minambiente, 2018), correspondientes a preservación, restauración y uso sostenible.

En el contexto de las rondas hídricas, el uso sostenible hace referencia a aquellas actividades que no afectan la funcionalidad de la ronda hídrica, es decir, que no alteran los atributos actuales identificados en sus componentes hidrológico, geomorfológico y ecosistémico, lo cual aplica tanto para el suelo rural como para el suelo urbano y de expansión urbana.

El primer elemento constitutivo de la ronda hídrica (Faja paralela) corresponde a la zona más restrictiva desde el punto de vista de la ocupación antrópica, dado que en esta se localizan las áreas asociadas a la dinámica hídrica del cauce, incluyendo la zona de inundación frecuente y la vegetación ribereña. En consecuencia, la estrategia de manejo ambiental predominante en este elemento es la preservación, y en aquellos casos donde

se evidencie deterioro de las coberturas naturales, se establece la estrategia de restauración.

En el segundo elemento constitutivo de la ronda hídrica, correspondiente al área de protección o conservación aferente, los condicionamientos dependen de los atributos de funcionalidad de los componentes que soportan la delimitación de la ronda hídrica. En este sentido, las restricciones son menores en comparación con el primer elemento, por lo que la estrategia de manejo ambiental predominante es la de uso sostenible, siempre y cuando las actividades desarrolladas sean compatibles con la conservación de la funcionalidad del sistema hídrico. Para la definición de las estrategias de manejo ambiental en las corrientes objeto del presente estudio (quebradas Tinajas y Gato Negro), se aplicaron los siguientes criterios:

La estrategia de manejo ambiental de preservación en el suelo rural se establece para aquellas áreas que presentan coberturas de la tierra en bosque o vegetación natural, localizadas dentro de la ronda hídrica, tanto en la faja paralela como en el componente ecosistémico. Así mismo, esta estrategia podrá extenderse a áreas por fuera de la faja paralela cuando sea necesario garantizar la funcionalidad ecosistémica de la ronda hídrica, la conservación de la biodiversidad y la protección de los servicios ecosistémicos asociados, así como para prevenir procesos de deforestación.

La estrategia de restauración en el suelo rural se define para aquellas áreas incluidas dentro del componente ecosistémico o de la faja paralela que presentan coberturas de la tierra diferentes a bosque, tales como pastos, áreas agrícolas o coberturas degradadas. En aquellos casos en los que el componente ecosistémico sea menor que la faja paralela, la estrategia de restauración se extiende a toda el área comprendida por esta última. Esta estrategia tiene como objetivo recuperar la funcionalidad ecológica de la ronda hídrica, particularmente en lo relacionado con la restauración de la vegetación de ribera y la conectividad ecológica, contribuyendo a la regulación hídrica, la estabilidad de los cauces y la reducción de riesgos asociados a inundaciones.

En relación con los nacimientos de agua, la estrategia de manejo ambiental corresponde a preservación en aquellas áreas que conservan coberturas naturales, y a restauración en aquellas que presentan algún grado de intervención, aplicando tanto para suelos rurales como urbanos y de expansión urbana.

En los suelos urbanos y de expansión urbana, la estrategia de preservación se define para aquellas áreas que aún conservan coberturas naturales dentro de la faja paralela. La estrategia de restauración se establece para aquellas áreas no consolidadas que presentan coberturas transformadas y que requieren procesos de recuperación ecológica, especialmente en la faja paralela y el componente ecosistémico, con el fin de conformar corredores biológicos y garantizar la conectividad ecológica.

Para las áreas urbanas consolidadas donde la ronda hídrica se encuentra ocupada por infraestructura o asentamientos humanos, la estrategia de manejo ambiental corresponde a uso sostenible, dado que se trata de situaciones consolidadas que limitan la posibilidad de recuperación total de estas áreas. En estos casos, se deberán implementar medidas orientadas a la gestión del riesgo, la regulación del uso del suelo y la adecuación de infraestructura que permita mantener la funcionalidad hidráulica del cauce.

La estrategia de manejo ambiental de uso sostenible en el suelo rural se establece para aquellas áreas con coberturas diferentes a bosque que se localizan por fuera del componente ecosistémico, pero dentro del área de la ronda hídrica. En estos casos, se deberán implementar prácticas productivas compatibles con la conservación del recurso hídrico, tales como sistemas silvopastoriles, pastoreo rotacional, agroforestería, reducción en el uso de agroquímicos y manejo sostenible del suelo.

En los suelos urbanos y de expansión urbana, la estrategia de uso sostenible se aplica a las áreas localizadas por fuera de la faja paralela y dentro del área de protección o conservación aferente, donde se podrán desarrollar actividades compatibles con la funcionalidad de la ronda hídrica, tales como espacios públicos, infraestructura verde y usos recreativos controlados.

Adicionalmente, en las zonas identificadas con amenaza por inundación o con condiciones geomorfológicas que representen riesgo, se deberán restringir nuevas ocupaciones y evitar la construcción de obras que interfieran con la dinámica natural del cauce, priorizando estrategias de restauración y medidas orientadas a la gestión del riesgo.

Finalmente, la definición de las estrategias de manejo ambiental se realiza bajo un enfoque integrador, considerando la interacción entre los componentes hidrológico, geomorfológico y ecosistémico, con el fin de garantizar la funcionalidad de la ronda hídrica, la conservación de los servicios ecosistémicos y la reducción de riesgos asociados a fenómenos naturales.

9.4.2.1 Lineamientos normativos para la formulación de estrategias de manejo ambiental

El límite físico de la ronda hídrica y las estrategias de manejo ambiental definidas para las quebradas Tinajas y Gato Negro constituyen determinantes ambientales de superior jerarquía, de conformidad con lo establecido en el Decreto 2245 de 2017, compilado en el Decreto 1076 de 2015, y en concordancia con lo dispuesto en el artículo 10 de la Ley 388 de 1997, el cual establece que las determinantes ambientales deben ser incorporadas de manera obligatoria en los instrumentos de ordenamiento territorial.

En este sentido, una vez la delimitación de la ronda hídrica sea adoptada por la autoridad ambiental competente mediante acto administrativo, en este caso la CARDER, esta deberá ser incorporada en el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Pereira, constituyéndose en una norma de obligatorio cumplimiento para la planificación y gestión del territorio.

De igual forma, el artículo 2.2.2.2.1.3 del Decreto 1077 de 2015 (compilatorio del Decreto 3600 de 2007), en los términos del artículo 35 de la Ley 388 de 1997 por el cual reconoce las rondas hídricas como áreas de especial importancia ecosistémica, las cuales hacen parte de la estructura ecológica principal del territorio, y por tanto, deben ser objeto de protección y manejo especial.

En concordancia con lo anterior, la Ley 99 de 1993, en su artículo 7, establece que las Corporaciones Autónomas Regionales son las encargadas de la administración del medio ambiente y de los recursos naturales renovables dentro de su jurisdicción, así como de la definición del ordenamiento ambiental del territorio, mientras que los municipios, en el marco de la Ley 388 de 1997, son responsables de incorporar dichas determinantes en sus

instrumentos de planificación, promoviendo el uso adecuado del suelo, la gestión del riesgo y la conservación del patrimonio ecológico.

Adicionalmente, conforme a los lineamientos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, las determinantes ambientales constituyen el principal instrumento de articulación entre el ordenamiento ambiental del territorio y el ordenamiento territorial municipal, garantizando la incorporación de criterios de sostenibilidad en la planificación del desarrollo.

Bajo este marco normativo, las estrategias de manejo ambiental definidas para las zonas homogéneas del presente estudio se constituyen en lineamientos de obligatorio cumplimiento, cuya implementación es responsabilidad tanto de la autoridad ambiental (CARDER) como del municipio de Pereira, en el ámbito de sus competencias, con el fin de garantizar la protección, recuperación y uso sostenible de la ronda hídrica.

9.4.2.2 Medidas de manejo generales

Para la implementación de las estrategias de manejo ambiental definidas para la ronda hídrica de las Unidades hidrográficas de las quebradas Tinajas y Gato Negro, se proponen las siguientes medidas, las cuales orientan la gestión del territorio y garantizan la protección, recuperación y uso sostenible del sistema hídrico:

- **Adoptar la delimitación de la ronda hídrica mediante acto administrativo**

La autoridad ambiental competente deberá adoptar el límite físico de la ronda hídrica y sus estrategias de manejo ambiental mediante acto administrativo, con el fin de garantizar su incorporación como determinante ambiental en los instrumentos de ordenamiento territorial, de conformidad con el Decreto 2245 de 2017, compilado en el Decreto 1076 de 2015, y el artículo 10 de la Ley 388 de 1997.

- **Articular los instrumentos normativos existentes**

Se deberá realizar la revisión, actualización y articulación de los instrumentos normativos y actos administrativos vigentes que coincidan espacialmente con la ronda hídrica, armonizándolos con la normatividad nacional aplicable, incluyendo lo establecido en el Decreto-Ley 2811 de 1974, la Ley 1450 de 2011, el Decreto 2245 de 2017 y la Resolución 0957 de 2018, así como con los resultados del presente estudio. Así mismo, se deberá considerar la articulación con la figura de faja forestal protectora definida en el Decreto 1449 de 1977, compilado en el Decreto 1076 de 2015.

- **Incorporar la ronda hídrica en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT)**

Se deberá acompañar al municipio de Pereira en la incorporación de la ronda hídrica como determinante ambiental en el POT, definiendo los condicionamientos en el régimen de usos del suelo, en concordancia con la Ley 388 de 1997 y los lineamientos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

- **Restringir la ocupación en zonas de amenaza por inundación**

En las áreas identificadas con amenaza por inundación, asociadas a los periodos de retorno definidos para el análisis hidrológico, se deberá restringir la localización de nuevas edificaciones, infraestructura o actividades que incrementen la vulnerabilidad del territorio,

Así mismo, se deberá evitar la intervención en zonas de dinámica fluvial activa, tales como llanuras de inundación y sectores con evidencia de procesos geomorfológicos activos.

- **Garantizar la funcionalidad hidráulica del cauce**

Las intervenciones que se desarrollen en la ronda hídrica deberán garantizar el funcionamiento natural del sistema, evitando la alteración de la dinámica hidráulica, el transporte de sedimentos y la conectividad lateral del cauce. En este sentido, cualquier obra hidráulica deberá ser diseñada considerando condiciones de caudal extremo, transporte de sedimentos y escenarios de variabilidad climática.

- **Evitar la canalización y obras rígidas innecesarias**

Se deberá evitar la implementación de obras hidráulicas cerradas o canalizaciones rígidas que limiten la dinámica natural del cauce. En caso de ser necesarias, estas deberán diseñarse con criterios técnicos que permitan su mantenimiento, operación y adaptación a las condiciones hidráulicas del sistema y teniendo en cuenta la delimitación de la ronda hídrica del presente estudio.

- **Regular el uso del suelo en la ronda hídrica**

En los procesos de ocupación del territorio, tanto en suelo urbano, rural y de expansión urbana, se deberán aplicar los criterios establecidos en la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de Rondas Hídricas (2018), especialmente en lo relacionado con:

Definición de usos permitidos

Restricciones en la faja paralela

Protección del componente ecosistémico

- **Promover la restauración ecológica en áreas intervenidas**

Se deberán implementar acciones orientadas a la recuperación de la cobertura vegetal en las áreas degradadas de la ronda hídrica, especialmente en sectores con uso agropecuario o transformación del suelo, con el fin de mejorar la conectividad ecológica y la regulación hídrica.

- **Implementar medidas de manejo en zonas urbanizadas**

En sectores urbanos y con infraestructura, se deberán implementar medidas orientadas al manejo de escorrentía, la reducción de la impermeabilización del suelo y la incorporación de soluciones basadas en la naturaleza, tales como infraestructura verde.

- **Fortalecer la educación ambiental y la participación comunitaria**

Se deberán desarrollar procesos de educación ambiental y participación comunitaria orientados a la apropiación social de la ronda hídrica, promoviendo su protección y uso sostenible.

9.4.2.3 Medidas de manejo para la estrategia de preservación

Mantener y proteger la cobertura vegetal existente en la ronda hídrica, evitando su intervención o transformación, con el fin de garantizar la continuidad de los servicios ecosistémicos, la estabilidad del suelo y la regulación hídrica. De manera complementaria,

se promoverá la implementación de estrategias de pago por servicios ecosistémicos (PSE) como mecanismo de incentivo dirigido a los propietarios de los predios, orientado a fomentar la conservación y el manejo adecuado de las áreas de bosque nativo presentes en la ronda hídrica, reconociendo su aporte a la protección del recurso hídrico, la biodiversidad y el equilibrio ambiental del territorio.

