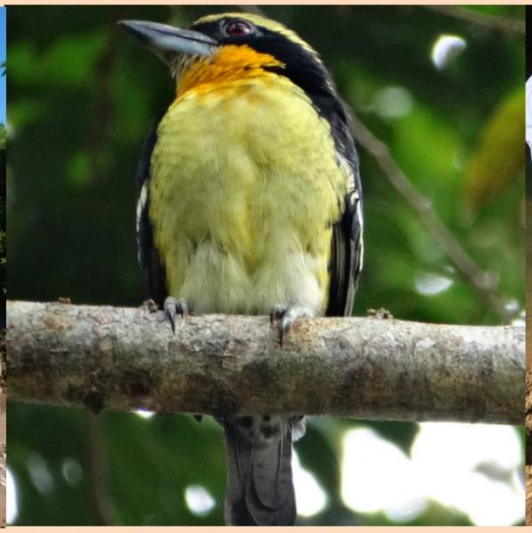
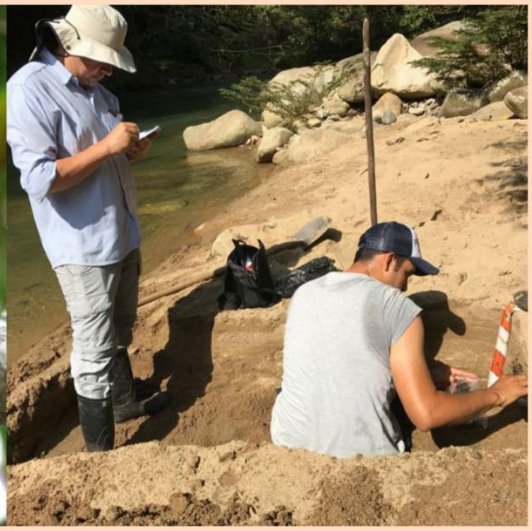
CAPITULO 3

CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO - BIÓTICO

MINAMBIENTE

MINHACIENDA

Ecointegral
Innovación & sostenibilidad

CORPOAMAZONIA
Ambiente para la paz

Fondo Adaptación

TODOS POR UN NUEVO PAÍS
PAZ EQUIDAD EDUCACIÓN

TABLA DE CONTENIDO

3. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO-BIÓTICO 34
3.1 CLIMA 35
3.1.1 Información meteorológica original y tratada. 37
3.1.2 Tratamiento de la información metereológica 41
3.1.3 Variabilidad Climatica Intra e Interanual 51
3.1.4 Caracterización del clima en la cuenca del río Hacha (temporal y espacial). 61
3.1.5 Clasificación del clima por el método de Caldas Lang. 116
3.1.6 Índice de aridez. 120
3.1.7 Identificación de Necesidades de Información. 123
3.1.8 Conclusiones y Recomendaciones 123
3.2 GEOLOGÍA 124
3.2.1 Metodología 125
3.2.2 Geología Regional 141
3.2.3 Geología Regional Estructural 152
3.2.4 Geología básica para cuencas. 153
3.2.5 Geología Económica 176
3.2.6 Geología para ingeniería 177
3.2.7 Análisis del dominio geológico con respecto a la cuenca y el aporte de los elementos requeridos para la caracterización del componente de la Gestión del Riesgos. 199
3.2.8 Conclusiones 201
3.2.9 Recomendaciones 202
3.3 HIDROGEOLOGÍA 203
3.3.1 Marco de Referencia 203
3.3.2 Metodología 204
3.3.3 Unidades Hidrogeológicas 213

3.3.4 Identificación y caracterización de unidades geológicas que puedan conformar sistemas de acuiferos 217

3.3.5 Identificación de los Usos Actuales del Recurso Hídrico Subterráneo y Usos Potenciales con Base en la Oferta y/o Calidad del Recurso 224

3.3.6 Estimación de la Oferta Hídrica Subterránea 226

3.3.7 Parámetros Hidráulicos de los Sistemas Acuíferos Identificados 229

3.3.8 Calidad de aguas subterránea 229

3.3.9 Evaluación de la vulnerabilidad de los acuíferos 231

3.3.10 Identificación y Espacialización de las Zonas que deben ser Objeto de Protección o de Medidas de Manejo Especial (Zonas de Recarga y Sistemas Lénticos) Asociados al Recurso Hídrico Subterráneo 236

3.3.11 Identificación de necesidades de información y conocimiento del componente hidrogeológico para el desarrollo del modelo hidrogeológico conceptual 237

3.4 HIDROGRAFÍA 239

3.4.1 Fuentes de información 239

3.4.2 Revisión y ajuste de los límites de la cuenca 240

3.4.3 Delimitación y codificación de las subcuencas y microcuencas abastecedoras 242

3.4.4 Caracterización de la red de drenaje 247

3.4.5 Mapa de hidrografía 254

3.4.6 Conclusiones y recomendaciones 256

3.5 MORFOMETRÍA 256

3.5.1 Párametros físicos de la cuenca 256

3.5.2 Caracteristicas de relieve de la cuenca 261

3.5.3 Características del sistema de drenaje 263

3.5.4 Tiempos de concentración 265

3.5.5 Índices morfométricos de subcuencas y microcuencas abastecedoras 269

3.5.6 Conclusiones 277

3.6 PENDIENTES 277

3.6.1 Pendientes en Porcentaje 279

3.6.2 Pendientes en Grados. 281
3.7 HIDROLOGÍA 283
3.7.1 Describir y evaluar la red de estaciones hidrológicas en la cuenca 283
3.7.2 Tratamiento de la información hidrológica 285
3.7.3 Inventario de infraestructuras hidráulicas 290
3.7.4 Sistemas lenticos en el área de la cuenca del río Hacha 294
3.7.5 Descripción y evaluación de la red de estaciones hidrológicas 296
3.7.6 Caracterización del régimen hidrológico de la cuenca del río Hacha 303
3.7.7 Estimación de caudales 326
3.7.8 Estimación de la oferta hídrica 334
3.7.9 Estimación de la demanda 337
3.7.10 Indicadores de estado del recurso hídrico 341
3.7.11 Necesidades de Información 360
3.8 CALIDAD DE AGUA 360
3.8.1 Descripción evaluación de la red de monitoreo de la calidad del recurso hídrico en la cuenca del rio Hacha. 361
3.8.2 Actividades productivas en la Cuenca del Río Hacha 390
3.8.3 Identificación de las principales actividades productivas que generan vertimientos de aguas residuales en la Cuenca del río Hacha 393
3.8.4 Estimación de Cargas Contaminantes 405
3.8.5 Análisis de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales 411
3.8.6 Campaña de Monitoreo en el marco de la actualización del POMCA del río Hacha. 412
3.8.7 Determinación del Índice de Calidad del Agua ICA 421
3.8.8 Determinación del Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua IACAL. 437
3.8.9 Prestación de servicios de aseo. 445
3.8.10 Diagnóstico De Los Factores De Contaminación De Recurso Hídrico 446
3.9 GEOMORFOLOGÍA 448
3.9.1 Geomorfología de Carvajal 448

3.9.2 Geomorfología con criterios edáficos (Zinck, 2012) 498

3.9.3 Conclusiones 533

3.10 CAPACIDAD Y USO DE LA TIERRA (CUT) 534

3.10.1 Metodología. 534

3.10.2 Ambientes Geomorfopedologicos 540

3.10.3 Clasificacion agrologica y usos propuestos 581

3.10.4 Descripción de las unidades de tierras por su capacidad de uso y uso recomendados para la cuenca del río Hacha 584

3.10.5 Usos propuestos 605

3.11 COBERTURA Y USO DE LA TIERRA 609

3.11.1 Metodología para desarrollar el componente cobertura 609

3.11.2 Metodología para el análisis multitemporal de Coberturas 611

3.11.3 Metodología calcular índices e indicadores relacionados con la cobertura 613

3.11.4 Verificación en Campo 620

3.11.5 Descripción de las coberturas y usos actuales de la tierra identificados en la cuenca del Río Hacha 622

3.11.6 Análisis multitemporal de coberturas de la tierra para la Cuenca del Río Hacha 667

3.11.7 Resultados del Análisis de los indicadores de Cobertura y Uso de la Tierra 673

3.11.8 Resultados de la evaluación del estado de las coberturas naturales y las acciones de restauración en cuencas abastecedoras de acueductos municipales y rurales 688

BIBLIOGRAFÍA 712

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Datos estaciones meteorológicas del IDEAM en el área de influencia de la Cuenca del Río Hacha. 38
Tabla 2. Datos faltantes de las estaciones del IDEAM empleadas para el análisis climático de la cuenca del río Hacha. 42
Tabla 3. Resumen de los resultados del análisis de homogeneidad para cambio en la media, la varianza y la tendencia. 51
Tabla 4. Índice Oceánico - ONI 54
Tabla 5. Clasificación de los eventos según el valor del SOI 55
Tabla 6. Coeficientes de correlación obtenidos con índices océano – atmosféricos y la precipitación 58
Tabla 7.Temperatura media mensual multianual (°C) 63
Tabla 8.Temperatura mínima mensual multianual (°C) 64
Tabla 9.Temperatura máxima mensual multianual (°C) 65
Tabla 10. Estaciones con datos de temperatura. 66
Tabla 11. Ecuaciones para las temperaturas medías, máximas y mínimas. 67
Tabla 12. Precipitación media mensual multianual (mm) 82
Tabla 13. Humedad relativa promedio (%) 90
Tabla 14. Brillo solar mensual 91
Tabla 15. Brillo Solar Promedio Mensual (h) 91
Tabla 16. Valores Mensuales de Nubosidad (Octas) 94
Tabla 17. Evaporación media mensual multianual (mm) 98
Tabla 18. Caudales reales y estimados en las estaciones de medición de caudal al interior de la cuenca 111
Tabla 19. Caudal medio de largo plazo para las subcuencas del río Hacha. 111
Tabla 20. Balance hidroclimático mensual - Directos Parte Baja (4403-06-01)... 114
Tabla 21. Balance hidroclimático mensual - Quebrada La Batea (4403-06-02) .. 115
Tabla 22. Pisos térmicos de Caldas 116
Tabla 23. Grado de humedad Lang 117
Tabla 24. Tipos climáticos sistema Caldas Lang. 117
Tabla 25. Clasificación climática según Modelo De Caldas – Lang 118
Tabla 26. Clasificación del Índice de Aridez 120
Tabla 27. Distribución del índice de aridez por subcuencas del río Hacha 121
Tabla 28. Información consolidada para el componente de Geología – Geomorfología en la actualización del POMCA del río Hacha. 128
Tabla 29. Inventario de puntos para ruta geología día 1. 135
Tabla 30. inventario de puntos para ruta geología día 2. 136
Tabla 31.Inventario de puntos para ruta geología día 3. 136
Tabla 32. Inventario de puntos para ruta geología día 4. 137
Tabla 33. Inventario de puntos para ruta geología día 5. 138