9.4.2.4 Medidas de manejo para la estrategia de restauración

- Se deberá implementar la restauración de la cobertura vegetal en las áreas degradadas de la ronda hídrica, mediante el establecimiento de especies nativas propias de ecosistemas riparios, priorizando procesos de regeneración natural asistida y enriquecimiento vegetal. Esta medida se desarrollará a partir de la identificación de áreas críticas en las zonas homogéneas y sectores intervenidos, donde se evidencie pérdida de cobertura vegetal. Para su implementación, se deberán definir arreglos de siembra acordes a las condiciones edafoclimáticas, realizar mantenimiento de plántulas y garantizar su supervivencia en el tiempo. Lo anterior en concordancia con los lineamientos de restauración ecológica establecidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y lo dispuesto en el Decreto 1076 de 2015, en relación con la protección y recuperación de los recursos naturales renovables.
- En las áreas rurales localizadas dentro de la faja paralela de la ronda hídrica, especialmente aquellas ocupadas por pastos, cultivos permanentes y mosaicos agrícolas, se deberá implementar la restauración de la cobertura vegetal mediante la introducción de especies nativas y la promoción de la regeneración natural asistida. Para su implementación, se deberán adelantar actividades de preparación del terreno, establecimiento de plántulas, mantenimiento y seguimiento a la supervivencia de las especies, favoreciendo la reconformación de la vegetación riparia y la conectividad ecológica. Lo anterior en concordancia con el Decreto 1076 de 2015, el Decreto 2245 de 2017 y los lineamientos de restauración ecológica del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- En las áreas urbanas consolidadas localizadas dentro de la faja paralela de la ronda hídrica, se deberán implementar acciones de restauración orientadas a recuperar la cobertura vegetal en los espacios disponibles, tales como zonas verdes, retiros y bordes de cauce, priorizando aquellas áreas con mayor interacción con la dinámica hídrica. Dado que este componente corresponde a la zona de mayor restricción dentro de la ronda hídrica, las acciones deberán enfocarse en la recuperación de la vegetación riparia, la reducción de superficies impermeables y la restitución, en la medida de lo posible, de la funcionalidad ecológica del sistema. Esto implica la revegetalización con especies nativas, la adecuación de franjas de protección y la eliminación progresiva de elementos que afecten la dinámica natural del cauce, cuando sea viable.
- En las áreas clasificadas como suelo rural que presentan procesos de urbanización, tales como centros poblados, condominios, parcelaciones o urbanizaciones, y que se localizan dentro de la ronda hídrica, se establece como medida de carácter transitorio la restricción en el otorgamiento de licencias urbanísticas, incluyendo ampliación, construcción nueva o modificación de edificaciones existentes. Esta

restricción se mantendrá hasta tanto se implementen las acciones de recuperación ambiental requeridas para restablecer la funcionalidad ecológica del sistema hídrico. Lo anterior, en concordancia con lo establecido en la Ley 388 de 1997 y el Decreto 1076 de 2015, en relación con la protección de áreas de especial importancia ecosistémica.

- En las áreas clasificadas como suelo urbano que se localizan dentro de la ronda hídrica, especialmente en sectores asociados a la faja paralela o con condiciones de riesgo, se deberá restringir el otorgamiento de nuevas licencias urbanísticas para construcción, así como las ampliaciones o modificaciones que incrementen la ocupación o la vulnerabilidad del territorio. En estos casos, las intervenciones deberán orientarse a la recuperación progresiva de la ronda hídrica y a la gestión del riesgo, priorizando la protección de la vida y la funcionalidad del sistema hídrico. Esta medida se enmarca en los lineamientos de ordenamiento territorial establecidos en la Ley 388 de 1997 y en los principios de gestión del riesgo definidos en la Ley 1523 de 2012.
- En las áreas clasificadas como suelo de expansión urbana que se encuentren dentro de la ronda hídrica, se deberá restringir el otorgamiento de licencias urbanísticas para nuevos desarrollos, con el fin de prevenir la ocupación de estas zonas y garantizar su protección como áreas de especial importancia ecosistémica. Así mismo, estas áreas deberán ser incorporadas en los instrumentos de planificación territorial como parte de la estructura ecológica principal, asegurando su conservación y manejo adecuado desde la etapa de planificación.
- De manera complementaria, se promoverá la vinculación de propietarios y actores locales a través de esquemas de pago por servicios ecosistémicos (PSE), orientados a incentivar la restauración activa y pasiva de las áreas intervenidas, así como su mantenimiento en el tiempo.

9.4.2.5 Medidas de manejo para la estrategia de uso sostenible

- En las áreas rurales localizadas dentro del área de protección o conservación aferente de la ronda hídrica, ocupadas por cultivos permanentes, pastos y mosaicos agrícolas, se deberán implementar prácticas productivas sostenibles orientadas a reducir la presión sobre el recurso hídrico. Estas incluyen la adopción de sistemas silvopastoriles, el establecimiento de barreras vivas, la protección de franjas cercanas al cauce y la reducción en el uso de agroquímicos. Esta medida busca mantener la productividad del suelo sin comprometer la funcionalidad ecológica del sistema hídrico, en concordancia con la Ley 99 de 1993 y el Decreto 1076 de 2015. Se deberán implementar prácticas de manejo del suelo que permitan controlar la escorrentía superficial y reducir procesos erosivos, tales como siembra en contorno, cobertura vegetal y obras de drenaje superficial.
- En las áreas clasificadas como suelo rural ubicadas dentro del área de protección o conservación aferente de la ronda hídrica, se deberá restringir el otorgamiento de licencias urbanísticas para nuevos desarrollos, parcelaciones o procesos de subdivisión que impliquen transformación del uso del suelo y aumenten la presión sobre el recurso hídrico. Así mismo, cualquier intervención deberá estar

condicionada a la implementación de prácticas sostenibles que garanticen la protección del sistema hídrico. La responsabilidad de esta medida recae en el municipio, como autoridad competente en el otorgamiento de licencias urbanísticas, en articulación con la CARDER, como autoridad ambiental encargada de definir y hacer seguimiento a las determinantes ambientales.

- En las áreas urbanas localizadas dentro de la ronda hídrica, especialmente en el área aferente, se deberán regular las actividades y usos del suelo con el fin de evitar la expansión descontrolada y la ocupación de zonas ambientalmente sensibles. Las nuevas intervenciones deberán ser compatibles con la protección del sistema hídrico, se deberán implementar soluciones basadas en la naturaleza, tales como sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS), superficies permeables y zonas de infiltración, con el fin de reducir el impacto de la escorrentía sobre el cauce, además se deberá promover la incorporación de la ronda hídrica como elemento estructurante del espacio urbano, mediante el desarrollo de parques lineales, zonas verdes y corredores ecológicos que permitan compatibilizar el uso del suelo con la protección ambiental. En zonas con presencia de infraestructura, como vías o redes, se deberán implementar medidas para reducir su impacto sobre la ronda hídrica, tales como adecuación de drenajes, control de escorrentía y mantenimiento de obras hidráulicas, garantizando la funcionalidad del sistema.
- En las áreas clasificadas como suelo de expansión urbana que se encuentren dentro del área de protección o conservación aferente de la ronda hídrica, se deberá restringir el otorgamiento de licencias urbanísticas para nuevos desarrollos hasta tanto se garantice la incorporación de criterios ambientales que aseguren la protección del sistema hídrico. La responsabilidad de esta medida corresponde al municipio, en el marco de sus competencias en ordenamiento territorial, con la CARDER como autoridad encargada de la definición de determinantes ambientales y su respectivo control, conforme a la Ley 388 de 1997, el Decreto 1077 de 2015 y el Decreto 1076 de 2015.
- En las áreas de expansión urbana se deberán incorporar criterios de sostenibilidad ambiental en los procesos de planificación, garantizando que el desarrollo futuro no afecte la funcionalidad de la ronda hídrica. Esto incluye la delimitación de áreas de protección, la definición de usos compatibles y la incorporación de la ronda como parte de la estructura ecológica principal; Se deberán evitar usos del suelo que generen impactos negativos sobre la ronda hídrica, tales como actividades altamente contaminantes o desarrollos que incrementen la impermeabilización del suelo sin control, garantizando la sostenibilidad del territorio a largo plazo.
- En el marco del presente estudio, se propone que en aquellas áreas donde se identifiquen zonas urbanas consolidadas al interior del componente hidrológico de la ronda hídrica, tanto en suelo urbano como en suelo rural con presencia de asentamientos, se deberán adelantar estudios técnicos detallados de evaluación y categorización del riesgo, que permitan analizar las condiciones de amenaza (inundación, socavación, erosión lateral) y vulnerabilidad, con el fin de definir las medidas de mitigación, manejo y las posibles restricciones de uso del suelo aplicables dentro del área de protección o conservación aferente. En este sentido,

la definición final de los usos del suelo y las decisiones asociadas a permanencia, reubicación o condicionamiento de actividades deberán sustentarse en dichos estudios específicos, en concordancia con lo establecido en el Decreto 1807 de 2014, compilado en el Decreto 1077 de 2015, así como con los lineamientos de gestión del riesgo establecidos en la Ley 1523 de 2012 y la incorporación de determinantes ambientales en el ordenamiento territorial según la Ley 388 de 1997. La responsabilidad de adelantar estos estudios y de implementar las medidas derivadas recae principalmente en el municipio, como autoridad competente en materia de ordenamiento territorial y gestión del riesgo, en articulación con la autoridad ambiental competente (CARDER), encargada de definir y hacer seguimiento a las determinantes ambientales, así como con las demás entidades del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. Por tanto, si bien el presente estudio orienta la necesidad de intervención y control en estas áreas, la toma de decisiones definitivas dependerá de los resultados de estos análisis técnicos de mayor detalle, los cuales deberán ser desarrollados y ejecutados por las entidades competentes en el marco de sus funciones.

Como parte del proceso de formulación de las estrategias de manejo ambiental, se incorporaron los aportes obtenidos durante las mesas de participación desarrolladas con las comunidades del área de influencia, reconociendo su conocimiento del territorio y su relación directa con el recurso hídrico. Esta información permitió complementar el análisis técnico y orientar la definición de medidas acordes con las dinámicas locales.

9.4.2.6 Estrategias de manejo ambiental por zonas homogéneas

A continuación, se presentan en la **tabla 60** las estrategias de manejo ambiental definidas para cada una de las zonas homogéneas identificadas en las unidades hidrográficas de las quebradas Tinajas y Gato Negro, junto con sus respectivas medidas de manejo ambiental. Estas estrategias se estructuran en función de las condiciones biofísicas, el grado de intervención antrópica y la clasificación del suelo, incorporando además los aportes obtenidos en las mesas de participación, así como los saberes locales y la memoria histórica de las comunidades, lo cual permite orientar de manera específica las acciones de preservación, restauración y uso sostenible en cada unidad territorial.

Dado que las unidades hidrográficas objeto de estudio presentan condiciones biofísicas y antrópicas similares, asociadas a su localización dentro del municipio de Pereira y a la presencia de coberturas, presiones y dinámicas territoriales comparables, se definió la consolidación de un único cuadro de estrategias de manejo ambiental. Esta decisión permite estandarizar los lineamientos de intervención, garantizar coherencia metodológica en la formulación de medidas y facilitar su implementación por parte de la autoridad ambiental, sin desconocer las particularidades de cada unidad hidrográfica, las cuales son abordadas en el desarrollo específico del análisis.

En este sentido, aunque las estrategias de manejo se presentan de manera integrada, se reconoce que existen diferencias en la distribución espacial de las condiciones ambientales. Por lo anterior, a continuación, se presenta en

En la **tabla 61** y **62** se detallan las áreas correspondientes a cada zona homogénea para cada unidad hidrográfica, permitiendo evidenciar las variaciones en su extensión y facilitar la priorización de acciones en cada caso. De igual forma, se presentan las **figuras 120 y**

121 los mapas de estrategias de manejo ambiental para cada unidad hidrográfica, con el fin de representar espacialmente la aplicación de las estrategias definidas.