Tabla 34. Iinventario de puntos para ruta geología día 6. 138
Tabla 35. Perfil de meteorización Macizo garzón en la cuenca del río Hacha. ... 158
Tabla 36. Perfil de meteorización formación caballos en la cuenca del río Hacha. 162
Tabla 37. Perfil de meteorización formación villetas en la cuenca del río Hacha. 163
Tabla 38. Perfil de meteorización de la Formación Pepino. 166
Tabla 39. Síntesis de unidades litoestratigráficas presentes en la cuenca del río Hacha 171
Tabla 40. Clasificación de las unidades geológicas de roca de acuerdo a su dureza 186
Tabla 41. Resumen de los limittes de atterberg y clasificación de Casagrande.. 187
Tabla 42. Lecturas de resistencia en suelos residuales obtenidas en campo por medio del penetrómetro de bolsillo. 190
Tabla 43. Numero de juntas presentes en los macizos rocos de la cuenca del río Hacha generadas por las fallas y sitemas de fallas que afectan la cuenca 197
Tabla 44. Coordenadas de la ruta programada para el Sector 1. 209
Tabla 45. Coordenadas de la ruta programada para el Sector 2. 210
Tabla 46. Coordenadas de la ruta programada para el Sector 3. 210
Tabla 47. Coordenadas de la ruta programada para el Sector 4. 211
Tabla 48. Coordenadas de la ruta programada para el sector 5. 211
Tabla 49. Coordenadas de la ruta programada para el día 6. 212
Tabla 50. Unidades Hidrogeológicas en la Cuenca del Río Hacha 222
Tabla 51. Usos del Agua en la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha – Municipio de Florencia (Caquetá) 225
Tabla 52. Concesión de Aguas Subterráneas Estación de Servicio Cofema 226
Tabla 53. Oferta Hídrica Subterránea de las Unidades Acuíferas en la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha 227
Tabla 54. Análisis de calidad de agua aportador por lavadero RAPICAR´S Florencia 230
Tabla 55. Análisis de calidad de agua estación de Servicio Cofema 230
Tabla 56. Categorías de Vulnerabilidad, Método GOD 232
Tabla 57. Vulnerabilidad Unidades Acuíferas en la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha, Método GOD 233
Tabla 58. Actividades Desarrolladas en Zonas de Recarga de la cuenca del río Hacha. 234
Tabla 59. Relación numeración subcuencas delimitadas en la cuenca del río Hacha – nombre y codificación 245
Tabla 60. Relación numeración microcuencas abastecedoras de centros urbanos y poblados delimitadas en la cuenca del río Hacha – nombre (microcuenca) y codificación 247
Tabla 61.Distribución de los órdenes de Horton por porcentaje en la cuenca..... 248
Tabla 62. Clasificación de cauces – patrón de alineamiento 251
Tabla 63. Caracterización de la red de drenaje – Cuenca y subcuencas 252

Tabla 64. Caracterización de la red de drenaje – microcuencas 253
Tabla 65. Índice de compacidad para la evaluación de la forma 259
Tabla 66. Clasificación del factor de forma 259
Tabla 67. Índice de alargamiento 260
Tabla 68. Índice asimétrico 261
Tabla 69. Clasificación de las cuencas de acuerdo con la pendiente 262
Tabla 70. Parámetros morfométricos de las subcuencas 270
Tabla 71. Parámetros de forma de las subcuencas 272
Tabla 72. Parámetros morfométricos microcuencas abastecedoras de centros urbanos y poblados 274
Tabla 73. Parámetros de forma microcuencas abastecedoras de centros urbanos y poblados 275
Tabla 74.Clasificación de pendientes en porcentaje. 279
Tabla 75. Rangos de pendientes en porcentaje en la cuenca del río Hacha 279
Tabla 76. Clasificación de pendientes en grados. 281
Tabla 77. Rangos de pendientes en grados en la cuenca del río Hacha 281
Tabla 78. Datos de las estaciones hidrológicas en el área de influencia de la cuenca del río Hacha 284
Tabla 79. Datos faltantes en las estaciones 286
Tabla 80. Prueba de Mann-Kendall para cada parámetro de las estaciones hidrológicas 287
Tabla 81. Coordenadas Bocatomas SERVAF 290
Tabla 82. Caudales captados Bocatoma El Caraño 291
Tabla 83. Información de captaciones superficiales en la cuenca del río Hacha 291
Tabla 84. Inventario de humedales urbanos 295
Tabla 85. Valores Medios Mensuales de Sedimentos Estación Itarca (Kg/m^3) ... 302
Tabla 86. Valores Medios Mensuales de Sedimentos Estación Larandia (Kg/m^3) 303
Tabla 87. Rangos empleados para la calibración del modelo hidrológico 313
Tabla 88. Parámetros del modelo lluvia escorrentía por subcuenca 315
Tabla 89. Caudales medios mensuales y rendimiento hídrico para las subcuencas (caudal m^3/s). 318
Tabla 90. Caudales medios mensuales y rendimiento hídrico para las microcuencas abastecedoras (caudal m^3/s). 319
Tabla 91. Caudales mínimos para diferentes períodos de retorno en las subcuencas del río Hacha. (Caudales m3/s) 320
Tabla 92. Caudales mínimos para diferentes períodos de retorno para las microcuencas abastecedoras de centros poblados en la cuenca del río Hacha. (Caudales m^3/s) 321
Tabla 93. Cálculo del Números de curva, tiempo para las subcuencas 323
Tabla 94. Caudales máximos estimados para las subcuencas (m^3/s) 325
Tabla 95. Caudales extremos estimados para las microcuencas abastecedoras de la Cuenca del Río Hacha (m^3/s) 326

Tabla 96. Caudales ambientales para las subcuencas aplicando las metodologías 1 y 2 (Caudal m3/s) 328
Tabla 97. Caudales ambientales para las microcuencas aplicando las metodologías 1 y 2 (Caudal l/s). 329
Tabla 98. Caudales ambientales para las subcuencas en condición hidrológica El Niño, metodología 3. 330
Tabla 99. Caudales ambientales para las microcuencas en condición hidrológica El Niño, metodología 3. 331
Tabla 100. Caudales ambientales para las subcuencas en condición hidrológica Neutra, metodología 3. 331
Tabla 101. Caudales ambientales para las microcuencas en condición hidrológica Neutra, metodología 3. 332
Tabla 102. Caudales ambientales para las subcuencas en condición hidrológica La Niña, metodología 3. 333
Tabla 103. Caudales ambientales para las microcuencas en condición hidrológica La Niña, metodología 3. 334
Tabla 104. Oferta disponible para las subcuencas del río Hacha (caudal en m3/s). 335
Tabla 105. Oferta disponible para las microcuencas abastecedoras del río Hacha (caudal en m^3/s). 336
Tabla 106. Concesiones en cada subcuenca de la cuenca del río Hacha 338
Tabla 107. Demanda potencial de la cuenca del río Hacha 341
Tabla 108. Índice de Regulación Hídrica – IRH. 343
Tabla 109. Resultados del Índice de retención y regulación hídrica en las subcuenca. 343
Tabla 110. Resultados del Índice de retención y regulación hídrica en las microcuenca. 344
Tabla 111. Rangos y categorías del Índice de uso del agua (IUA). 348
Tabla 112. Índice de uso del agua condición hidrológica media. 349
Tabla 113. Índice de uso del agua condición hidrológica seca – metodología 7Q10. 351
Tabla 114. Matriz de relación para caracterizar el índice de vulnerabilidad al desabastecimiento (IVH). 355
Tabla 115. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para las subcuencas del río Hacha para la condición hidrológica media. 356
Tabla 116. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para las subcuencas del río Hacha para la condición hidrológica seca – metodología 7Q10. 357
Tabla 117 Fuentes hídricas monitoreadas en los departamentos de Caquetá, Putumayo y Amazonas, para el programa de monitoreo de calidad de agua de los años 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2014 y 2015. 363
Tabla 118. Puntos de monitoreo de CORPOAMAZONIA para la cuenca del rio Hacha. 368

Tabla 119. Parámetros de calidad físico químicos usados en el programa de monitoreo de calidad de agua realizado por CORPOAMAZONIA 369
Tabla 120. Parámetros exigidos por el IDEAM para el análisis de Calidad del Agua. 370
Tabla 121. Clasificación del “ICA 371
Tabla 122. Clasificación de usos del agua 372
Tabla 123 Clases de curso de agua superficiales. 373
Tabla 124 Usos del Agua 373
Tabla 125. Criterios presuntivos de la calidad para la estimación de la DBO5 ... 373
Tabla 126. Usos del Agua según Decreto 1594 de 1984 374
Tabla 127 Análisis Fisicoquímico Quebrada el Dedo CORPOAMAZONIA 2015 375
Tabla 128 Análisis Fisicoquímico Quebrada la Sardina CORPOAMAZONIA 2015 376
Tabla 129. Análisis Fisicoquímico Quebrada la Perdiz CORPOAMAZONIA 2015 377
Tabla 130 Análisis Fisicoquímico Río Hacha CORPOAMAZONIA 2015..... 378
Tabla 131. Puntos de monitoreo de SERVAF. S.A E.S.P. en la cuenca del rio Hacha. 379
Tabla 132. Parámetros de calidad físico químicos usados..... 380
Tabla 133 Análisis Fisicoquímico quebrada El Dedo SERVAF. S.A. E.S.P 381
Tabla 134 Análisis Fisicoquímico quebrada la Sardina SERVAF. S.A. E.S.P 382
Tabla 135. Análisis Fisicoquímico quebrada la Perdiz SERVAF. S.A. E.S.P 383
Tabla 136. Análisis Fisicoquímico río Hacha SERVAF. S.A. E.S.P..... 383
Tabla 137 Puntos de monitoreo usados por la Universidad de la Amazonia..... 384
Tabla 138. Puntos de monitoreo adicionales..... 386
Tabla 139. Distribución de cultivos en la cuenca del rio Hacha, según la producción de cada corregimiento (Ha). 391
Tabla 140. Distribución de ganado en los corregimientos de la cuenca del rio Hacha. Número de cabezas de ganado 392
Tabla 141. Cargas contaminantes de los vertimientos de aguas residuales domésticas de Florencia..... 394
Tabla 142. Caracterización de Vertimientos de Tipo Doméstico. 398
Tabla 143. Caracterización de Vertimientos de Tipo Industrial. 400
Tabla 144. Coberturas asociadas al desarrollo de actividades agropecuarias en la cuenca..... 400
Tabla 145. Puntos definidos por CORPOAMAZONIA para el establecimiento de los objetivos de calidad. 406
Tabla 146. Cargas generadas en la cuenca Rio Hacha 407
Tabla 147. Estimación de Cargas permisibles para DBO y SST en la cuenca Rio Hacha 408
Tabla 148. Estimación de cargas de tipo doméstico en la cuenca Rio Hacha 409
Tabla 149. Estimación de Cargas de tipo industrial en la cuenca Rio Hacha..... 409
Tabla 150. Estimación de cargas sector comercial y de servicios..... 410

Tabla 151.Estimación de cargas para el sector cafetero 410
Tabla 152. Inventario de puntos de vertimientos del sector sacrificio 411
Tabla 153. Caracterización de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales. 411
Tabla 154. Valoración de criterios de las subcuencas identificadas para la selección de puntos de muestreo de calidad de agua..... 413
Tabla 155. Coordenadas geográficas de los puntos de monitoreo sobre el cauce principal del río Caraño. 415
Tabla 156. Coordenadas geográficas de los puntos de monitoreo sobre el cauce principal de la quebrada Las Doradas..... 416
Tabla 157. Coordenadas geográficas del punto de monitoreo sobre el cauce principal de la quebrada El Dedito..... 416
Tabla 158. Parámetros y métodos a evaluar en laboratorio para el análisis físico, químico y microbiológico de los puntos de muestreo. 418
Tabla 159.Resultados físicoquímicos en fuentes priorizadas en la temporada seca 420
Tabla 160. Resultados físicoquímicos en fuentes priorizadas en la temporada de lluvias. 420
Tabla 161. Criterios para la interpretación del Oxigeno Disuelto..... 423
Tabla 162. Criterios para la interpretación de Solidos Suspendidos Totales..... 423
Tabla 163.Criterios para la interpretación de DQO 424
Tabla 164. Criterios para la interpretación de CE..... 425
Tabla 165. Criterios para la interpretación de CE..... 425
Tabla 166. Criterios para la interpretación de pH 426
Tabla 167. Variables y ponderaciones 427
Tabla 168. Variables y ponderaciones del ICA..... 428
Tabla 169. Comparativos en los resultados del cálculo del ICA, monitoreo 2010430
Tabla 170. Comparativos en los resultados del cálculo del ICA, monitoreo 2012431
Tabla 171. Parámetros físico químicos y ponderaciones para el cálculo del ICA, con base en los resultados del análisis de calidad del agua presentados en el programa de monitoreo 2015. 431
Tabla 172. Cálculo del ICA, con base en los resultados del análisis de calidad del agua presentados en el programa de monitoreo 2015..... 432
Tabla 173. Cálculo del ICA, con base en los resultados del análisis de calidad del agua presentados en el PSMV 2013 – 2014. 433
Tabla 174. Resultados del ICA fuentes monitoreadas, de acuerdo a las campañas de muestreo. 434
Tabla 175. Valores para cada una de las variables de calidad. 439
Tabla 176. Rangos del IACAL categoría nacional..... 439
Tabla 177.Consolidado de cargas y caudales para cálculo de IACAL 440
Tabla 178. Recategorización para los niveles de clasificación de las cargas contaminantes en el cálculo del IACAL 440
Tabla 179. IACAL por carga total para cada fuente hídrica..... 441

Tabla 180. Categoría de presión por cada contaminante para año seco por fuente hídrica..... 443
Tabla 181. Categoría de presión por cada contaminante para año medio por fuente hídrica..... 444
Tabla 182. Fichas verdales para la caracterización del servicio de Aseo. 445
Tabla 183. Cobertura de acueducto por estrato año 2013 446
Tabla 184. Cobertura de alcantarillado año 2013..... 447
Tabla 185. Estmaciones de vertimientos de fuentes receptoras 447
Tabla 186. Clasificación de los movimientos en masa. 458
Tabla 187. Subunidades identificadas en la cuenca del río Hacha. 461
Tabla 188. Inventario de deslizamientos en la cuenca del río Hacha..... 481
Tabla 189. Unidades geomorfológicas según la clasificación de Zinck (2012).... 501
Tabla 190. Paisajes, tipo de relieve y litología /sedimentos 517
Tabla 191. Clasificación de relieve relativo. 519
Tabla 192. Relieve relativo en la cuenca alta del río Hacha..... 521
Tabla 193. Inclinación de laderas en la cuenca del río Hacha. 521
Tabla 194. Áreas de la Cuenca del Río Hacha. 535
Tabla 195. Distribución de Observaciones en campo. 536
Tabla 196. Leyenda de suelos 537
Tabla 197. Morfología del perfil H4 Oxic Dystrudepts, familia muy fina, isohipertérmica. 541
Tabla 198. Propiedades Físico-Químicas Perfil H4..... 541
Tabla 199. Morfología del perfil H3 Typic Hapludox Familia muy Fina..... 542
Tabla 200. Propiedades Físico-Químicas Perfil H3..... 543
Tabla 201. Morfología de los Misceláneos Rocosos 544
Tabla 202. Morfología del perfil H8 Typic Hapludox familia muy fina. 545
Tabla 203. Propiedades Físico-Químicas Perfil H8..... 545
Tabla 204. Morfología del perfil H9 Typic Hapludox familia muy fina 546
Tabla 205. Propiedades Físico-Químicas Perfil H9..... 547
Tabla 206. Morfología de los Misceláneos Rocosos 548
Tabla 207. Morfología del perfil 73 Oxic Dystrudepts familia franca fina..... 549
Tabla 208. Propiedades Físico-Químicas Perfil 73 549
Tabla 209. Morfología del perfil H7 Oxic Dystrudepts familia Arenosa..... 551
Tabla 210. Propiedades Físico-Químicas Perfil H7..... 551
Tabla 211. Morfología del perfil H6 Fluventic Dystrudepts familia arenosa sobre esquelética arenosa 552
Tabla 212. Propiedades Físico-Químicas Perfil H6..... 553
Tabla 213. Morfología del perfil H5 Typic Udorthents familia arenosa sobre esquelética arenosa 554
Tabla 214. Propiedades Físico-Químicas Perfil H5..... 554
Tabla 215. Morfología del perfil H5 Typic Udorthents familia arenosa sobre esquelética arenosa. 555
Tabla 216. Propiedades Físico-Químicas Perfil H5..... 556

Tabla 217. Morfología del perfil H10 Typic Hapludox familia fina 557
Tabla 218. Propiedades Físico-Químicas Perfil H10 557
Tabla 219. Morfología del perfil H11 Typic Endoaquepts familia fina 559
Tabla 220. Propiedades Físico-Químicas Perfil H11 559
Tabla 221. Morfología del perfil H1. Oxic Dystrudepts familia muy fina 560
Tabla 222. Propiedades Físico-Químicas Perfil H1 561
Tabla 223. Morfología del perfil H2. Oxic Dystrudepts familia franca fina 562
Tabla 224. Propiedades Físico-Químicas Perfil H2 562
Tabla 225. Morfología del perfil H12. Typic Hapludox familia fina 563
Tabla 226. Propiedades Físico-Químicas Perfil H12 563
Tabla 227. Morfología del perfil SHC-130. Oxic Dystrudepts, familia franca fina, isohipertérmica. 565
Tabla 228. Propiedades Físico-Químicas Perfil SHC-130 565
Tabla 229. Morfología del perfil SHC-138. Fluvaquentic Humaquepts, franca gruesa, isohipertérmica. 566
Tabla 230. Propiedades Físico-Químicas Perfil SHC-138 567
Tabla 231. Morfología del perfil SHM-250. Fluvaquentic Endoaquepts, franca gruesa, isohipertérmica. 568
Tabla 232. Propiedades Físico-Químicas Perfil SHM-250 569
Tabla 233. Morfología del perfil SHC-152. Fluvaquentic Endoaquepts, limosa fina, isohipertérmica. 570
Tabla 234. Propiedades Físico-Químicas Perfil SHC-152 571
Tabla 235. Morfología del perfil SHC-153. Typic Endoaquents, limosa gruesa sobre arenosa, isohipertérmica. 572
Tabla 236. Propiedades Físico-Químicas Perfil SHC-153 572
Tabla 237. Morfología del perfil SHC-133. Fluvaquentic Endoaquepts, franca fina, isohipertérmica. 574
Tabla 238. Propiedades Físico-Químicas Perfil SHC-133 574
Tabla 239. Morfología del perfil SHC-128. Fluvaquentic Endoaquepts, franca gruesa, isohipertérmica. 575
Tabla 240. Propiedades Físico-Químicas Perfil SHC-128 576
Tabla 241. Morfología del perfil SHC-164. Fluvaquentic Endoaquepts, limosa fina, isohipertérmica. 577
Tabla 242. Propiedades Físico-Químicas Perfil SHC-164 578
Tabla 243. Morfología del perfil SHM-211. Aquic Udifluvents, franca gruesa sobre esquelética franca, isohipertérmica. 578
Tabla 244. Propiedades Físico-Químicas Perfil SHM-211 579
Tabla 245. Subclases por Capacidad 582
Tabla 246. Clases y Subclases por capacidad en la cuenca del río Hacha. 582
Tabla 247. Leyenda de las unidades de capacidad de uso de las tierras. 583
Tabla 248. Leyenda de las unidades de capacidad de uso de las tierras. 605
Tabla 249.Calificación en el análisis multitemporal de cobertura de la cuenca del Río Hacha 612

Tabla 250. Tipologías de fragmentación según rangos del índice de fragmentación de Steenmans y Pinborg (2000) 615
Tabla 251. Ficha metodologíca para la estimación del Índice de Fragmentación (IF) de la cuenca del Río Hacha 615
Tabla 252. Indicador de Tasa de cambio de las coberturas naturales de la tierra (TCCN) de la cuenca del Río Hacha 616
Tabla 253. Indicador Vegetación Remanente (IVR) de la cuenca del Río Hacha 617
Tabla 254. Indicador Presión Demográfica (IPD) de la cuenca del Río Hacha ... 618
Tabla 255. Índice de ambiente crítico (IAC) de la cuenca del Río Hacha 619
Tabla 256. Índice del estado actual de las coberturas naturales (IEACN) de la cuenca del Río Hacha 620
Tabla 257.Tabla para registrar información en campo 621
Tabla 258. Leyenda de cobertura de la tierra, Cuenca Hidrográfica del Río Hacha 662
Tabla 259. Leyenda de cobertura de la tierra 2000, Cuenca Hidrográfica del Río Hacha 668
Tabla 260. Leyenda de cobertura de la tierra 2015, Cuenca Hidrográfica del Río Hacha 670
Tabla 261. Matriz cruce cobertura vegetal años 2002 - 2015, Cuenca Hidrográfica del Río Hacha 671
Tabla 262. Áreas con análisis multitemporal de cobertura de la tierra 2002-2015, Cuenca Hidrográfica del Río Hacha 671
Tabla 263. Sintesis deResultados del Indicador de Fragmentación (IF), de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha 673
Tabla 264. Resultados del Indicador de Tasa de cambio de las coberturas naturales de la tierra (TCCN), de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha 675
Tabla 265. Indicador de Tasa de cambio de las coberturas naturales de la tierra (TCCN) para las Microcuencas de la Cuenca del río Hacha 675
Tabla 266. Resultados del Indicador de Vegetación Remanente (IVR), de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha. 678
Tabla 267. Indicador de Vegetación Remanente (IVR) para las Microcuencas de la Cuenca del río Hacha 678
Tabla 268. Resultados del Indicador de Presión Demográfica (IPD), de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha 682
Tabla 269. Resultados del Indicador de Presión Demográfica (IPD), para el municipio de Florencia 682
Tabla 270. Resultados del Índice de Ambiente Crítico (IAC), de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha 683
Tabla 271. Resultados del Índice de Ambiente Crítico (IAC) para las microcuencas pertenecientes a la cuenca del río Hacha. 683
Tabla 272. Resultados del Indicador del estado actual de las coberturas naturales (IEACN), de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha 685