Tabla 60 Estrategias y medidas de manejo para las zonas homogéneas identificadas en las unidades hidrográficas Tinajas y Gato Negro

Zona Homogénea	Estrategia de Manejo	Medidas de manejo ambiental por tipo de suelo			Responsable
		Urbano	Rural	Suelo de expansión	
ZH01	Preservación	Protección estricta de relictos de bosque, restricción de nuevas intervenciones y control de ocupación. Evaluar estrategias para aplicación de pago por servicios ecosistémicos	Mantener y proteger la cobertura vegetal existente, evitando su transformación; conservación de bosque ripario y servicios ecosistémicos. Evaluar estrategias para aplicación de pago por servicios ecosistémicos	Implementar la recuperación de la cobertura vegetal en bordes de cauce, control de ocupación del suelo y reducción de superficies impermeables, incluyendo la restricción de licencias urbanísticas para nuevas construcciones o ampliaciones, promoviendo soluciones basadas en la naturaleza para la regulación hídrica.	CARDER / Municipio / Comunidad

Zona Homogénea	Estrategia de Manejo	Medidas de manejo ambiental por tipo de suelo			Responsable
		Urbano	Rural	Suelo de expansión	
ZH02	Restauración	Implementar la restauración ecológica mediante el establecimiento de especies nativas, regeneración natural asistida y aislamiento de áreas, restringiendo el cambio de uso del suelo y controlando actividades agropecuarias, con el fin de garantizar la recuperación de la vegetación riparia y la conectividad ecológica. Implementar procesos de reconversión productiva y restauración progresiva, controlar la presión agropecuaria y favorecer la conectividad ecológica. Evaluar estrategias para aplicación de pago por servicios ecosistémicos	Recuperación progresiva de coberturas vegetales nativas en áreas actualmente destinadas a uso agrícola o con baja cobertura, priorizando zonas críticas para la regulación hídrica, la estabilidad del suelo y la protección de nacimientos de agua. Esto implica el aislamiento de la ronda hídrica y de los nacimientos mediante cercas vivas o barreras físicas, la revegetalización con especies nativas, y la exclusión de actividades agropecuarias dentro de las áreas delimitadas.	Restringir el otorgamiento de licencias urbanísticas para nuevos desarrollos, con el fin de prevenir la ocupación de estas zonas y garantizar su protección. Así mismo, estas áreas deberán ser incorporadas en los instrumentos de planificación territorial como parte de la estructura ecológica principal, asegurando su conservación y manejo adecuado desde la etapa de planificación. Implementar la restauración ecológica mediante el establecimiento de especies nativas, regeneración natural asistida y aislamiento de áreas, restringiendo el cambio de uso del suelo	CARDER / Municipio / Comunidad

Zona Homogénea	Estrategia de Manejo	Medidas de manejo ambiental por tipo de suelo			Responsable
		Urbano	Rural	Suelo de expansión	
ZH03	Uso Sostenible	Reducir la presión sobre la ronda hídrica mediante la implementación de sistemas de drenaje urbano sostenible (SUDS), el control estricto de vertimientos industriales y domésticos, y la gestión eficiente de residuos sólidos. Se establece la protección y señalización de la ronda hídrica y los nacimientos, evitando su ocupación, y se promueve la incorporación de infraestructura verde, como franjas de amortiguación y corredores ecológicos, que permitan mejorar la calidad ambiental y reducir los impactos	Se prioriza el manejo adecuado de vertimientos y residuos asociados a las actividades productivas, el control de escorrentía mediante obras de drenaje y franjas vegetales, y la protección de la faja paralela y los nacimientos mediante su delimitación y aislamiento. Asimismo, se promueve la implementación de barreras vivas y coberturas vegetales que contribuyan a mitigar la contaminación difusa y mejorar la regulación hídrica.	Incorporación de determinantes ambientales en la planificación, garantizando la exclusión de la ronda hídrica y los nacimientos de futuros desarrollos, así como la implementación anticipada de sistemas de drenaje sostenible, zonas de amortiguación y soluciones basadas en la naturaleza. Estas acciones buscan asegurar un desarrollo ordenado que minimice la afectación sobre la dinámica hidrológica y la funcionalidad ecosistémica del área.	CARDER / Municipio / Comunidad

Zona Homogénea	Estrategia de Manejo	Medidas de manejo ambiental por tipo de suelo			Responsable
		Urbano	Rural	Suelo de expansión	
ZH04	Restauración	Restauración funcional de la ronda hídrica en entornos altamente intervenidos, mediante la revegetalización con especies nativas, la delimitación y protección de la faja paralela y nacimientos, la implementación de sistemas de drenaje urbano sostenible (SUDS), el control de vertimientos y la reducción de superficies impermeables. Asimismo, se promueve la incorporación de infraestructura verde como corredores ecológicos y franjas de amortiguación, con el fin de mejorar la calidad ambiental, reducir la escorrentía y restablecer parcialmente la conectividad ecológica.	Recuperación de la faja paralela y la protección de nacimientos mediante su aislamiento y revegetalización con especies nativas, la eliminación de focos de contaminación y el control de escorrentía a través de coberturas vegetales y obras básicas de drenaje. Se prioriza la reconversión de áreas intervenidas hacia condiciones más naturales, la estabilización de suelos	Recuperar y proteger anticipadamente la ronda hídrica frente a futuros procesos de urbanización, mediante la delimitación y exclusión de estas áreas de nuevos desarrollos, la revegetalización temprana con especies nativas, la implementación de sistemas de drenaje sostenible, así como la protección de nacimientos.	CARDER / Municipio

Zona Homogénea	Estrategia de Manejo	Medidas de manejo ambiental por tipo de suelo			Responsable
		Urbano	Rural	Suelo de expansión	
ZH05	Restauración		Aislamiento de las áreas de protección aferente con cercas vivas o barreras físicas, la siembra de especies nativas y la implementación de núcleos de regeneración natural asistida. Se deberá realizar la reconversión progresiva de actividades agrícolas dentro del área aferente, evitando cultivos limpios y promoviendo sistemas agroforestales en zonas contiguas. Adicionalmente, se implementarán prácticas de conservación de suelos como curvas a nivel, barreras vivas y cobertura vegetal, con el fin de reducir erosión y escorrentía hacia la ronda. Se prioriza también la protección de nacimientos, mediante su aislamiento, revegetalización. Como estrategia de sostenibilidad, se promoverán esquemas de pago por servicios ecosistémicos (PSE).		CARDER / Municipio / Comunidad

Zona Homogénea	Estrategia de Manejo	Medidas de manejo ambiental por tipo de suelo			Responsable
		Urbano	Rural	Suelo de expansión	
	Uso Sostenible	Transición de usos hacia condiciones compatibles con la estructura ecológica, mediante la reconversión de prácticas agrícolas informales, el control de vertimientos y escorrentía con soluciones SUDS (zanjas de infiltración, jardines de lluvia) y la implementación de franjas de amortiguación con vegetación nativa. Se deberá evitar la expansión de actividades agrícolas y promover la integración de estas áreas como espacios verdes urbanos, garantizando su función de regulación hídrica y soporte ecosistémico.		Evitar la consolidación de los impactos actuales, mediante la delimitación temprana del área de protección aferente y su exclusión de futuros desarrollos urbanísticos. Se deberá establecer como condición la conservación y restauración previa de estas áreas antes de cualquier proceso constructivo, incorporando zonas de amortiguación, corredores ecológicos y sistemas de drenaje sostenible desde la etapa de diseño. Asimismo, se deben mantener y fortalecer las coberturas vegetales existentes mediante revegetalización dirigida, evitando la continuidad de usos agrícolas intensivos, con el fin de garantizar la funcionalidad ecológica y la regulación hídrica en el escenario de crecimiento urbano.	CARDER / Municipio / Comunidad

Zona Homogénea	Estrategia de Manejo	Medidas de manejo ambiental por tipo de suelo			Responsable
		Urbano	Rural	Suelo de expansión	
ZH06	Restauración	En suelo urbano, donde persisten usos agrícolas dentro del área aferente, las medidas se enfocan en la eliminación progresiva de estos usos y la recuperación de la funcionalidad del sistema, mediante la revegetalización dirigida, el control de escorrentía superficial y la implementación de soluciones de drenaje sostenible (SUDS) para reducir aportes de sedimentos y picos de caudal. Se deberá realizar la estabilización de taludes y áreas intervenidas mediante técnicas de bioingeniería, especialmente en sectores con modificación del terreno. Asimismo, se deben eliminar descargas directas y establecer franjas de amortiguación, garantizando la transición hacia un uso compatible con la estructura ecológica principal.	Reconversión progresiva de prácticas productivas dentro de la zona delimitada, evitando cultivos limpios y promoviendo sistemas agroforestales en áreas adyacentes. Se deberá implementar la restauración activa con especies nativas en zonas críticas, junto con la instalación de barreras vivas, cercas y franjas de protección para reducir el ingreso de ganado y maquinaria. Adicionalmente, se aplicarán prácticas de conservación de suelos como curvas a nivel, zanjas de infiltración y cobertura vegetal permanente, con el fin de disminuir la erosión y regular la escorrentía hacia las corrientes (particularmente en los tramos de Tinajas y El Erazo). Se prioriza también la protección de nacimientos y zonas de recarga	Delimitación estricta del área de protección aferente y su exclusión de procesos constructivos. Se deberá exigir la restauración previa de coberturas vegetales, la implementación de corredores ecológicos y franjas de amortiguación, así como la incorporación obligatoria de sistemas de drenaje sostenible desde la fase de planificación. En estos sectores, se deben suspender actividades agrícolas intensivas y promover la recuperación del suelo y la infiltración, garantizando la estabilidad del terreno y la regulación hídrica futura.	CARDER / Municipio

Zona Homogénea	Estrategia de Manejo	Medidas de manejo ambiental por tipo de suelo			Responsable
		Urbano	Rural	Suelo de expansión	
ZH07	Uso Sostenible	En suelo urbano, las medidas se enfocan en la rehabilitación ecológica dentro de un entorno consolidado, mediante la incorporación de infraestructura verde (corredores ecológicos, arborización, jardines de lluvia), el manejo de aguas lluvias a través de sistemas SUDS, y el control de vertimientos y residuos. Se deberá garantizar la protección del área aferente como parte de la estructura ecológica urbana, evitando su ocupación adicional y promoviendo su integración como espacio verde funcional.	Controlar la expansión de la ocupación y mitigar los impactos sobre el componente ecosistémico, mediante la delimitación y restricción de nuevas construcciones, la implementación de franjas de amortiguación con vegetación nativa y el control de vertimientos domésticos mediante soluciones individuales o conexión a sistemas de tratamiento. Se promueve la reducción de superficies impermeables, el manejo adecuado de residuos sólidos y la incorporación de coberturas vegetales que permitan recuperar parcialmente la funcionalidad ecológica y la regulación hídrica.	Incorporación obligatoria del área de protección aferente como determinante ambiental en los procesos de planificación, garantizando su exclusión de desarrollos urbanísticos. Se deberá establecer el diseño de zonas de amortiguación, corredores verdes y sistemas de drenaje sostenible desde la etapa de urbanización, asegurando que el crecimiento urbano mantenga la funcionalidad ecológica y la capacidad de regulación hídrica del territorio.	CARDER / Municipio / Comunidad

Zona Homogénea	Estrategia de Manejo	Medidas de manejo ambiental por tipo de suelo			Responsable
		Urbano	Rural	Suelo de expansión	
ZH08	Restauración	Implementar acciones de revegetalización, manejo de escorrentía y adecuación de drenajes, condicionadas a estudios técnicos de categorización del riesgo (inundación, socavación, erosión lateral), que permitan definir medidas de mitigación y control urbano, garantizando la funcionalidad hidráulica del cauce y la reducción de la vulnerabilidad.	Restauración funcional del sistema hidrológico y la corrección de alteraciones geomorfológicas generadas por la urbanización, mediante la implementación de sistemas de drenaje urbano sostenible (SUDS), la reconducción de escorrentías, la estabilización de áreas intervenidas y la revegetalización de espacios disponibles con especies nativas. Se deberán controlar vertimientos, reducir superficies impermeables donde sea viable e incorporar infraestructura verde que contribuya a mejorar la infiltración y disminuir picos de caudal. Realizar estudios técnicos de categorización del riesgo (inundación, socavación, erosión lateral), que permitan definir medidas de mitigación y control urbano	Restaurar las condiciones previas y prevenir nuevas alteraciones geomorfológicas e hidrológicas, mediante la delimitación y recuperación del área de protección aferente antes de su desarrollo, la revegetalización con especies nativas, la estabilización del terreno y la incorporación obligatoria de soluciones basadas en la naturaleza y sistemas SUDS desde la planificación. Se deberá evitar la modificación del relieve y garantizar que los futuros desarrollos mantengan la capacidad de infiltración, control de escorrentía y estabilidad del suelo.	CARDER / Municipio

Fuente: Elaboración propia

Tabla 61 Áreas por zonas homogéneas Unidad hidrográfica Quebrada Tinajas

Unidad Hidrográfica Quebrada Tinajas		
Zona homogénea	**(Área M2)**	
	Q. Tinajas	**Q. Cundina**
ZH01	490.395,12	284.136,36
ZH02	33.356,04	30.022,59
ZH03	3.577,50	3.718,70
ZH04	268,55	1.035,27
ZH05	564.220,51	284.013,25
ZH06	19.852,31	0,00
ZH07	431,36	1.680,58
ZH08	194,66	0,00
TOTAL	1.112.296,05	604.606,76

Fuente: Elaboración propia

Tabla 62 Áreas por zonas homogéneas Unidad hidrográfica Quebrada Gato Negro

Unidad Hidrográfica Quebrada Gato Negro		
Zona homogénea	**(Área M2)**	
	Q. El Erazo	**Q. llano Grande**
ZH01	107.750,78	69.967,86
ZH02	47.532,06	1.421,76
ZH03	4.268,49	674,83
ZH04	2.254,06	0,00
ZH05	55.162,05	41.710,74
ZH06	14.443,50	2.484,60
ZH07	6.402,34	593,00
ZH08	3.282,31	0,00
TOTAL	241.095,59	116.852,78