Tabla 273. Resultados del Indicador del estado actual de las coberturas naturales (IEACN), para las microcuencas de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha. 685
Tabla 274**.** Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora La Molitona, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha..... 689
Tabla 275. Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora Quebrada El Águila, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha 690
Tabla 276. Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora Quebrada El Dedo, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha..... 692
Tabla 277. Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora Quebrada La Avispa, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha..... 695
Tabla 278. Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora Quebrada La Esperanza, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha 695
Tabla 279. Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora Quebrada La Linda, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha..... 696
Tabla 280. Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora Quebrada La Martha, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha 697
Tabla 281. Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca Quebrada La Mona, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha 697
Tabla 282. Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca Quebrada La Primavera, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha 698
Tabla 283. Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora Quebrada La Yuca, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha 699
Tabla 284. Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora Q Quebrada San Francisco, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha..... 703
Tabla 285. Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora Quebrada San Joaquín, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha 703
Tabla 286. Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora Q Quebrada San Pablo, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha 704
Tabla 287. Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora Quebrada Santa Bárbara, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha 705
Tabla 288. Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora Rio Hacha, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha..... 706

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica de las estaciones meteorológicas en la cuenca del río Hacha 40
Figura 2. Ubicación de las localidades en las que se mide la presión atmosférica. 56
Figura 3. Temperatura Media Anual Isotermas de la Cuenca Hidrográfica Río Hacha 68
Figura 4. Temperatura media mensual del primer cuatrimestre del año. 69
Figura 5. Temperatura media mensual del segundo cuatrimestre del año 70
Figura 6. Temperatura media mensual del tercer cuatrimestre del año 71
Figura 7. Temperatura mínima anual – Isotermas de la Cuenca Hidrográfica Río Hacha 73
Figura 8. Temperatura mínima mensual primer cuatrimestre del año. 74
Figura 9. Temperatura mínima mensual segundo cuatrimestre del año 75
Figura 10. Temperatura mínima mensual tercer cuatrimestre del año 76
Figura 11. Temperatura máxima anual – Isotermas de la Cuenca Hidrográfica Río Hacha. 77
Figura 12. Temperatura máxima mensual primer cuatrimestre del año. 78
Figura 13. Temperatura máxima mensual segundo cuatrimestre del año 79
Figura 14. Temperatura máxima mensual tercer cuatrimestre del año 80
Figura 15. Precipitación total multianual (Isoyetas) de la Cuenca del Río Hacha. 84
Figura 16. Precipitación total mensual multianual (Isoyetas) primer cuatriemestre del año 85
Figura 17. Precipitación total mensual multianual (Isoyetas) segundo cuatriemestre del año 86
Figura 18. Precipitación total mensual multianual (Isoyetas) tercer cuatriemestre del año 87
Figura 19. Humedad relativa media anual en la cuenca del río Hacha 90
Figura 20. Brillo solar media anual en la cuenca del río Hacha 93
Figura 21. Evaporación media anual en la cuenca del río Hacha 99
Figura 22. Evapotranspiración potencial anual Cuenca Hidrográfica Río Hacha 101
Figura 23. Evapotranspiración potencial mensual, primer cuatrimestre del año. 102
Figura 24. Evapotranspiración potencial mensual, segundo cuatrimestre del año. 103
Figura 25. Evapotranspiración potencial mensual, tercer cuatrimestre del año. . 104
Figura 26. Evapotranspiración real anual. 105
Figura 27. Evapotranspiración real mensual. Primer cuatrimestre del año 106
Figura 28. Evapotranspiración real mensual. segundo cuatrimestre del año 107
Figura 29. Evapotranspiración real mensual. Tercer cuatrimestre del año 108
Figura 30. Balance hídrico de la cuenca del río Hacha 112

Figura 31. Balance hidroclimático mensual - Directos Parte Baja (4403-06-01). 114
Figura 32. Balance hidroclimático mensual - Quebrada La Batea (4403-06-02). 115
Figura 33. Clasificación climática en la cuenca del río Hacha, según Caldas - Lang 119
Figura 34. Índice de aridez por subcuencas río Hacha 122
Figura 35. Flujograma de actividades realizadas durante el desarrollo del componente geológico para la actualización del POMCA 2017. 125
Figura 36. Distribución de la cuenca en las planchas cartográfica 100K del IGAC 131
Figura 37. Fotogeología para geología básica. 132
Figura 38. Cubrimiento de análisis fotogeológico de unidades geológicas superficiales (UGS) y procesos morfo dinámicos. 133
Figura 39. Distribución de puntos de observación geológica sobre la cuenca hidrográfica del río Hacha. 134
Figura 40. Correlación entre los perfiles de meteorización de Deeere-Patton 1971 Dearmean 1976. Utilizada en la etapa de campo para la descripción del grado de meteorización en cada unidad geológica básica 140
Figura 41. Correlación estratigráfica de cuencas Subandinas aledañas (cuenca Llanos, Caguán, Putumayo y Cuenca Oriente) 141
Figura 42. Geología regional con fines de ordenación de la cuenca hidrográfica del río Hacha..... 144
Figura 43. Diagrama esquemático de configuración estructural generalizada de la cuenca Putumayo, donde se muestra un estilo estructural compresivo. 153
Figura 44. Mapa geología básica para cuencas..... 154
Figura 45. Fallas que afectan la cuenca del río Hacha..... 175
Figura 46. Mapa ubicación de puntos de muestreo en suelos residuales y roca 179
Figura 47. Formato de campo para el levantamiento de información de geología para ingeniería*. 180
Figura 48. Salida cartográfica de la intensidad de fracturamiento presente en la cuenca del río Hacha..... 184
Figura 49. Mapa de Unidades Geológicas Superficiales o geología para ingeniería 191
Figura 50. Diagrama estereográfico con tendencias en rumbo y buzamiento de la Formación Caballos..... 195
Figura 51. Esquema estereográfico donde se marcan tendencias de rumbo y buzamiento de la Formación Pepinos. 196
Figura 52. Esquema estereográfico donde se marcan tendencias de rumbo y buzamiento de la Formación Orteguaza..... 196
Figura 53. Sección del mapa de rezumaderos de Colombia 206
Figura 54. Mapa de ruta de campo, componente hidrogeología 208
Figura 55. Provincias Hidrogeológicas de Colombia 214
Figura 56. Sistemas Acuíferos de Colombia 215
Figura 57. Sistemas Acuíferos Cuenca del Río Hacha..... 216

Figura 58. Análisis estructural de familias de diaclasas encontradas sobre el Macizo de Garzón..... 220
Figura 59. Familias de planos de diaclasa de la formación Pepinos 221
Figura 60. Mapa Hidrogeología para fines de ordenación de la Cuenca del Río Hacha..... 223
Figura 61. Recarga de Acuíferos en la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha..... 228
Figura 62. Vulnerabilidad de Acuífero Cuenca Hidrográfica del Río Hacha 234
Figura 63. Zonas de Importancia Hidrogeológica en la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha..... 237
Figura 64. Esquema Distribución de Rocas y Formación de Acuíferos..... 239
Figura 65. Comparación de curvas a nivel de la información cartográfica suministrada para la actualización del POMCA del río Hacha. 240
Figura 66. Proceso de redelimitación cuenca del río Hacha. 241
Figura 67. Ajustes Limite Cuenca del río Hacha 241
Figura 68. Limite definitivo Cuenca del río Hacha 241
Figura 69. Delimitación de la cuenca río Hacha 242
Figura 70. Delimitación de subcuencas del río Hacha..... 244
Figura 71. Delimitación microcuencas abastecedoras de centros urbanos y poblados..... 246
Figura 72. Ordenes de corriente según strahler (1969)..... 248
Figura 73. Ordenes de corriente en la Cuenca del río Hacha 249
Figura 74. Mapa hidrografía 255
Figura 75. Área de drenaje típica 257
Figura 76. Área de drenaje vista en 3D..... 257
Figura 77. Relación entre la forma de algunas cuencas y el caudal pico para eventos máximos de precipitación. 260
Figura 78. Curva hipsometrica de la cuenca del río Hacha 263
Figura 79. Perfil del cauce principal 264
Figura 80. Modelo Digital de Terreno – DTM- POMCA río Hacha..... 278
Figura 81. Salida Gráfica Pendientes en Porcentaje de la Cuenca del río Hacha 280
Figura 82. Salida Gráfica Pendientes en Grados de la Cuenca del río Hacha 282
Figura 83. Ubicación de las estaciones hidrológicas..... 283
Figura 84. Captaciones en la cuenca del río Hacha..... 293
Figura 85. Humedales urbanos en la cuenca del río Hacha..... 294
Figura 86. Humedales urbanos en la cuenca del río Hacha sector Aeropuerto .. 295
Figura 87. Diagrama del modelo de aproximación de humedad de suelo. 304
Figura 88. Esquema conceptual del modelo SMA. 305
Figura 89. Esquemas del proceso de cálculo en el modelo SMA. 306
Figura 90. Relación entre la evapotranspiración real desde el suelo y la humedad contenida en el mismo. 312
Figura 91. Serie de caudales, observada y simulada en el proceso de validación del modelo. Estación Florencia. 314

Figura 92. Localización de las captaciones de acuerdo a la demanda hídrica sectorial en la cuenca del río Hacha 337
Figura 93. Distribución de la demanda total. 339
Figura 94. Ejemplo de curva de duración de caudales. 342
Figura 95. Indice de regulación Hídrica 345
Figura 96. Índice de uso del agua condición hidrológica media para la cuenca del río Hacha 353
Figura 97. Índice de uso del agua condición hidrológica seca para la cuenca del río Hacha 354
Figura 98. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para las subcuencas del río Hacha para la condición hidrológica media 358
Figura 99. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para las subcuencas del río Hacha para la condición hidrológica seca 359
Figura 100. Espacializacion de los puntos identificados en las diferentes redes de monitoreo, para la cuenca del rio Hacha. 389
Figura 101. Puntos de muestreo seleccionados para caracterizar la calidad del agua en el río Caraño y la quebrada Las Doradas. 415
Figura 102. Punto de muestreo seleccionado para caracterizar la calidad del agua en la quebrada El Dedito. 417
Figura 103. Puntos de muestreo de agua priorizados en la actualización del POMCA del río Hacha. 419
Figura 104. Mapa con los resultados del ICA, época seca 435
Figura 105. Mapa con los resultados del ICA, época lluvia 436
Figura 106. Mapa con los resultados del IACAL, Año Seco y Año Medio 442
Figura 107. Esquema de jerarquización geomorfológica. 449
Figura 108. Imagen rapidEye de 5 m de resolución del año 2015.Se observan estaciones de campo realizadas en la salida de UGS y Geomorfologia (puntos axules) y la ciudad de Florencia en la parte inferior. 452
Figura 109. Modelo de sombras a partir del DEM ALOS PALSAR banda. Se observan algunas estaciones de campo realizadas en la salida de UGS y Geomorfología (puntos azules). 453
Figura 110. Fotointerpretación geomorfológica preliminar. 454
Figura 111. Formato de campo para la toma de información de geomorfología y eventos morfodinámicos 456
Figura 112.Indicadores sobre la cronología de flujos densos asociados a procesos torrenciales. 457
Figura 113. Mapa geomorfológico de subunidades según Carvajal (2011) 460
Figura 114. Proceso de generación de espolones a partir de la formación sucesiva de facetas triangulares en frentes montañosos. Sugiere periodos de desplazamiento tectónico alternados con periodos de ausencia o estabilidad tectónica 469
Figura 115. Facetas triangulares (Sft) asociadas a un lineamiento en la parte alta de la cuenca del río Hacha. Estación CDG015. Coordenadas 1158847E, 689223N, 970 msnm. 471

Figura 116. Esquema de las características observadas en campo para el levantamiento de un deslizamiento. Ancho de la masa desplazada Wa (m), Ancho de la superficie de ruptura Wr (m), Longitud de la masa desplazada Ld (m), Longitud de la superficie de ruptura Lr (m), Espesor de la masa desplazada Dd (m), Profundidad de la superficie de ruptura Dr (m), Longitud total L (m). 480
Figura 117. Partes de un deslizamiento. 481
Figura 118. Vista en Google earth de los deslizamientos localizado en la estación CDG056. 484
Figura 119. Geomorfologia del levantamiento de Humedales de Colombia y la correlacion con la geomorfología realizada para la cuenca..... 500
Figura 120. Síntesis del sistema Taxonómico de las geoformas..... 500
Figura 121. Síntesis del sistema Taxonómico de las geoformas..... 503
Figura 122. Abanico de Piedemonte, con acelerado desarrollo urbano en Florencia 512
Figura 123. Ambientes geomorfológicos 518
Figura 124. Mapa de distribución del relieve relativo de la cuenca alta del río Hacha 520
Figura 125. Mapa de distribución de la inclinación de las laderas de la cuenca del río Hacha..... 522
Figura 126. Perfil topográfico del tipo de relieve de Crestones 523
Figura 127. Perfil topográfico del tipo de relieve de Cuestas 524
Figura 128. Perfil topográfico del tipo de relieve de Filas y vigas..... 524
Figura 129. Perfil topográfico del tipo de relieve de loma..... 525
Figura 130. Perfil topográfico del tipo de relieve de Valle estrecho..... 526
Figura 131. Perfil topográfico del tipo de relieve de Vallecito 526
Figura 132. Perfil topográfico del tipo de relieve de Abanico..... 527
Figura 133. Perfil topográfico del tipo de la terraza nivel 2..... 528
Figura 134. Perfil topográfico del tipo de la terraza nivel 1..... 528
Figura 135. Perfil topográfico del tipo de relieve de Plano de inundación 529
Figura 136. Ambientes geomorfopedológicos en la cuenca del rio Hacha. 580
Figura 137. Clases, subclases y grupos de manejo de suelos en la cuenca del rio Hacha. 585
Figura 138. Usos de suelos propuestos en la cuenca del rio Hacha. 608
Figura 139. Metodología de interpretación de mapa de uso y cobertura 610
Figura 140. Metodología para generar el análisis multitemporal, índices e indicadores de la cuenca del Río Hacha 612
Figura 141. Ilustración de la forma como opera el filtro binario PEPPSALT..... 614
Figura 142. Cobertura y uso de la tierra, Cuenca Hidrográfica del Río Hacha.... 666
Figura 143. Cobertura Vegetal año 2000 - 2002 de la cuenca hidrográfica del Río Hacha. 667
Figura 144. Coberturas Vegetal año 2015 de la cuenca hidrográfica del Río Hacha 669

Figura 145. Mapa con análisis multitemporal de cobertura de la tierra 2000-2015 de la cuenca hidrográfica del Río Hacha 672
Figura 146. Mapa del Indicador de fragmentación (metodología de Steenmans y Pinborg, 2000) de la cuenca hidrográfica del Río Hacha 674
Figura 147 Mapa del Indicador de Tasa de cambio de las coberturas naturales de la tierra (TCCN) de la cuenca hidrográfica del Río Hacha 677
Figura 148 Mapa del Indicador de Vegetación Remanente (IVR) de la cuenca hidrográfica del Río Hacha 680
Figura 149 Mapa del Indicador de Presión Demográfica (IPD) de la cuenca hidrográfica del Río Hacha 681
Figura 150. Mapa del Índice de Ambiente Crítico (IAC) de la cuenca hidrográfica del Río Hacha 684
Figura 151 Mapa del Indicador del estado actual de las coberturas naturales (IEACN) de la cuenca hidrográfica del Río Hacha 687
Figura 152. Mapa del estado de las coberturas naturales y las acciones de restauración de las cuencas abastecedoras 688

LISTA DE GRAFICAS

Gráfica 1. Serie de tiempo de precipitación estación Macagual (44035030) y serie de tiempo del ONI 46
Gráfica 2. Curva de masa de precipitación Macagual (44035030) 46
Gráfica 3. Serie de tiempo de precipitación estación Aeropuerto Nacional Gustavo Artunduaga Paredes y serie de tiempo del ONI 47
Gráfica 4. Curva de masa de precipitación Aeropuerto Nacional Gustavo Artunduaga Paredes 47
Gráfica 5. Ciclo multianual de precipitación estación Macagual 49
Gráfica 6. Ciclo multianual de precipitación estación Aeropuerto Nacional Gustavo Artunduaga Paredes 49
Gráfica 7. Comportamiento precipitación frente al ONI en la estación Macagual .. 55
Gráfica 8. Comportamiento precipitación frente al SOI en la estación Macagual .. 56
Gráfica 9. Comportamiento precipitación frente al MEI en la estación Macagual .. 57
Gráfica 10. Ciclo anual de la precipitación para seis de las estaciones ubicadas en el área de influencia de la cuenca del río Hacha incluyendo la influencia del fenómeno ENSO. 60
Gráfica 11. Ciclo anual de la precipitación para seis de las estaciones ubicadas en el área de influencia de la cuenca del río Hacha incluyendo la influencia del fenómeno ENSO 61
Gráfica 12. Temperatura Media Anual (°C) 62
Gráfica 13. Temperatura media mensual (°C) de la cuenca del río Hacha. 63
Gráfica 14. Temperatura Mínima Mensual (°C) 64
Gráfica 15. Temperatura Máxima Mensual (°C) 65
Gráfica 16. Regresión lineal de las temperaturas con la altitud de las estaciones meteorológicas en la cuenca. 66
Gráfica 17. Precipitación media anual registrada en las estaciones del área de influencia de la Cuenca del Río Hacha (mm) 81
Gráfica 18. Precipitación Media Mensual (mm) 83
Gráfica 19. Humedad Relativa Registrada en las Estaciones del Área de Influencia de la Cuenca del Río Hacha 89
Gráfica 20. Humedad Relativa Mensual Registrada en las Estaciones del Área de Influencia de la Cuenca del Río Hacha 89
Gráfica 21. Brillo solar medio mensual 92
Gráfica 22. Nubosidad media mensual 94
Gráfica 23. Valores Mensuales de Nubosidad Promedio (Octas) 95
Gráfica 24. Vientos predominantes en la región 95
Gráfica 25. Velocidad promedio mensual máxima y mínima del viento 96
Gráfica 26. Velocidad promedio según dirección del viento 96
Gráfica 27. Evaporación Registrada en las Estaciones del Área de Influencia de la Cuenca del Río Hacha 97

Gráfica 28. Evaporación Media Mensual Registrada en las Estaciones del Área de Influencia de la Cuenca del Río Hacha 98
Gráfica 29. Resultados del análisis de evaluación documental para el componente de geología en el marco de la actualización del POMCA del río Hacha..... 130
Gráfica 30. Proporción de legalidad Vs ilegalidad de actividad minería de material de arrastre en la cuenca del rio Hacha..... 177
Gráfica 31. Usos Actuales del Recurso Hídrico de la Cuenca del Río Hacha 226
Gráfica 32. Tendencias de caudales 285
Gráfica 33. Media móvil estación Florencia Automática 288
Gráfica 34. Media móvil estación El Rosario 288
Gráfica 35. Media móvil estación Bocatoma 289
Gráfica 36. Curvas de Masa Estaciones Caudal Cuenca Hidrográfica Río Hacha 289
Gráfica 37. Diagrama de caja de caudal acumulado 290
Gráfica 38. Caudales medios mensuales río Hacha (1971-2014) 296
Gráfica 39. Caudales máximos mensuales río Hacha (1971-2014) 297
Gráfica 40. Caudales mínimos mensuales río Hacha (1971-2014) 297
Gráfica 41. Caudales medios mensuales río Caraño (1964-2015)..... 298
Gráfica 42. Caudales máximos mensuales río Caraño (1964-2015) 299
Gráfica 43. Caudales mínimos mensuales río Caraño (1964-2015)..... 299
Gráfica 44.Caudales medios mensuales quebrada El Dedo (1970-2014)..... 300
Gráfica 45. Caudales máximos mensuales quebrada El Dedo (1970-2014)..... 301
Gráfica 46. Caudales mínimos mensuales quebrada El Dedo (1970-2014)..... 301
Gráfica 47. Concesiones en cada subcuenca de la cuenca del río Hacha..... 339
Gráfica 48. Distribución de los vertimientos de aguas residuales domesticas identificadas en los afluentes de la cuenca del rio Hacha. 398