Fuente: Elaboración propia

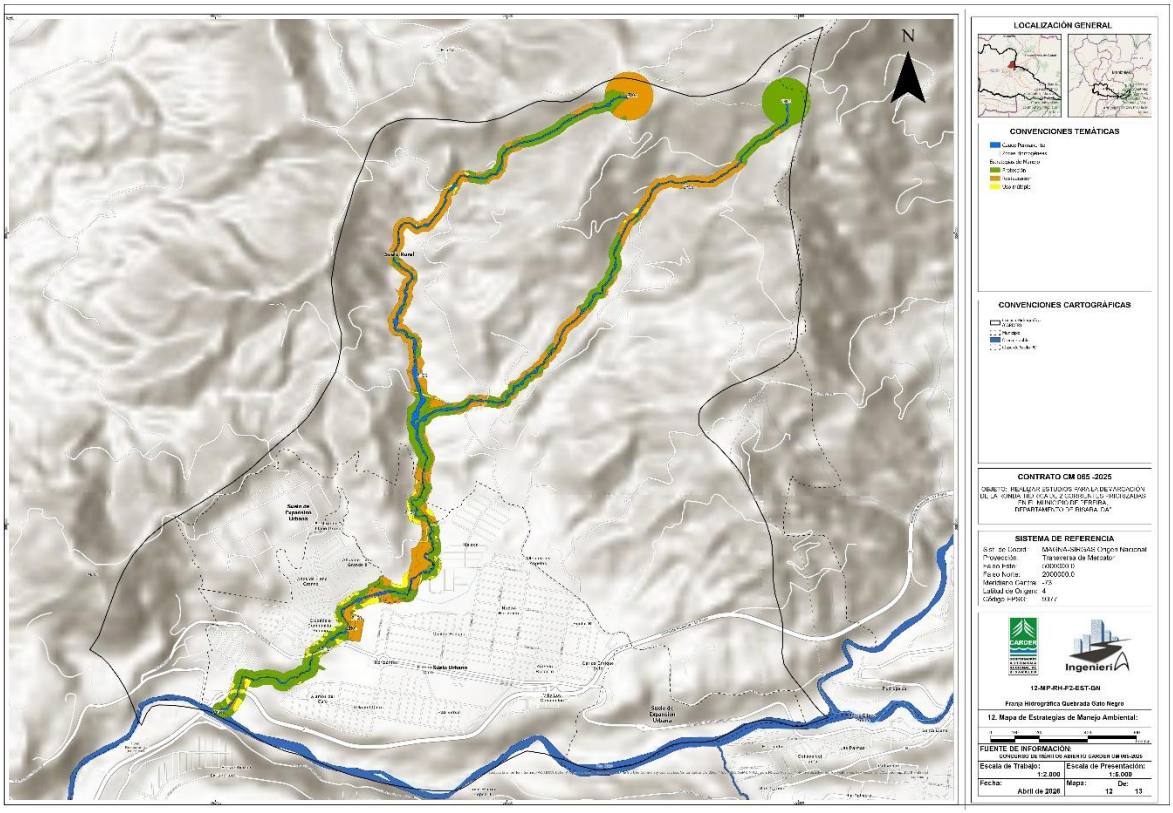


Figura 120 Mapa de estrategias ambientales de la unidad hidrográfica Quebrada Gato Negro

Fuente: Elaboración propia

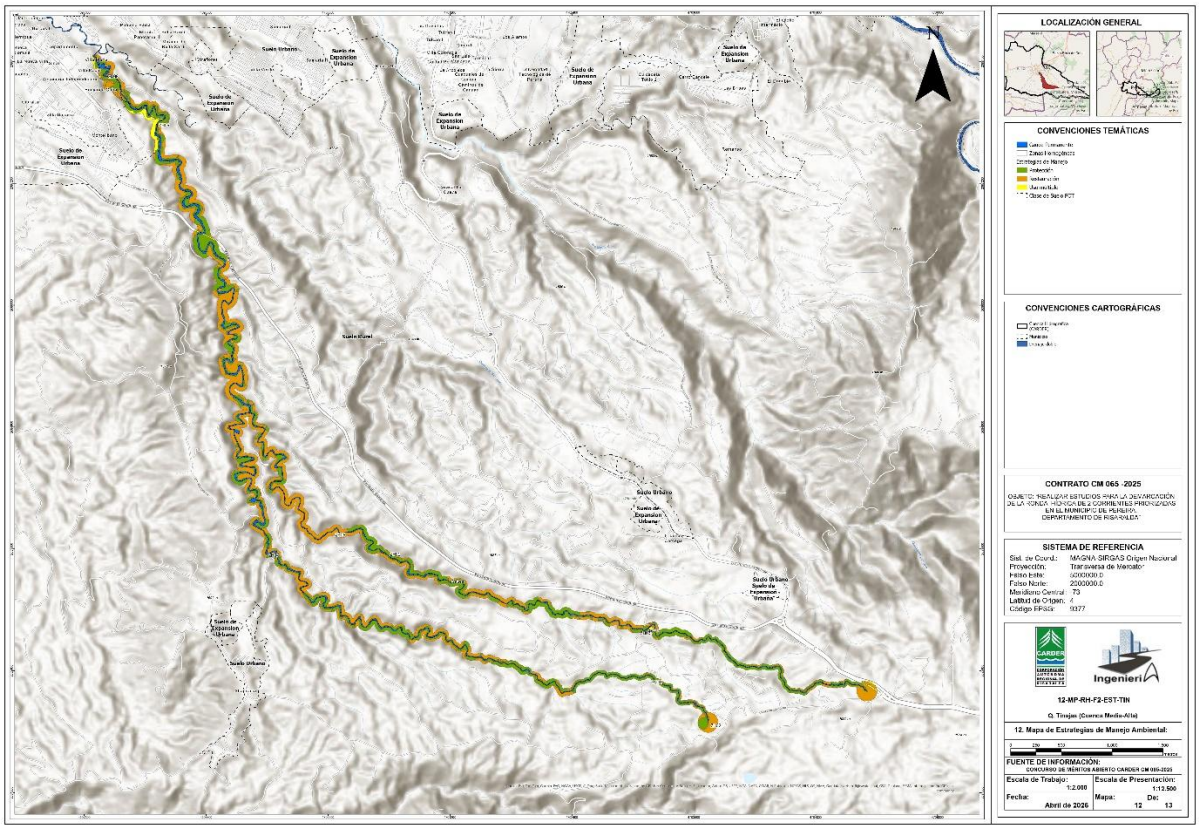


Figura 121 Mapa de estrategias ambientales de la unidad hidrográfica Quebrada Tinajas

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 10. SEGUIMIENTO E INDICADORES

Con el fin de evaluar la efectividad de las estrategias y medidas de manejo ambiental definidas para las rondas hídricas de las unidades hidrográficas de las quebradas Tinajas (cuenca media–alta) y Gato Negro, se estableció un conjunto de indicadores que permiten realizar el seguimiento a las dinámicas de ocupación, transformación y recuperación del territorio.

Estos indicadores se formulan en coherencia con los lineamientos de la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de Rondas Hídricas en Colombia (MinAmbiente, 2018), en la cual se establece la necesidad de integrar el componente hidrológico, geomorfológico y ecosistémico en la gestión de estas áreas, así como de contar con herramientas que permitan monitorear su estado en el tiempo.

En este sentido, los indicadores propuestos permiten: Evaluar el grado de intervención antrópica sobre los componentes de la ronda hídrica, medir la evolución de las coberturas del suelo y los usos asociados, verificar la efectividad de las estrategias de preservación, restauración y uso sostenible y de igual modo, generar insumos para la toma de decisiones por parte de la autoridad ambiental y las entidades territoriales De manera general, los indicadores se estructuran bajo un enfoque cuantitativo, orientado a medir proporciones de ocupación y cobertura del territorio.

10.1 Descripción de los indicadores planteados

- **Indicador 1 Porcentaje de ocupación del componente hidrológico por vivienda dispersa**

Este indicador mide la proporción del área correspondiente al componente hidrológico de la ronda hídrica que se encuentra ocupada por viviendas dispersas, respecto al área total delimitada para dicho componente. Se expresa como un porcentaje y permite cuantificar el grado de intervención antrópica asociada a asentamientos residenciales dentro de una zona que, por su naturaleza, cumple funciones esenciales en la regulación del régimen hídrico.

La relevancia del indicador se fundamenta en que el componente hidrológico de la ronda hídrica cumple un papel esencial en la funcionalidad hidrodinámica del sistema, al permitir la expansión lateral de los flujos durante eventos de creciente, el almacenamiento temporal de agua y la disipación de energía. La ocupación por viviendas dispersas en estas áreas puede restringir dichos procesos, generando alteraciones en los patrones de flujo, reducción de la capacidad de regulación natural y aumento de la exposición de las propias viviendas a condiciones de amenaza por inundación.

Indicador 1: (Avdispersa.c. Hidro) / (Ac. Hidro) ×100

Donde:

Indicador 1 = Porcentaje de ocupación del componente hidrológico por vivienda dispersa.

Avdispersa.c. Hidro = Área del componente hidrológico en vivienda dispersa (km²).

Ac. Hidro = Área total del componente hidrológico de la ronda hídrica (km²).

El rango de interpretación es de 0 a 100 % y se espera que, con la implementación de las estrategias de manejo ambiental, este indicador no aumente en el tiempo.

- **Indicador 2: Porcentaje de ocupación del componente hidrológico por vivienda urbana consolidada**

Este indicador mide la proporción del área correspondiente al componente hidrológico de la ronda hídrica que se encuentra ocupada por vivienda urbana consolidada, respecto al área total delimitada para dicho componente. Se expresa como un porcentaje y permite cuantificar el grado de intervención asociado a estructuras residenciales propias de tejidos urbanos continuos y de mayor densidad.

La importancia de este indicador radica en que la ocupación urbana consolidada introduce condiciones de intervención más intensivas y permanentes sobre el componente hidrológico, en comparación con la vivienda dispersa. Este tipo de ocupación suele estar asociado a mayores niveles de impermeabilización, presencia de infraestructura rígida y modificaciones más significativas de la topografía natural, lo que limita en mayor medida la capacidad del sistema para permitir la expansión de flujos, el almacenamiento temporal y la disipación de energía durante eventos hidrológicos extremos.

Indicador 2: (Avconsolidada.c. Hidro) / (Ac. Hidro) ×100

Donde:

Indicador 2 = Porcentaje de ocupación del componente hidrológico por vivienda urbana consolidada.

Avconsolidada.c. Hidro = Área del componente hidrológico en vivienda urbana consolidada (km^2).

Ac. Hidro = Área total del componente hidrológico de la ronda hídrica (km^2).

El rango de interpretación es de 0 a 100 % y se espera que, con la implementación de las estrategias de manejo ambiental, este indicador no aumente en el tiempo.

- **Indicador 3: Porcentaje de ocupación del componente geomorfológico por vivienda dispersa**

Este indicador mide la proporción del área correspondiente al componente geomorfológico de la ronda hídrica que se encuentra ocupada por viviendas dispersas, respecto al área total delimitada para dicho componente. Se expresa como un porcentaje y permite cuantificar el grado de intervención antrópica sobre zonas asociadas a los procesos de ajuste, movilidad y estabilidad del cauce.

La importancia de este indicador radica en que el componente geomorfológico comprende áreas fundamentales para la evolución natural del sistema fluvial, incluyendo espacios donde se presentan procesos de erosión, sedimentación, migración lateral del cauce y configuración de formas asociadas a la dinámica fluvial. La ocupación por vivienda dispersa en estas zonas, aunque es de carácter puntual, puede interferir con dichos procesos al introducir elementos que alteran la topografía local, rigidizan sectores del terreno o condicionan la libre evolución del cauce.

Indicador 3: (Avdispersa.c. Geom) / (Ac. Geom) ×100

Donde:

Indicador 3 = Porcentaje de ocupación del componente geomorfológico por vivienda dispersa.

Avconsolidada.c. Geom = Área del componente geomorfológico en vivienda urbana consolidada (km²).

Ac. Geom = Área total del componente geomorfológico de la ronda hídrica (km²).

El rango de interpretación es de 0 a 100 %, se espera que este indicador se mantenga estable o disminuya en el tiempo como resultado de la implementación de estrategias y medidas de manejo.

- **Indicador 4 Porcentaje de ocupación del componente geomorfológico por vivienda urbana consolidada**

Este indicador mide la proporción del área correspondiente al componente geomorfológico de la ronda hídrica que se encuentra ocupada por vivienda urbana consolidada, respecto al área total delimitada para dicho componente. Se expresa como un porcentaje y permite cuantificar el grado de intervención antrópica sobre zonas asociadas a los procesos de ajuste, movilidad y estabilidad del cauce.