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. Registro del desarrollo de la fase de campo sobre la Formación Orteguaza, sector aeropuerto. E 838531, N 664429. 140
Fotografía 2. Migmatitas del Complejo Garzón, vereda Tarqui, carretera antigua Florencia - Resina N: 6998801 E: 155427 foto (CDG001) 145
Fotografía 3. Rocas del complejo de Garzón, sector Berlín, N: 682857, E: 1157241 carretera nueva a Neiva (Foto CDG023). 145
Fotografía 4. Capas medias a gruesas de arenisca cuarzosas de color blanco de la Formación Caballos localizadas en la vía nueva a Neiva, vereda las brisas N: 682512 E: 826518 (Foto 2126) 147
Fotografía 5. Afloramiento de la Formación Villeta, vía entre Florencia- Suaza (Huila) sector las brisas. 148
Fotografía 6. Miembro inferior de la Formación Pepino, vereda alto mirador N: 673320, E: 833488, (Foto 2136) 150
Fotografía 7. Limolitas arenosas, N: 667222, E: 1170158, vereda La Astilla carretera hacia San Vicente del Caguan, foto (CDG063). 151
Fotografía 8. Depósitos aluviales del Rio Hacha, sector aeropuerto. 151
Fotografía 9. Apariencia de roca intrusiva de las migamtitas por la presencia de, leucosomas vereda Tarqui, N: 698793, E: 821851 (Foto 2107). 155
Fotografía 10. Identificación de melanosomas y leucosomas sobre rocas del complejo de Garzón, sector Tarqui, N: 696511, E: 823075 (Foto2122) 156
Fotografía 11. Meteorizacion química sobre el Complejo de Garzón, espesores métricos de materiales de tipo arcilloso, sector Alto Bonito, N670997, E817941 (Foto 2141). 157
Fotografía 12. Geomorfología enmarcada por una acción tectónica sobre el Macizo de Garzón, sector la Carbona, N678817, E826233 (Foto 2140) 159
Fotografía 13. Composición mineralógica predominante de la Formación Caballos. 160
Fotografía 14. Geoformas de la Formación Caballos, sector las brisas, N: 680869, E: 817311 (Foto 2128) 160
Fotografía 15. Estratificaciones de cintas de carbón con estratos de la Formación Caballos, sector las Brisas, N: 680869, E: 817311 (Foto 2126) 161
Fotografía 16. Capas delgadas de arcillolitas y shales negros de la Formación Villeta, N: 680838 E: 1151177, vía nueva Florencia -Neiva a la altura de la vereda Brisas, foto (CDG019). 163
Fotografía 17. Afloramiento de Formación Pepinos, sector de Villa Natalia (Florencia) 164
Fotografía 18. Miembro inferior de la Formación Pepinos, quebrada la Perdiz, sector Agua Negra, N677585, E831441 (Foto 2131) 165
Fotografía 19. Miembro medio y superior de la Formación Pepinos, vía Florencia-Caraño, sector la Carbona. N677585, E831441 (Foto 2132) 165

Fotografía 20.Grupo orito. N: 667222, E: 1170158, Vereda Capitolio carretera hacia San Vicente del Caguan, Foto (CDG063) 167
Fotografía 21. Geoformas de la Formación Orteguaza (Grupo Orito), vía Florencia-San Antonio de Atenas..... 167
Fotografía 22. Depósitos Coluviales matriz soportados clastos subangulares de migmatitas, A) carretera antigua Florencia - Neiva N: 695795 E: 1156853 (foto CDG006). B) carretera antigua río - quebrada sucre N: 690348 E: 1159214 (foto CDG014). 168
Fotografía 23. Perfil de meteorización de los depósitos Coluviales, constituidos por suelos arenosos de color pardo a marrón, carretera nueva Florencia – Neiva, N: 683442 E: 1159304 foto (CDG031) 169
Fotografía 24. Depósito clasto soportado embebido en una matriz lodo arenosa. Carretera antigua Florencia – Gabinete N: 698478 E: 1156600, (Foto CDG 003). 169
Fotografía 25. Perfil de meteorización de los depósitos de terraza 170
Fotografía 26. Flujo de detritos, carretera antigua Florencia – Gabinete-vereda Tarqui. N: 695795 E: 695795 (Foto CDG006) 171
Fotografía 27. Trazo de falla asociado a la Falla Santa Helena que afecta al macizo de Garzón, sector de Santa helena, N: 696511, E: 823075 (Foto 2121)..... 173
Fotografía 28. Trazo de falla las doradas, pone en contacto rocas del Macizo de Garzón con Formación Caballos. 174
Fotografía 29. Fallas del borde amazónico afectando las rocas sedimentarias de la formación Pepino, Florencia N: 668601 1168275, Foto (CDG064) 174
Fotografía 30. Jornada de campo para la caracterización de las UGS 179
Fotografía 31. Toma de datos de resistencia a la compresión por medio del esclerómetro..... 181
Fotografía 32. Toma de resistencia con el penetrometro de bolsillo. 182
Fotografía 33. Preparación de muestras de suelo para remisión a laboratorio. .. 183
Fotografía 34. Unidad de pozo séptico sin condiciones mínimas de sostenimiento 235
Fotografía 35. Deslizamiento rotacional localizado en la vertiente SW quebrada La Yuca (Vereda La Conga). Estación CDG056, coordenadas: 1155914E, 671612N, 511msnm.. 463
Fotografía 36. Colinas con cimas redondeadas y valles aplanados característico de la unidad Lomeríos Disectados (Dldi). Localización vía Florencia-San Antonio de Atenas, estación CDG064, coordenadas: 1168275E, 668601N, 291msnm. 464
Fotografía 37. Morfología alomada (izquierda) y textura gravo lodosa (derecha) de depósito coluvial (Dco) localizado vereda La Carbona, junto a la carretera nueva Florencia-Neiva. Vertiente SE del río Hacha. Estación CDG034, coordenadas 1161489E, 680543N, 453 msnm. 465
Fotografía 38. Morfología alomada de los depósitos coluviales (Dco) en la vertiente norte de la quebrada Córdoba, cerca de la confluencia con el río Hacha. Punto CTRL11. Coordenadas 1160498, 681094N, 464 msnm. 465

Fotografía 39. Deposito coluvial (Dco) de aproximadamente 2m (izquierda) de espesor constituido por gravas matriz soportadas (derecha). Localización vertiente Oeste río Hacha, estación CDG035, coordenadas 1161961E, 679456N, 421 msnm. 466
Fotografía 40. Ladera estructural (Sle) y ladera de contrapendiente (Slcp) en rocas del Complejo Garzón. Localización vertiente NW de la quebrada La Yuca, vereda Damas. Tomada desde la estación CDG056 en azimut 320°. Coordenadas: 1155914E, 671612N, 511msnm. 467
Fotografía 41. Sierra homoclinal conformada por laderas estructurales de sierra homoclinal (Sshle) y laderas de contrapendiente de sierra homoclinal (Sshlc). Fotografía tomada desde la estación CDG042 en azimut 90°. Coordenadas: 1158200E, 677597N, 1053 msnm. 468
Fotografía 42. Espolón facetado moderado de longitud larga (Sesml). Punto de toma CTRL20, coordenadas: 1152439E, 671214N, 773 msnm, azimut 45°. 470
Fotografía 43. Gancho de flexión (Sgf) asociado a una falla oblicua a las estructuras regionales paralela a la quebrada El Dedo. Fotografía tomada desde la estación CDG050. 1164260E 672051N, 341 msnm. Azimut 270°. 471
Fotografía 44. Lomos (Sl) asociados a la Falla de Santa Helena-Las Doradas. Localización carretera antigua Florencia-Neiva, estación CDG027. Coordenadas 1160685E, 686734N, 746 msnm. Azimut 270°. 472
Fotografía 45. Paisaje de Sierras (Ss) de la parte alta de la cuenca del río Hacha. Localización carretera antigua Florencia-Neiva, estación CDG003, coordenadas 1156600E, 698478N, 2087msnm. 473
Fotografía 46. Valle en V formado por la quebrada Las Doradas, cauce rectilíneo controlado por la Falla de Las Doradas. Fotografía tomada desde la estación CDG021, coordenadas 1154672E, 681444N, 1012 msnm. Azimut 90°. 474
Fotografía 47. Barra compuesta a lo largo del río Hacha. Localización estación CDG015. 1158847E, 689223N, 970 msnm 475
Fotografía 48. Barra compuesta (Fbc) en el cauce de la quebrada La Yuca. Localización vereda Damas, coordenadas: 1158044E, 668897N, 327 msnm 475
Fotografía 49. Barra longitudinal (Fbl) en el cauce río Hacha. Localización Puente El Encanto, carretera Florencia-Neiva. Estación CTRL19, coordenadas 1162567E, 673339N, 324 msnm. Azimut 280°. 476
Fotografía 50. Plano o llanura de inundación asociada (Fpi) a la quebrada La Yuca en la parte baja de la cuenca (Provincia de la Amazonia). Fotografía tomada desde la estación CDG061 coordenadas 1159660E, 668834N, 312 msnm. Azimut 70°. 477
Fotografía 51. Meandro abandonado (Fma) asociado al río Hacha, Localización laguna El Vaticano, carretera Florencia-San Vicente del Caguán. Estación CTRL21, coordenadas 1167694E, 668330N, 285 msnm. Azimut 230°. 478
Fotografía 52. Terraza de acumulación aluvial (Fta) asociada al río Hacha en la parte baja de su cuenca (provincia de La Amazonia. Localización carretera Florencia-San

Vicente de Caguán. Estación CTRL22 1172228 666064, 269 msnm. Azimut 250°. 479
Fotografía 53. Deslizamiento generado en suelos derivados de rocas Nesicas, con las siguientes dimensiones Wa: 80, Wr 180, Ld: 80, Lr: 30, Dd: 5000m3, Dr: 3, L 120. Coordenadas 1155914E, 671612N, 511 msnm 483
Fotografía 54. Deslizamiento generado en suelos derivados de rocas Nesicas, con las siguientes dimensiones en metros Wa: 80, Wr 200, Ld: 20, Lr: 100, Dd: 3, Dr: 4, L 200. Coordenadas 1158823E, 686897N, 1038 mnsm. 484
Fotografía 55. Deslizamiento generado en suelos derivados de rocas Nesicas, con las siguientes dimensiones Wa: 80, Wr 45, Ld: 60, Lr: 20, Dd: 2, Dr: 3, L 120. Coordenadas 1158661 688894, 974 msnm. 485
Fotografía 56. Deslizamiento generado en suelos derivados de rocas nesicas, con las siguientes dimensiones Wa: 200, Wr 100, Ld: 120, Lr: 100, Dd: 4, Dr: 3, L: 200. Coordenadas 1161055 686073, 798 msnm. 486
Fotografía 57. Deslizamiento generado en suelos derivados de rocas Nesicas, con las siguientes dimensiones Wa: 200, Wr 180, Ld: 150, Lr: 100, Dd: 4, Dr: 3, L 220. Coordenadas: 1162589E, 675866N, 393 mnsm 486
Fotografía 58. Deslizamiento generado en suelos derivados de rocas Nesicas, con las siguientes dimensiones Wa: 110, Wr 130, Ld: 350, Lr: 190, Dd: 10, Dr: 6, L: 500. Coordenadas 1159672E, 678671N, 947 msnm 487
Fotografía 59. Deslizamiento generado en suelos derivados de rocas nesicas, con las siguientes dimensiones Wa: 30, Wr 50, Ld: 100, Lr: 70, Dd: 5 Dr: 6, L 150. Coordenadas 1159032E, 678775N, 796 msnm 488
Fotografía 60. Deslizamiento generado en suelos derivados de rocas Nesicas, con las siguientes dimensiones Wa: 40, Wr 50, Ld: 80, Lr: 90, Dd: 3, Dr: 2, L 100. Coordenadas 1162385E, 680484N, 503 mnsm. 488
Fotografía 61. Deslizamiento generado en suelos derivados de rocas nesicas, con las siguientes dimensiones Wa: 50, Wr 70, Ld: 100, Lr: 100, Dd: 5, Dr: 4, L 150. Coordenadas 1158662E, 676646N, 777 msnm. 489
Fotografía 62. Deslizamiento generado en suelos derivados de rocas Nesicas, con las siguientes dimensiones Wa: 50, Wr 80, Ld: 60, Lr: 50, Dd: 5, Dr: 4, L 100. Coordenadas 1159178E, 675520N, 547 mnsm 490
Fotografía 63. Deslizamiento generado en suelos derivados de rocas neisicas, con las siguientes dimensiones Wa: 40, Wr 100, Ld: 170, Lr: 80, Dd: 6, Dr: 5, L 250. Coordenadas: 1159458E, 677304N, 695 mnsm 491
Fotografía 64. Deslizamiento generado en suelos derivados de rocas Nesicas, con las siguientes dimensiones Wa: 60, Wr 50, Ld: 70, Lr: 40, Dd: 5, Dr: 3, L 100. Coordenadas 1155170 E, 672142N, 548 mnsm 491
Fotografía 65. Deslizamiento generado en suelos derivados de rocas Nesicas, con las siguientes dimensiones Wa: 85, Wr 100, Ld: 160, Lr: 70, Dd: 7, Dr: 6, L 220. Coordenadas 1156037E, 670701N, 477 msnm. 492