La importancia de este indicador radica en que el componente geomorfológico comprende áreas fundamentales para la evolución natural del sistema fluvial, incluyendo espacios donde se presentan procesos de erosión, sedimentación, migración lateral del cauce y configuración de formas asociadas a la dinámica fluvial. La ocupación por vivienda urbana consolidada en estas zonas introduce condiciones de intervención intensivas y permanentes, asociadas a la presencia de infraestructura rígida, alteración de la topografía natural y altos niveles de impermeabilización, lo que puede interferir significativamente en dichos procesos, limitando la capacidad de ajuste del cauce, restringiendo su movilidad lateral y aumentando la susceptibilidad a procesos de inestabilidad geomorfológica.

Indicador 4: (Avconsolidada.c. Geom) / (Ac. Geom) ×100

Donde:

Indicador 4 = Porcentaje de ocupación del componente geomorfológico por vivienda urbana consolidada.

Avconsolidada.c. Geom = Área del componente geomorfológico en vivienda urbana consolidada (km²).

Ac. Geom = Área total del componente geomorfológico de la ronda hídrica (km²).

El rango de interpretación es de 0 a 100 %, se espera que este indicador se mantenga estable o disminuya en el tiempo como resultado de la implementación de estrategias y medidas de manejo.

- **Indicador 5 Porcentaje de área en franja riparia dentro de la ronda hídrica**

Este indicador mide la proporción del área de la ronda hídrica que corresponde a franja riparia, respecto al área total delimitada para dicha ronda. Se expresa como un porcentaje y permite evaluar la presencia y continuidad de las zonas de transición entre el cauce y la ribera, fundamentales para la interacción entre el sistema fluvial y su entorno inmediato.

La importancia de este indicador radica en que la franja riparia constituye un elemento clave para garantizar la conectividad lateral entre el cuerpo de agua y los ecosistemas asociados, facilitando la interacción entre los procesos hidrodinámicos y las formas del terreno que acompañan al cauce. Esta franja actúa como espacio de intercambio donde se materializan procesos de expansión de flujos, disipación de energía y ajuste del sistema frente a variaciones en el régimen hidrológico.

Indicador 5: (Af. Riparia) / (Ar. Hídrica) ×100

Donde:

Indicador 5 = Porcentaje de área en franja riparia dentro de la ronda hídrica.

Af. Riparia = Área de franja riparia dentro de la ronda hídrica (km²).

Ar. Hídrica = Área total de la ronda hídrica (km²).

El rango de interpretación es de 0 a 100 %, se espera que este indicador aumente en el tiempo como resultado de las estrategias y medidas de manejo orientadas a la preservación y/o restauración.

Nota: como medida de complemento para este indicador, se recomienda realizar un recorrido de campo por el cuerpo de agua 1 vez por año, donde se puedan identificar el tipo de especies presentes en la franja ribereña y comparar con el listado de especies actual. Esto con el fin de establecer si las especies no nativas disminuyen en el tiempo.

- **Indicador 6 Porcentaje de área de territorios agrícolas dentro de la ronda hídrica**

Este indicador mide la proporción del área de la ronda hídrica que se encuentra destinada a usos agrícolas, respecto al área total delimitada para dicha ronda. Se expresa como un porcentaje y permite cuantificar el nivel de ocupación asociado a actividades productivas dentro de zonas definidas para garantizar la funcionalidad del sistema fluvial.

La importancia de este indicador radica en que los territorios agrícolas, aunque no implican necesariamente la presencia de infraestructura permanente, introducen transformaciones en la cobertura y en las condiciones físicas del terreno que pueden influir en la dinámica hidrodinámica y geomorfológica del cuerpo de agua. Estas transformaciones pueden limitar la capacidad de la ronda hídrica para permitir la expansión de flujos, modificar la rugosidad superficial y condicionar la interacción entre el cauce y su ribera.

Indicador 6: (At. Agrícolas) / (Ar. Hidrica) ×100

Donde:

Indicador 6 = Porcentaje de área de territorios agrícolas dentro de la ronda hídrica.

At. Agrícolas = Área de territorios agrícolas dentro de la ronda hídrica (km²).

Ar. Hidrica = Área total de la ronda hídrica (km²).

El rango de interpretación es de 0 a 100 %, para este indicador se espera que se mantenga estable o disminuya en el tiempo, en función de la implementación de medidas orientadas a la regulación del uso del suelo y a la reconversión progresiva de actividades no compatibles con la funcionalidad de la ronda hídrica.

10.2 Establecimiento de la línea base de los indicadores

Con el propósito de contar con un punto de referencia que permita evaluar la efectividad de las estrategias de manejo ambiental propuestas, se realizará el cálculo del estado actual de los indicadores definidos para las unidades hidrográficas de las quebradas Tinajas (cuenca media–alta) y Gato Negro, estableciendo así una línea base que refleje las condiciones iniciales de ocupación, uso del suelo y funcionalidad de la ronda hídrica.

Esta línea base se construirá a partir de la información generada en el presente estudio, incluyendo la delimitación de la ronda hídrica, la zonificación por componentes (hidrológico, geomorfológico y ecosistémico), y la caracterización de coberturas de la tierra y usos del suelo. A partir de estos insumos, se calcularán los indicadores propuestos, permitiendo cuantificar el nivel actual de intervención antrópica, la presencia de coberturas naturales y el grado de ocupación de las áreas estratégicas del sistema hídrico.

El establecimiento de esta línea base permitirá: Contar con un referente inicial para el seguimiento temporal de los indicadores, evaluar la tendencia de cambio en función de la implementación de las estrategias de manejo, identificar áreas críticas que requieran intervención prioritaria, facilitar la toma de decisiones por parte de la autoridad ambiental y las entidades territoriales. Es importante señalar que la actualización de los indicadores deberá realizarse de manera periódica, en función de la disponibilidad de información y de los procesos de seguimiento que adelante la autoridad ambiental competente, permitiendo así evaluar la evolución de las condiciones de la ronda hídrica en el tiempo.

10.2.1 Cálculo de indicadores para la unidad hidrográfica Quebrada Tinajas

Indicador 1. % de área ocupada por vivienda dispersa en el componente hidrológico

El valor obtenido para este indicador es de 0,22 %, lo que evidencia una ocupación mínima del componente hidrológico por vivienda dispersa. Esto indica que las áreas destinadas a la regulación del flujo hídrico, expansión de crecientes y disipación de energía se encuentran en su mayoría libres de intervención. Esta condición es favorable, ya que permite mantener la funcionalidad hidráulica del sistema y reduce la exposición al riesgo por inundación. A continuación, en la **figura 122** se presenta de manera gráfica el resultado de este indicador.

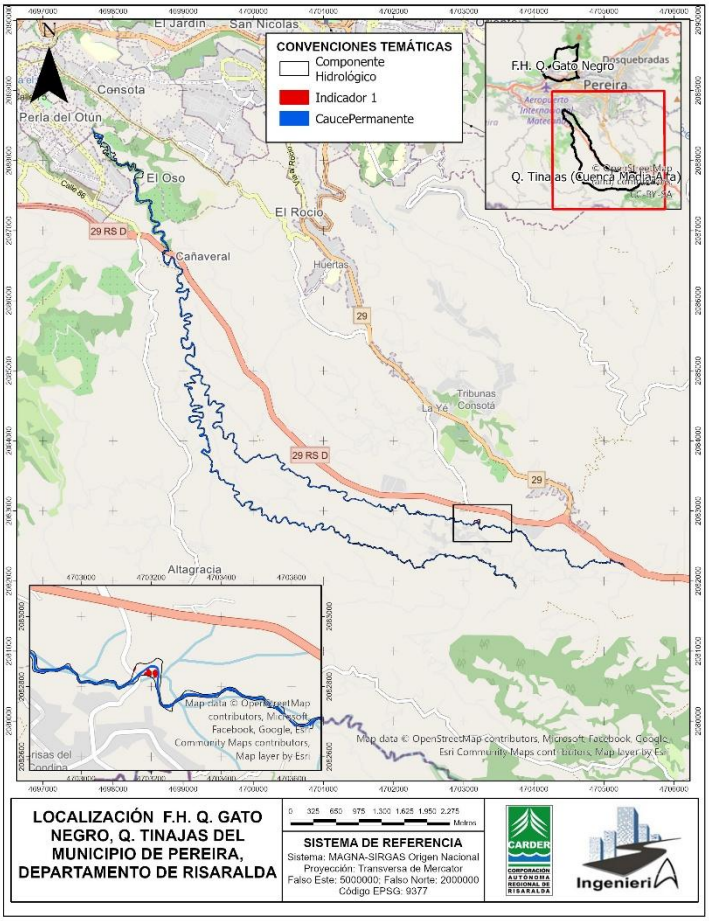


Figura 122 Mapa indicador 1 unidad hidrográfica Tinajas
Fuente: Elaboración propia

Indicador 2. % de área ocupada por vivienda urbana consolidada en el componente hidrológico

Para este indicador se obtuvo un valor de 0,20 %, lo que sugiere que la ocupación por infraestructura urbana consolidada en el componente hidrológico es limitada. Este resultado es positivo, dado que este tipo de ocupación suele generar mayores impactos por impermeabilización y modificación del terreno. En este caso, la baja presencia de este uso contribuye a la conservación de la dinámica hidrológica natural. A continuación, en la **figura 123** se presenta de manera gráfica el resultado de este indicador.

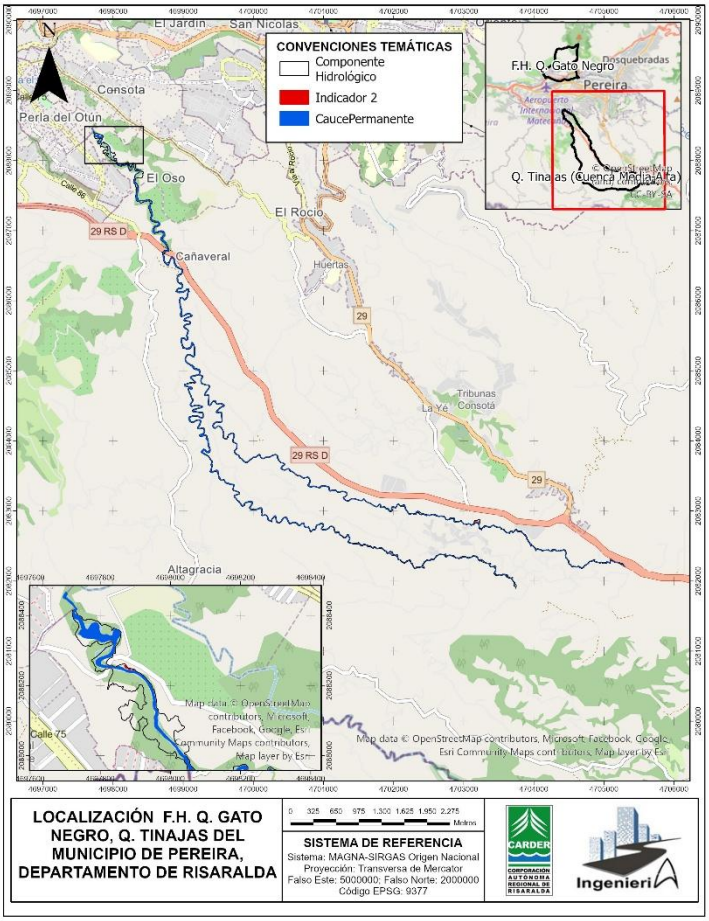


Figura 123 Mapa indicador 2 unidad hidrográfica Tinajas
Fuente: Elaboración propia

Indicador 3. % de área ocupada por vivienda dispersa en el componente geomorfológico

El indicador presenta un valor de 0,09 %, evidenciando una ocupación muy baja por vivienda dispersa en el componente geomorfológico. Esto indica que las áreas asociadas a procesos de ajuste, erosión, sedimentación y movilidad del cauce presentan una intervención mínima, favoreciendo la evolución natural del sistema fluvial y reduciendo la probabilidad de alteraciones en la estabilidad geomorfológica. A continuación, en la **figura 124** se presenta de manera gráfica el resultado de este indicador.

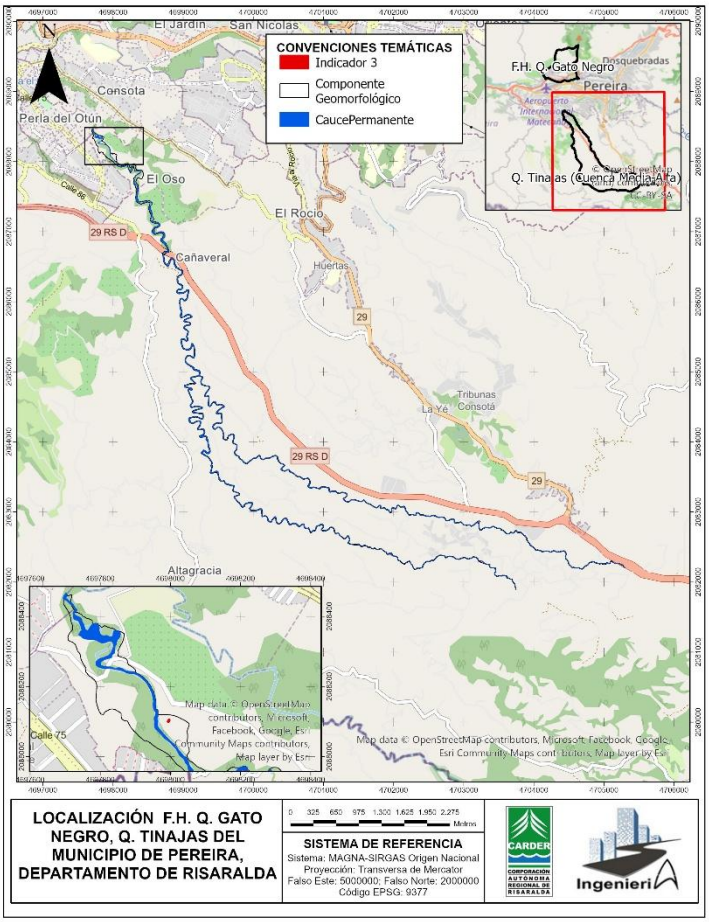


Figura 124 Mapa indicador 3 unidad hidrográfica Tinajas
Fuente: Elaboración propia

Indicador 4. % de área ocupada por vivienda urbana consolidada en el componente geomorfológico

El valor obtenido para este indicador es de 0,11 %, lo cual refleja una ocupación igualmente baja del componente geomorfológico por vivienda urbana consolidada. Esta condición es favorable, ya que este tipo de ocupación puede generar restricciones significativas a la dinámica del cauce. La baja intervención permite que los procesos geomorfológicos se desarrollen sin mayores limitaciones antrópicas. A continuación, en la **figura 125** se presenta de manera gráfica el resultado de este indicador.

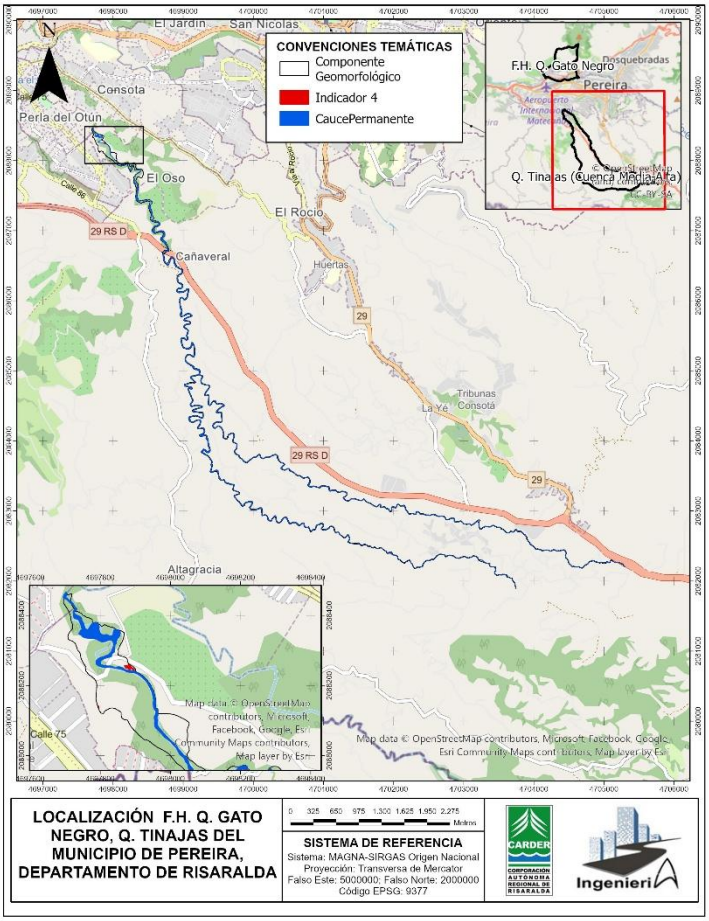


Figura 125 Mapa indicador 4 unidad hidrográfica Tinajas
Fuentes: Elaboración propia

Indicador 5. % de área de zona riparia dentro de la ronda hídrica

Este indicador presenta un valor de 48,68 %, lo que evidencia que cerca de la mitad de la ronda hídrica cuenta con presencia de vegetación riparia. Este resultado es positivo, ya que la franja riparia cumple funciones esenciales como la estabilización de taludes, regulación de la escorrentía, filtración de sedimentos y provisión de hábitat, contribuyendo significativamente a la funcionalidad ecológica e hidrológica del sistema. A continuación, en la **figura 126** se presenta de manera gráfica el resultado de este indicador.

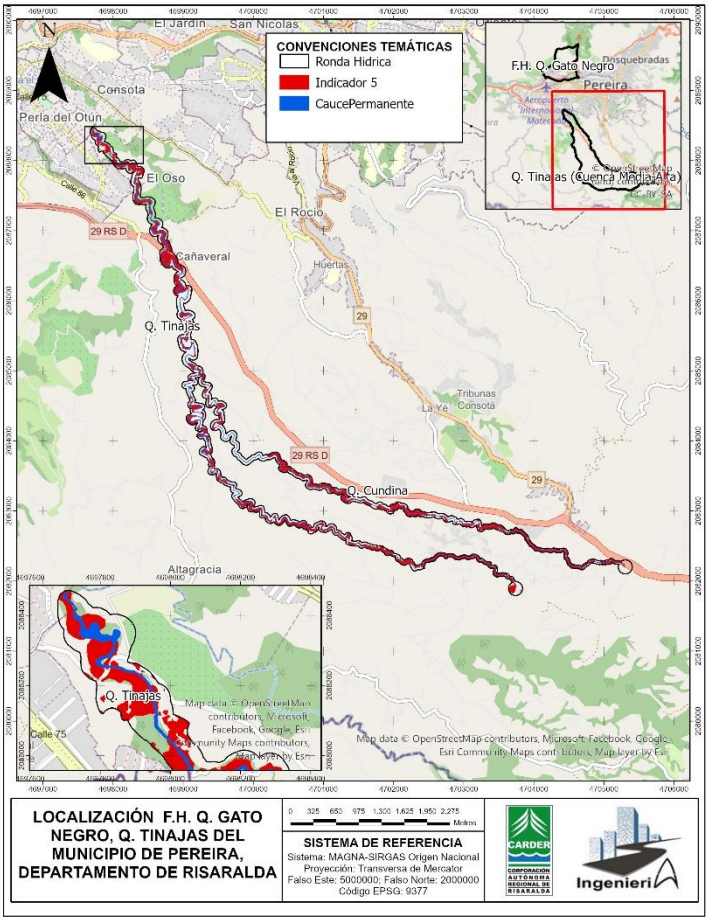


Figura 126 Mapa indicador 5 unidad hidrográfica Tinajas
Fuente: Elaboración propia

Indicador 6. % de área ocupada por territorios agrícolas en la ronda hídrica

El valor calculado para este indicador es de 50,45 %, lo cual indica que más de la mitad del área de la ronda hídrica se encuentra bajo uso agrícola. Esta condición representa una presión antrópica importante sobre el sistema, particularmente en el área de protección o conservación aferente, ya que puede generar impactos asociados a la modificación de las propiedades del suelo, incremento de la escorrentía superficial y afectación de la calidad del agua. A continuación, en la **figura 127** se presenta de manera gráfica el resultado de este indicador.

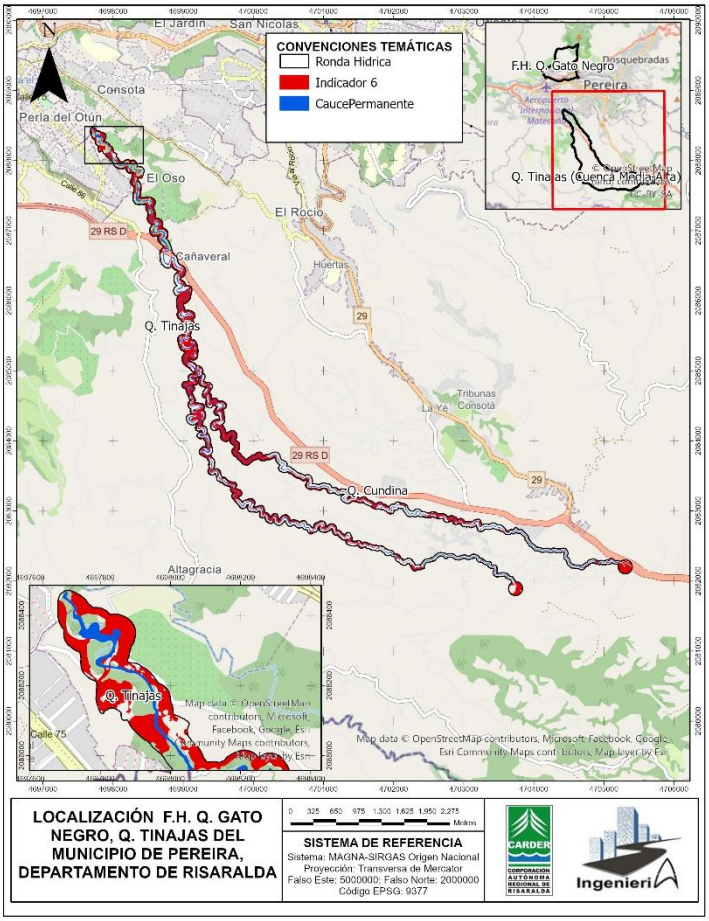


Figura 127 Mapa indicador 6 unidad hidrográfica Tinajas
Fuente: Elaboración propia

10.2.2 Cálculo de indicadores para la unidad hidrográfica Quebrada Gato Negro

Indicador 1. % de área ocupada por vivienda dispersa en el componente hidrológico

El valor obtenido para este indicador es de 0,58 %, lo que evidencia una ocupación baja del componente hidrológico por vivienda dispersa. Aunque el valor es superior al registrado en la quebrada Tinajas, sigue representando una intervención limitada sobre las áreas destinadas a la regulación del flujo hídrico, expansión de crecientes y disipación de energía. No obstante, este incremento relativo sugiere una mayor presión antrópica que deberá ser monitoreada para evitar afectaciones en la funcionalidad hidráulica del sistema. A continuación, en la **figura 128** se presenta de manera gráfica el resultado de este indicador.

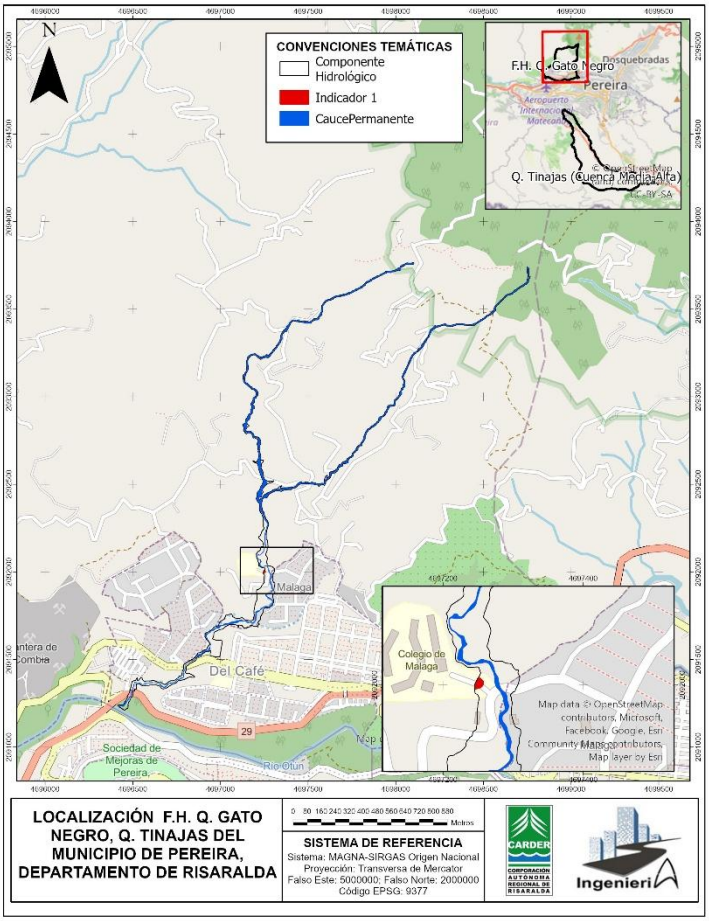


Figura 128 Mapa indicador 1 unidad hidrográfica Gato Negro
Fuente: Elaboración propia

Indicador 2. % de área ocupada por vivienda urbana consolidada en el componente hidrológico

Para este indicador se obtuvo un valor de 0,15 %, lo cual indica una ocupación muy baja por vivienda urbana consolidada en el componente hidrológico. Este resultado es favorable, ya que este tipo de ocupación suele generar impactos más intensivos asociados a impermeabilización y modificación del terreno. En este caso, la baja presencia de este uso contribuye a mantener la dinámica hidrológica natural. A continuación, en la **figura 129** se presenta de manera gráfica el resultado de este indicador.