Fotografía 66. Depósito de Cono o lóbulo de flujo de detritos (Dlfd) en la desembocadura de la quebrada La Holanda en la quebrada La Yuca. Localización coordenadas 1156783E, 670806N, 384 msnm. 492
Fotografía 67. Pequeños surcos (flechas amarillas) formados por erosión hídrica. Localización cuenca media de la quebrada La Yuca. Estación CDG056, coordenadas: 1155914E, 671612N, 511msnm.Azimut 315° 493
Fotografía 68. Flujo de detritos con morfología aterrazada junto al río Hacha. Localización parte alta cuenca río Hacha. Estación CDG009: 1157291E, 692803N, 1307 msnm. 494
Fotografía 69. Perfil de suelo en flujo de detritos quebrada La Ruidosa, localización estación CDG003, coordenadas 1156600E, 698478N, 2087 msnm. 495
Fotografía 70. Flujo de detritos (Dlfd) que forma un dique junto a quebrada afluente del río Hacha. Localización carretera antigua Florencia-Neiva, vereda Tarquí. Estación CDG006, coordenadas: 1156855E, 695794N, 1676 msnm. 495
Fotografía 71. Depósito de flujo de detritos de 25 m de altura junto a la quebrada Sucre,. Localización carretera antigua Florencia-Neiva, vereda Tarquí. Estación CDG014, coordenadas: 1159214E 690348N, 1004 msnm. 496
Fotografía 72. Flujo de detritos (Dfld) con morfología aterrazada en la quebrada Córdoba. Estación CDG033, coordenadas 1160212E, 680841N, 482 msnm. 496
Fotografía 73. Flujo de detritos (Dfld) con meteorización moderada a alta y desarrollo métrico de suelo junto a la quebrada El Dedo. Estación CDG047, coordenadas 1160125E, 672731N, 347 msnm. 497
Fotografía 74. Flujo de detritos (Dfld) con incisión vertical (foto izquierda) y morfología aterrazada (foto derecha) en la quebrada la Yuca. Estación CDG055, coordenadas 1155203E, 672282N, 477 msnm. 497
Fotografía 75.Paisaje de montaña, a la izquierda ladera de filas y vigas. 504
Fotografía 76. Tipo de relieve de Crestón, a la izquierda el revés de crestón cerca a Florencia. 505
Fotografía 77. Tipo de relieve de Cuesta, a la izquierda revés de Cuesta. 506
Fotografía 78. Tipo de relieve de Filas y vigas, a la izquierda y en primer plano cima angosta, al fondo laderas 507
Fotografía 79. Valle estrecho, se observan las vegas y las terrazas 508
Fotografía 80. Vallecitos de montaña, a la izquierda se observa la vega 509
Fotografía 81. Paisaje de Lomerío 509
Fotografía 82. Tipo de relieve de Lomas 510
Fotografía 83. Vallecitos de Lomerío, con líneas rojas y símbolo LVAV las vegas. 511
Fotografía 84. Paisaje de Piedemonte en las afueras de Florencia 511
Fotografía 85. Vegas de los Vallecitos de Piedemonte 513
Fotografía 86. Paisaje de Valle, a la izquierda y en el fondo cubetas de desborde 514
Fotografía 87. Plano de las Terraza Nivel 2 514

Fotografía 88. Tipo de relieve de Terraza nivel 1, en el sector del Aeropuerto de Florencia..... 515
Fotografía 89. Plano de inundación..... 516
Fotografía 90. Erosión hídrica ligera 531
Fotografía 91. Erosión hídrica moderada 531
Fotografía 92. Erosión hídrica severa 532
Fotografía 93. Deslizamientos..... 533
Fotografía 94. Tierras de la clase 3. 586
Fotografía 95. Tierras de la clase 4. 587
Fotografía 96. Tierras de la clase 6. 595
Fotografía 97. Tierras de la clase 7. 601
Fotografía 98. Tierras de la clase 8. 605
Fotografía 99. Casco urbano del municipio de Florencia 623
Fotografía 100. Área rural Florencia..... 624
Fotografía 101. Red Vial y Terrenos Asociados 625
Fotografía 102. Aeropuerto con infraestructura asociada..... 625
Fotografía 103. Parque cementerio 626
Fotografía 104. Gramas naturales..... 627
Fotografía 105. Pastos mejorados 628
Fotografía 106. Pastos mejorados y Gramas naturales 628
Fotografía 107. Pastos arbolados 629
Fotografía 108. Pastos enmalezados..... 630
Fotografía 109. Mosaico de cultivos 400-750 msnm 631
Fotografía 110. Mosaico de cultivos y pastos (200-400 msnm) 631
Fotografía 111. Mosaico de cultivos y pastos (400-750 msnm) 632
Fotografía 112. Mosaico de cultivos y pastos (750-1500 msnm) 633
Fotografía 113. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (200-400 msnm) 633
Fotografía 114. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (400-750 msnm) 634
Fotografía 115. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (750-1500 msnm) 635
Fotografía 116. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (1500-2300 msnm) 635
Fotografía 117. Mosaico de pastos con espacios naturales (200-400 msnm)..... 636
Fotografía 118. Mosaico de pastos con espacios naturales (400-750 msnm)..... 637
Fotografía 119. Mosaico de pastos con espacios naturales (750-1500 msnm)... 637
Fotografía 120. Mosaico de cultivos y espacios naturales (750-1500 msnm) 638
Fotografía 121. Bosque denso alto de tierra firme heterogéneo (200-400 msnm) 639
Fotografía 122. Bosque denso alto de tierra firme heterogéneo (400-750 msnm) 640

Fotografía 123. Bosque denso alto de tierra firme heterogéneo (750-1500 msnm) 641
Fotografía 124. Bosque denso alto inundable heterogeneo en la margen del Rio Hacha 641
Fotografía 125. Cananguchales en cauces 642
Fotografía 126. Cananguchales asociadas a pasturas 643
Fotografía 127. Bosque denso bajo de tierra firme poco intervenido por el hombre (1500-2300 msnm) 644
Fotografía 128. Bosque denso bajo de tierra firme poco intervenido por el hombre (2300-3000 msnm) 644
Fotografía 129. Bosque abierto alto de tierra firme muy intervenido (200-400 msnm) 645
Fotografía 130. Bosque abierto alto de tierra firme moderadamente intervenido (400-750 msnm) 646
Fotografía 131. Bosque abierto alto de tierra firme poco intervenido (750-1500 msnm) 646
Fotografía 132. Bosque fragmentado con pastos y cultivos 647
Fotografía 133. Bosque fragmentado con pastos (750-1500 msnm) 648
Fotografía 134. Bosque fragmentado con pastos (450-750 msnm) 648
Fotografía 135. Bosque fragmentado con cultivos (750-1500 msnm) 649
Fotografía 136. Bosque fragmentado con vegetación secundaria (750-1500 msnm) 650
Fotografía 137. Bosque de galería <499 msnm. Quebrada El Dedito 651
Fotografía 138. Bosque de galería >500 msnm. Quebrada Las Doradas 651
Fotografía 139. Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (200-400 msnm) 652
Fotografía 140. Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (400-750 msnm) 653
Fotografía 141. Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (750-2300 msnm). 653
Fotografía 142. Vegetación secundaria baja o de transición de origen antrópico (200-750 msnm) 654
Fotografía 143. Vegetación secundaria baja o de transición de origen antrópico (750-1500 msnm) 655
Fotografía 144. Zonas Arenosas Naturales 656
Fotografía 145. Tierras desnudas y degradadas 657
Fotografía 146. Zonas quemadas Vereda Damas Arriba – Santo Domingo 657
Fotografía 147. Zonas taladas 658
Fotografía 148. Zonas pantanosas (humedales) 659
Fotografía 149. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua (Humedal Vaticano) 660
Fotografía 150. Superficies de Agua – Río Hacha 661
Fotografía 151. Lagunas, lagos y ciénagas naturales 661

Fotografía 152. Estanques Piscícolas 662

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1. Datos hidrometereológicos
Anexo 2. Análisis de datos metereológicos
Anexo 3. Salidas cartográficas Clima
Anexo 4. Balance hidroclimático
Anexo 5. Metodología geología y geomorfología
Anexo 6. Control de campo geología
Anexo 7. Geología económica
Anexo 8. UGS-Geomorfología
Anexo 9. Hidrogeología
Anexo 10. Delimitación de la cuenca.
Anexo 11. Parametros morfométricos
Anexo 12. Datos Hidrológicos IDEAM
Anexo 13. Modelo hidrológico diario
Anexo 14. Resultados de caudales e índices
Anexo 15. Modelo hidrológico Q máximo
Anexo 16. Información monitoreo caliad de agua
Anexo 17. Vertimientos en la cuenca el río Hacha.
Anexo 18. Objetivos de calidad río Hacha
Anexo 19. Calculos cargas contaminantes
Anexo 20. Muestreos calidad de aguas
Anexo 21. Indices de calidad de aguas
Anexo 22. Geomorfología Carvajal
Anexo 23. Capacidad de uso de la tierra
Anexo 24. Cobertura y uso de la tierra
Anexo 25. Caracterización Flora
Anexo 26. Caracterización Fauna

3. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO-BIÓTICO

La actualización del POMCA del río Hacha incluye la revisión del componente Biofísico, entendido este como el conjunto de factores y elementos que integran el medio natural, y cuyas interacciones y dinámicas determinan las características del territorio delimitado por la cuenca, permitiendo inferir su vulnerabilidad frente a las principales actividades humanas y la sostenibilidad de los recursos de la cuenca en el largo plazo.