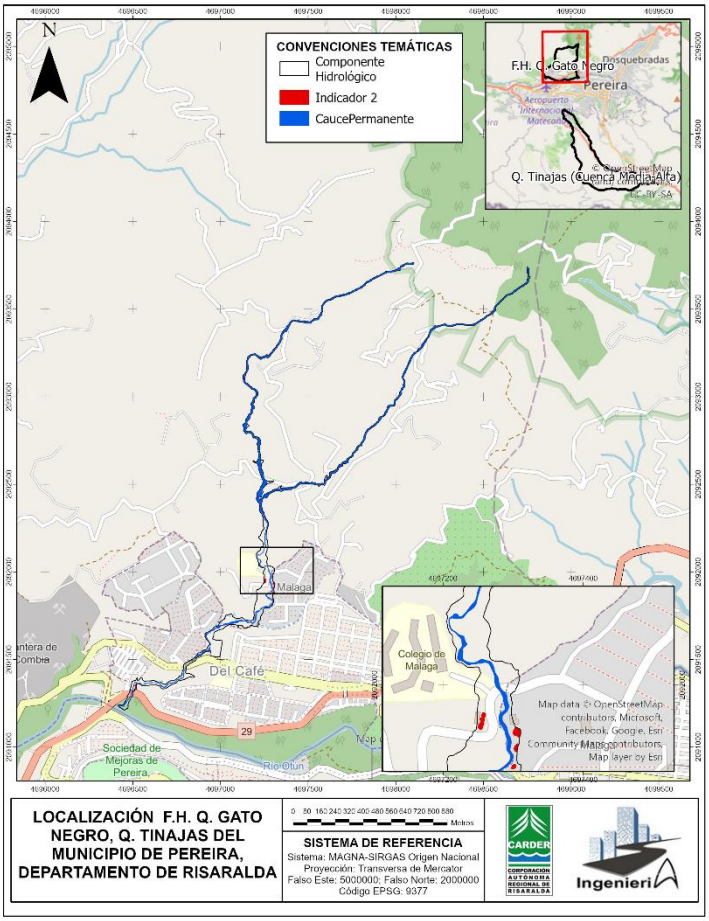


Figura 129 Mapa indicador 2 unidad hidrográfica Gato Negro
Fuente: Elaboración propia

Indicador 3. % de área ocupada por vivienda dispersa en el componente geomorfológico

El valor calculado para este indicador es de 0,44 %, lo que evidencia una ocupación baja, aunque mayor en comparación con la unidad hidrográfica de Tinajas. Esto indica que existe una intervención moderada en áreas asociadas a procesos de erosión, sedimentación y movilidad del cauce. Si bien no representa una condición crítica, esta ocupación puede empezar a generar alteraciones en la estabilidad geomorfológica si no se controla adecuadamente. A continuación, en la **figura 130** se presenta de manera gráfica el resultado de este indicador.

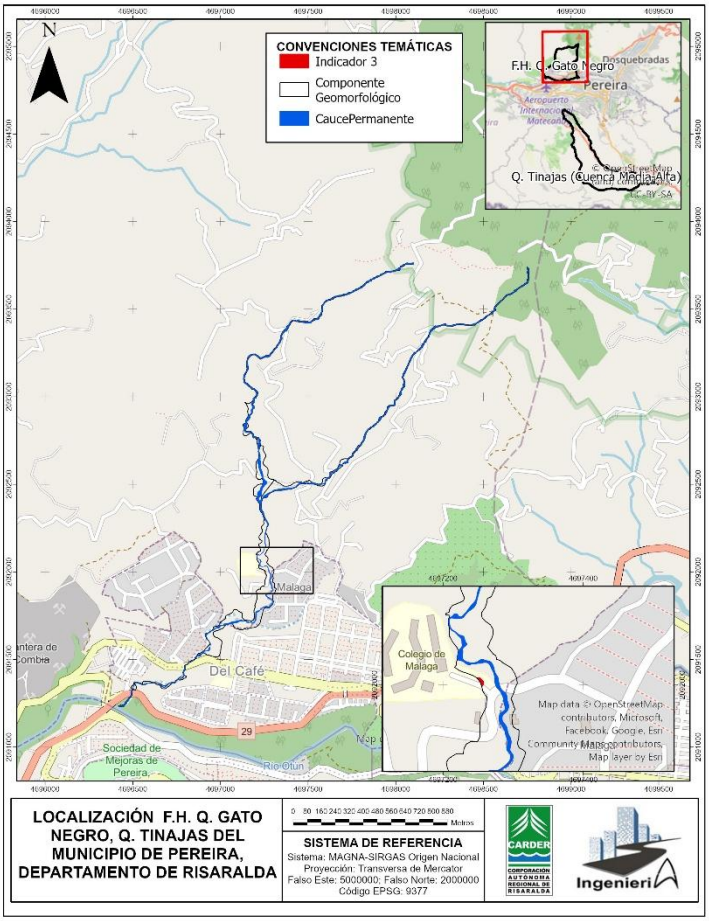


Figura 130 Mapa indicador 3 unidad hidrográfica Gato Negro
Fuente: Elaboración propia

Indicador 4. % de área ocupada por vivienda urbana consolidada en el componente geomorfológico

Este indicador presenta un valor de 0,04 %, lo que refleja una ocupación prácticamente nula del componente geomorfológico por vivienda urbana consolidada. Esta condición es altamente favorable, ya que permite que los procesos de ajuste y evolución del cauce se desarrollen sin interferencias significativas asociadas a infraestructura rígida. A continuación, en la **figura 131** se presenta de manera gráfica el resultado de este indicador.

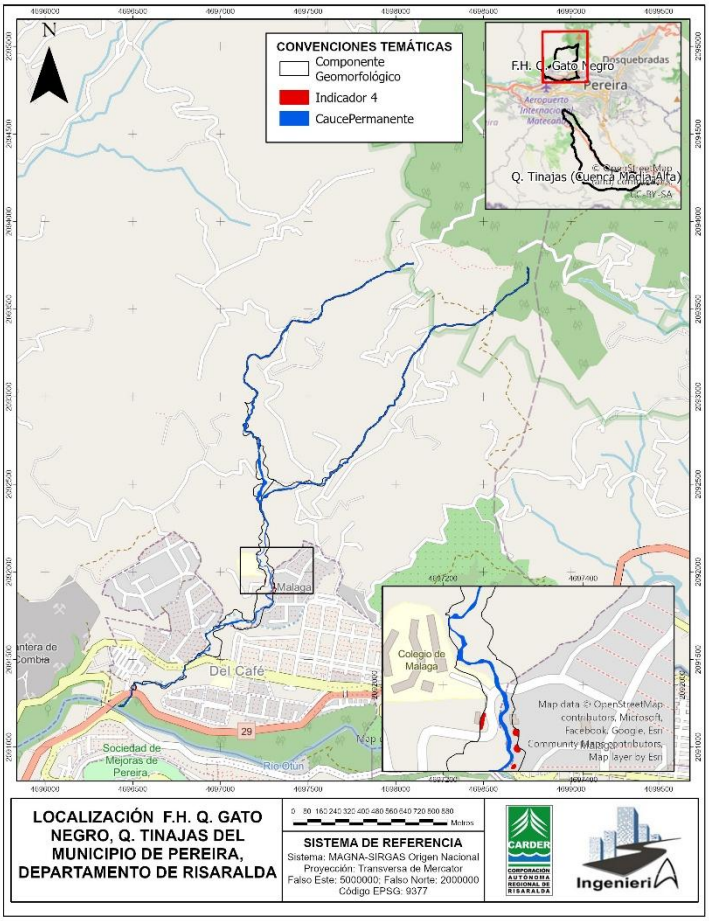


Figura 131 Mapa indicador 4 unidad hidrográfica Gato Negro
Fuente: Elaboración propia

Indicador 5. % de área de zona riparia dentro de la ronda hídrica

El indicador alcanza un valor de 50,86 %, evidenciando que más de la mitad de la ronda hídrica cuenta con presencia de vegetación riparia. Este resultado es positivo, ya que la franja riparia cumple funciones fundamentales en la estabilización de taludes, regulación de la escorrentía, filtración de sedimentos y provisión de hábitat, contribuyendo a la funcionalidad ecológica e hidrológica del sistema. A continuación, en la **figura 132** se presenta de manera gráfica el resultado de este indicador.

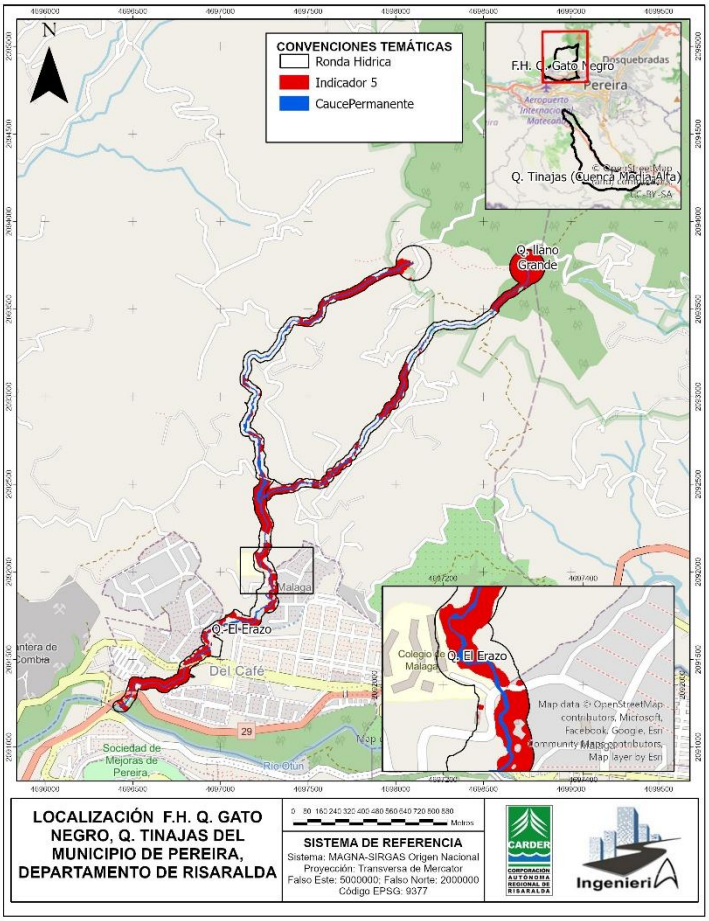


Figura 132 Mapa indicador 5 unidad hidrográfica Gato Negro
Fuente: Elaboración propia

Indicador 6. % de área ocupada por territorios agrícolas en la ronda hídrica

El valor obtenido es de 44,21 %, lo que indica una ocupación significativa de la ronda hídrica por actividades agrícolas, aunque menor en comparación con la unidad hidrográfica de Tinajas. Esta condición refleja una presión antrópica importante sobre el sistema, especialmente en el área de protección o conservación aferente, lo que puede generar impactos asociados a la modificación del suelo, aumento de la escorrentía y posibles afectaciones en la calidad del agua. A continuación, en la **figura 133** se presenta de manera gráfica el resultado de este indicador.

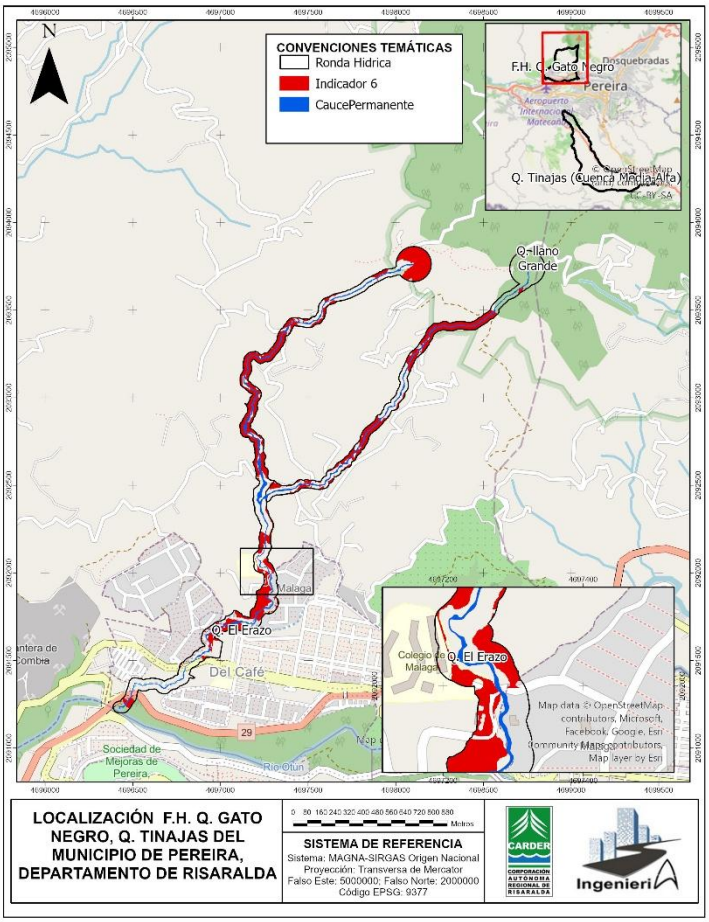


Figura 133 Mapa indicador 6 unidad hidrográfica Gato Negro
Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La delimitación del cauce permanente y de la ronda hídrica se realizó conforme a los lineamientos establecidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, garantizando la coherencia metodológica en la evaluación de los componentes hidrológico, geomorfológico y ecosistémico. Esto permite asegurar que los resultados obtenidos son técnicamente sólidos y comparables con otros estudios desarrollados bajo la misma normativa.

El análisis integral de los tres componentes evidencia que la delimitación de la ronda hídrica no depende únicamente de las condiciones hidráulicas del cauce, sino que responde a la interacción de procesos hidrológicos, dinámicas geomorfológicas y características ecosistémicas, lo cual resalta la importancia de un enfoque multidisciplinario en este tipo de estudios.

Se identificó que el componente ecosistémico presenta la mayor extensión dentro de la delimitación de las rondas hídricas en el área de estudio, lo que indica una alta relevancia de los servicios ecosistémicos asociados al cuerpo de agua, tales como la regulación hídrica, la conectividad ecológica y la conservación de hábitats ribereños, además la predominancia del componente ecosistémico sugiere que las condiciones ambientales y de cobertura vegetal juegan un papel determinante en la definición de la ronda hídrica, incluso por encima de las condiciones estrictamente hidráulicas o morfológicas, lo cual es consistente con los principios de protección y conservación establecidos en la normativa vigente

La integración de los tres componentes permitió definir una ronda hídrica que no solo responde a criterios técnicos de inundabilidad, sino que también incorpora aspectos de sostenibilidad ambiental, contribuyendo a la gestión integral del recurso hídrico y a la reducción del riesgo asociado a eventos hidrológicos extremos, por otro lado los resultados obtenidos constituyen una herramienta fundamental para la planificación territorial, la gestión del riesgo y la toma de decisiones en el ordenamiento del territorio, al establecer una delimitación técnica que orienta la protección de las zonas aledañas al cauce.

A partir del desarrollo del presente estudio, que integró el análisis de los componentes hidrológico, geomorfológico y ecosistémico, la evaluación de servicios ecosistémicos, la zonificación ambiental, la formulación de estrategias de manejo y la construcción de indicadores de seguimiento, se concluye que las rondas hídricas de las unidades hidrográficas de las quebradas Tinajas (cuenca media–alta) y Gato Negro constituyen elementos estructurantes del territorio, fundamentales para la regulación hídrica, la estabilidad geomorfológica y la conectividad ecológica.

En términos generales, se evidencia que los componentes hidrológico y geomorfológico presentan bajos niveles de ocupación antrópica, lo cual favorece la funcionalidad natural del sistema fluvial, permitiendo la libre expansión de crecientes, la disipación de energía y la evolución dinámica del cauce. No obstante, se identifican presiones importantes en el área de protección o conservación aferente, principalmente asociadas a actividades agrícolas, las cuales, aunque no siempre implican ocupaciones permanentes, generan transformaciones en el suelo y pueden afectar la calidad del agua, la escorrentía y la integridad del ecosistema.

El análisis de los servicios ecosistémicos permitió establecer una relación directa entre el estado de las coberturas del suelo y la capacidad del sistema para proveer funciones ecológicas clave. En este sentido, las áreas con presencia de vegetación riparia conservada presentan condiciones favorables para la regulación hídrica, la retención de sedimentos y la provisión de hábitat, mientras que las zonas intervenidas evidencian una disminución en dichas funciones, lo que resalta la importancia de conservar y restaurar estas coberturas.

La zonificación ambiental, materializada a través de la definición de zonas homogéneas, permitió interpretar el territorio de manera integral, articulando variables biofísicas y niveles de intervención, y constituyéndose en un instrumento clave para orientar la toma de decisiones. A partir de esta, se definieron estrategias de manejo ambiental de preservación, restauración y uso sostenible, las cuales responden de manera coherente a las condiciones del territorio y a las presiones identificadas, priorizando la protección de las áreas más sensibles, la recuperación de zonas degradadas y la regulación de actividades en sectores intervenidos.

La formulación de indicadores permitió establecer una línea base del estado actual de la ronda hídrica, evidenciando tanto condiciones favorables de conservación como presiones antrópicas que requieren gestión. Estos indicadores se constituyen en una herramienta fundamental para el seguimiento y evaluación de las estrategias propuestas, permitiendo medir la evolución del sistema en el tiempo y apoyar la toma de decisiones por parte de la autoridad ambiental. Así mismo, representan un insumo estratégico para los diferentes entes territoriales, en tanto facilitan la incorporación de criterios ambientales en los instrumentos de planificación y ordenamiento del territorio, como los Planes de Ordenamiento Territorial (POT), Planes de Desarrollo y Planes de Gestión del Riesgo, permitiendo orientar la priorización de inversiones, la focalización de acciones de conservación y restauración, y la regulación de usos del suelo en áreas sensibles. De igual forma, su aplicación fortalece los procesos de monitoreo y seguimiento ambiental, al permitir evaluar la efectividad de las intervenciones implementadas, identificar oportunamente cambios en las condiciones del sistema hídrico y promover una gestión articulada del territorio basada en información técnica.

Finalmente, se concluye que la gestión efectiva de la ronda hídrica requiere una articulación institucional y territorial, que involucre a la autoridad ambiental, las entidades territoriales y los actores locales, así como la incorporación de estos determinantes en los instrumentos de ordenamiento territorial. La integración del conocimiento técnico con los saberes locales y la memoria histórica fortalece la pertinencia de las estrategias propuestas y contribuye a su implementación en el territorio; En este sentido, durante las mesas de articulación interinstitucional desarrolladas con entidades como Aguas y Aguas de Pereira y acueductos comunitarios como Acuasat, se identificó que la quebrada Tinajas es considerada como una fuente potencial de abastecimiento a futuro para la ciudad de Pereira, lo que resalta la importancia estratégica de su protección, conservación y manejo adecuado. Esta condición refuerza la necesidad de implementar de manera prioritaria las estrategias de preservación, restauración y uso sostenible planteadas en el presente estudio, garantizando la sostenibilidad del recurso hídrico y su disponibilidad para las generaciones futuras.

CAPÍTULO 12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barrios Castillo, A. G., & Guzmán Moncaleano, C. A. (2015). Estado del arte de las metodologías para delimitación de Rondas Hídricas en el contexto internacional y local. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004.

Cardona-Plazas, Sergio A., Castrillón-Valderrutén, María del C., & Armbrecht, Inge. (2025). Restauración ecológica participativa: promoviendo la conservación del bosque seco tropical urbano en Cali, Colombia. Colombia Forestal, 28(2), e22673. Epub July 21, 2025.https://doi.org/10.14483/2256201x.22673.

CITES. (2022). Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. Version 2022-6. En línea: https://cites.org/sites/default/files/esp/app/2022/S-Appendices-2022-06-22.pdf.

Contraloría Municipal de Pereira. (2023). Informe anual del estado de los recursos naturales y del ambiente. Agua, suelo, aire, fauna y flora.

Corporación Autónoma Regional de Risaralda – CARDER. (2019). Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Otún. Libro técnico. Pereira, Colombia.

Corporación Autónoma Regional de Risaralda – CARDER. (2019). Conociendo nuestra cuenca del rio Otún, Un recorrido por su territorio". Cartilla Educativa. Dirección de Proyección Social. Universidad Católica de Pereira.

Corporación Autónoma Regional de Risaralda (CARDER). (2019). Ajuste del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Otún (POMCA): Áreas de manejo especial del recurso hídrico (AMSPRH) – Cuenca alta y media. Pereira, Colombia.

Corporación Autónoma Regional del Tolima – CORTOLIMA. (2023). Plan de manejo ambiental de la Reserva Forestal Protectora Regional Machín, en la jurisdicción del municipio de Ibagué, Tolima. Subdirección de Planificación Ambiental y Desarrollo Sostenible Procedimiento Ecosistemas Estratégicos y Áreas Protegidas.

Espinosa Baquero, A. (2020). A model of the Quindio and Risaralda Quaternary Deposits. Chapter 9. Volume 4.

Fernández, R. (2010). Importancia y ventajas de Erythrina sp. en sistemas agrofo-restales. Xilema, 51-55. https://bityl.co/GyH4.

García-Velásquez, Luz M., Ríos-Quintana, Adriana, & Molina-Rico, Ligia J.. (2010). Estructura, composición vegetal y descomposición de hojarasca en el suelo, en dos sitios de un bosque nublado andino (reforestado y en sucesión espontánea), en peñas blancas, Calarcá (Quindío), Colombia. Actualidades Biológicas, 32(93), 147-164.

GBIF.org (consultado en 2026). https://www.gbif.org/es/.

González-Hernández, A., Magaña-Alejandro, M. A., & Sol-Sánchez, A. (2018). Servicios ecosistémicos brindados por Tabebuia rosea (Bertol.) DC. Centro, Tabasco, México. Revista Iberoamericana De bioeconomía Y Cambio climático, 4(7), 834–850. https://doi.org/10.5377/ribcc.v4i7.6310.

Guevara, G., & Reinoso, G. (2008). Aportes para el análisis de ecosistemas fluviales: una visión desde ambientes ribereños. Tumbaga, (2008), 109–127. Recuperado de http://dialnet.unirioja.es/servlet/fichero_articulo?codigo=3994242

Higuita, H.D., O. Díaz V., L.M. Urrea & F. Cardona N. (2014). Guía Ilustrada Flora Cañón del río Porce, Antioquia. EPM E.S.P. Universidad de Antioquia, Herbario Universidad de Antioquia - Medellín, Colombia. 264 pp.

López Mejía, P. A., & Hernández Valencia, E. J. (2009). Estudio de riesgo sobre la calidad del agua en la Empresa de Servicios Públicos de Tribunas Córcega (ESPTRI) para la formulación de estrategias de gestión ambiental del recurso hídrico. Trabajo de grado, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS. (2018). Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia (recurso electrónico). Dirección de Gestión Integrada del Recurso Hídrico. Bogotá D. C., Colombia. ISBN 978-958-5511-08-8.

Navarro-López, Jaime Alberto, Chaparro Perilla, Ruth Alejandra, Higuera, José Fernando, Lagos Bayona, Francisco Javier, Sánchez Moreno, Florinda, & Gutiérrez, Edna Patricia. (2023). Especies de plantas nativas de Bogotá, adecuadas para zonas de biorretención. Ciencia en Desarrollo, 14(1), 15-27. Epub January 02, 2023.https://doi.org/10.19053/01217488.v14.n1.2023.13942.

Organización Meteorológica Mundial. (2011). Guía de prácticas climatológicas (OMM-N° 100).

Plan de Gestión Ambiental Regional de Risaralda - PGAR (2019). Corporación Autónoma Regional de Risaralda – CARDER oficina asesora de planeación. Anexos 2: Generalidades del Territorio PGAR (2020-2039).

POMCA (2018). Actualización del plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del rio la vieja, (código 2612), en el marco del proyecto incorporación del componente de. gestión del riesgo como determinante ambiental del ordenamiento territorial en los procesos de formulación y/o actualización de planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas afectadas por el fenómeno de la niña 2010-2011. Consorcio POMCA Quindío.

Pulgarín Dávila, E. G. (2009). Estimación de curvas intensidad-duración-frecuencia basadas en las propiedades de escala de la lluvia. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia.

Quintero-Vallejo, E., Murcia, C., & Toro, Y. A. (2010). Estructura poblacional de tres especies de árboles amenazados (Magnolia hernandezii (Lozano) Govaerts, Magnolia gilbertoi (Lozano) Govaerts y Couepia platycalyx Cuatrec.) en un bosque de niebla de los Andes Centrales de Colombia. Poster.

Serna, G., 2018. Plan de Manejo del Santuario Flora y Fauna Otún Quimbaya. Parques Nacionales Naturales de Colombia.

UICN 2025. Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. Versión 2025-2. ISSN 2307-8235. https://www.iucnredlist.org.