La cuenca hidrográfica funciona como un sistema complejo, dinámico y abierto, por lo que el gran reto para la caracterización del medio biofísico consiste en realizar una caracterización integral de los componentes naturales que permita aprehender su integridad sin perder de vista la heterogeneidad espacial (Dirección de Manejo Integral de Cuencas Hidricas, 2003). De esta manera la caracterización del medio físico biótico se constituye en la base del análisis del territorio ya que evalua el recurso natural sobre el cual se asienta la población y desarrolla sus actividades, permitiendo el reconocimiento de limitantes, potencialidades y conflictos que se convierten en insumo para la definición de alternativas y/o medidas de manejo acordes con la realidad y necesidades de la cuenca y sus habitantes.

En este proceso de consulta y construcción de conocimiento es fundamental la aplicación de la Estrategia de participación diseñada para la actualización del POMCA del rio Hacha, la cual esta basada en el enfoque Territorial Participativo, que busca el empoderamiento de las comunidades en torno a la identificación de problemáticas de su territorio y la posibilidad de construir soluciones conjuntas.

De esta manera, en el proceso de actualización de la caracterización físico-biótica de la cuenca se hizo uso de herramientas para incentivar la participación y vinculación de los actores que viven y hacen uso de los recursos de la cuenca, promoviendo la creación de mesas veredales de trabajo, las cuales fueron fundamentales en los procesos de planeación y realización de las salidas de campo para el levantamiento de información a través de las rutas veredales.

Para la caracterización del componente biofísico se desarrollaron las rutas veredales nombradas como: Agua, Tierra y Naturaleza, en las cuales se generó un diálogo constante que promovió el intercambio de saberes técnicos con los saberes experienciales y de esta manera se logra la construcción participativa de conocimiento en la fase de Diagnóstico de la actualización del POMCA del Río Hacha que se refleja en este capitulo.

3.1 CLIMA

El presente informe corresponde al Estudio de las variables climatológicas en la cuenca del río Hacha, en la jurisdicción de la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia – Corpoamazonia.

El estudio climatológico tuvo como objetivo principal la determinación, recopilación y análisis de la información existente sobre la precipitación, brillo solar, temperatura, humedad relativa, velocidad y recorrido del viento y evaporación mensual. Aspectos climáticos que permiten establecer los estados de tiempo recurrentes a través de largos periodos y el desarrollo de fenómenos físicos de la atmósfera y sus efectos sobre la superficie terrestre.

El régimen climático de una región es de gran importancia para determinar la posibilidad de desarrollar cualquier tipo de actividad, de tal manera que sea la base para realizar cada labor de forma exitosa, teniendo en cuenta el efecto que el clima tiene sobre ella.

Los objetivos específicos buscan presentar la serie de registros de las características consideradas en el análisis climatológico, así como su variación temporal y espacial a nivel mensual, con el propósito de evaluar las condiciones climáticas medías en la zona en la que se encuentra localizada la cuenca del río Hacha.

Información utilizada

La información secundaria utilizada se cita en el texto. Básicamente se trata de la información correspondiente a las estaciones meteorológicas existente al interior de la cuenca y en sus alrededores. En la sección 3.1.1, más adelante, se relacionan las estaciones utilizadas, pertenecientes a la red del IDEAM principalmente.

La información meteorológica disponible y recopilada fue luego procesada y analizada con la finalidad de elaborar los mapas de distribución de las principales variables climatológicas de la cuenca y efectuar el balance hídrico correspondiente.

Metodología

El clima regional de Colombia está definido por las propiedades relevantes de los valores medios de los campos, que están forzados por las condiciones de frontera de la atmósfera, de la distribución de continente–océano y las variaciones de la radiación solar sobre la superficie, en el espacio y tiempo. Estos fenómenos atmosféricos son fuertemente influenciados por la distribución de la topografía y la vegetación en la superficie dentro del territorio colombiano (Guzmán, 2014).

La zona de convergencia Intertropical (ZCIT), marca la convergencia entre el aire del hemisferio Norte y el hemisferio Sur. En esta zona, los vientos alisios del Noreste que son originados por el aire que fluye alrededor del anticiclón del Atlántico Norte encuentran a los alisios del Sureste que a su vez son originados por los anticiclones del Pacífico y el Atlántico Sur. Debido al flujo convergente, La ZCIT es la región de mayor nubosidad y lluvias. La convección y la precipitación asociada se concentra alrededor de conglomerados de nubosidad muy definidas que la hacen fácilmente identificable en las fotos de satélite (Hurtado, 2000).

Poveda (1998) halló que los vientos transecuatoriales que soplan sobre el océano Pacífico adquieren una trayectoria del oeste hacia el este y penetran al interior de Colombia en forma de una corriente superficial. Teniendo en cuenta estos resultados Poveda et. al, (2006) encontraron que existe una correlación importante entre la advección de humedad por el chorro del Chocó y las diferentes fases del fenómeno ENSO, lo cual influye en la hidrología y la climatología del país y en especial de la región Pacífica.

De acuerdo con lo anterior, el análisis del clima contempla las siguientes componentes y/o etapas:

- Recopilación de la información meteorológica original y tratada (ver sección 3.1.1).

- Tratamiento y análisis de la información existente con el objeto de identificar la variabilidad climática (intra e interanual) en la cuenca, teniendo en cuenta la influencia de fenómenos macroclimáticos (mínimo ENSO – en sus fases fría y cálida). En función de la información disponible, considerar la pertinencia de un análisis de tendencias de las principales variables meteorológicas relacionadas con el comportamiento hidrológico de la cuenca (precipitación y temperatura). En la sección 3.1.2 se indica en detalle la metodología empleada para el tratamiento de la información.

- Caracterización (temporal y espacial) del clima en la cuenca hidrográfica en ordenación en un contexto regional, teniendo en cuenta la información disponible tratada para las variables climáticas que hayan sido monitoreadas sistemáticamente. Espacialización de las variables climáticas referidas a: precipitación media anual y mensual; temperatura media, máxima y mínima mensual y anual; evapotranspiración potencial y real anual y mensual.

- Cálculo de balance hídrico de largo plazo (caudal medio anual de largo plazo) para la cuenca en ordenación, realizando validación en función de la información disponible de caudales observados. Su análisis, deberá considerar las unidades hidrográficas a nivel de subcuenca cuando la información así lo permita.

- Clasificación climática de la cuenca, teniendo en cuenta sus particularidades, según los lineamientos de la metodología estándar para Colombia de Caldas-Lang.

Entender y caracterizar las condiciones espacio temporales climáticas de un área de estudio, requiere la recolección y caracterización de registros de estaciones meteorológicas de las principales entidades que posean una red de monitoreo dentro y alrededor del área a estudiar. Por tal motivo un paso importante y previo a la caracterización espacio temporal del clima, es la identificación y análisis de la red de observación meteorológica, “verificando la homogeneidad y calidad de los registros utilizados, indispensable para una aplicación estadística valida” (OMM, 2008), esto con el fin de no perturbar e incluir ruido en los registros y finalmente en los análisis realizados.

3.1.1 Información meteorológica original y tratada.

Para una mejor descripción climática consistente y un cubrimiento completo del área de estudio se eligieron las estaciones que se encuentran dentro y/o cercanas a la cuenca del río Hacha.

En la Tabla 1, se presenta la relación de las estaciones pluviométricas y climatológicas identificadas dentro y/o cerca de la zona del estudio y cuya información fue recopilada para el presente estudio. En la tabla antes mencionada se describe el código de la estación, la categoría, las coordenadas geográficas, la elevación, la corriente o cuenca, el municipio donde se encuentran y el año de registro de los datos disponibles. En el Anexo 1 se encuentran los datos originales a nivel mensual y diario según lo entregado por las entidades (Anexo 1-1_Datos_crudos).

Estas estaciones hacen parte de la red hidrometeorológica del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. En la Figura 1, se presentan la localización de las estaciones.

Dichos análisis se realizan tomando la información suministrada por el IDEAM, y que corresponde a los datos de lluvia (valores totales mensuales de prepitación), de once estaciones localizadas en el área de influencia de la cuenca. Las variables temperatura (valores mensuales de temperatura), evaporación (valores totales mensuales de evaporación), humedad relativa (valores mensuales de humedad relativa), brillo solar (valores mensuales de brillo solar), nubosidad (valores mensuales de nubosidad) y vientos de las estaciones con los datos de siete (7) estaciones de las categorías Climatológicas Ordinarias (CO) Agro Meteorológicas (AM) y Pluviométricas (PM) presentadas en la Tabla 1 (Ver Tabla 1 y Anexo 1).

Tabla 1. Datos estaciones meteorológicas del IDEAM en el área de influencia de la Cuenca del Río Hacha.

ESTACIÓN-	CÓDIGO-	TIPO*	PARÁMETRO-	DATO	NORTE	ESTE	ELEV.	CORRIENTE-	AÑO DE REGISTRO	
					m	m	(msnm)		INICIAL	FINAL
LARANDIA	4403006	PM	Pp Total	Mes	1177836.2	657377.2	270	ORTEGUAZA	1984	2017
APTO G ARTU	4403502	SS	Pp Total	Mes	1172261.8	668434.8	244.0	HACHA	1969	2016
			Evaporación	Mes						
			Temperatura Max	Mes						
			Temperatura Med	Mes						
			Temperatura Min	Mes						
			Humedad Relativa	Mes						
			Brillo Solar	Mes						
MACAGUAL	4403503	AM	Pp Total	Diaria/Mes	1164802.0	670309.8	280.0	ORTEGUAZA	1976	2016
			Evaporación	Mes						
			Temperatura Max	Mes						
			Temperatura Med	Mes						
			Temperatura Min	Mes						
			Humedad Relativa	Mes						
			Brillo Solar	Mes						
BELEN DE AN	4404002	PM	Pp Total	Mes	1131420.2	649937.7	300	PESCADO	1990	2017
VALPARAISO	4404502	CO	Pp Total	Mes	1153694.9	629708.8	270.0	PESCADO	1968	2016
			Evaporación	Mes						
			Temperatura Max	Mes						
			Temperatura Med	Mes						
			Temperatura Min	Mes						
			Humedad Relativa	Mes						
			Brillo Solar	Mes						
GUADALUPE	2103005	PM	Pp Total	Mes	1146180.7	714539.2	950	SUAZA	1960	2017
ACEVEDO	2103008	PM	Pp Total	Mes	1133286.3	694178.8	1235	SUAZA	1971	2017

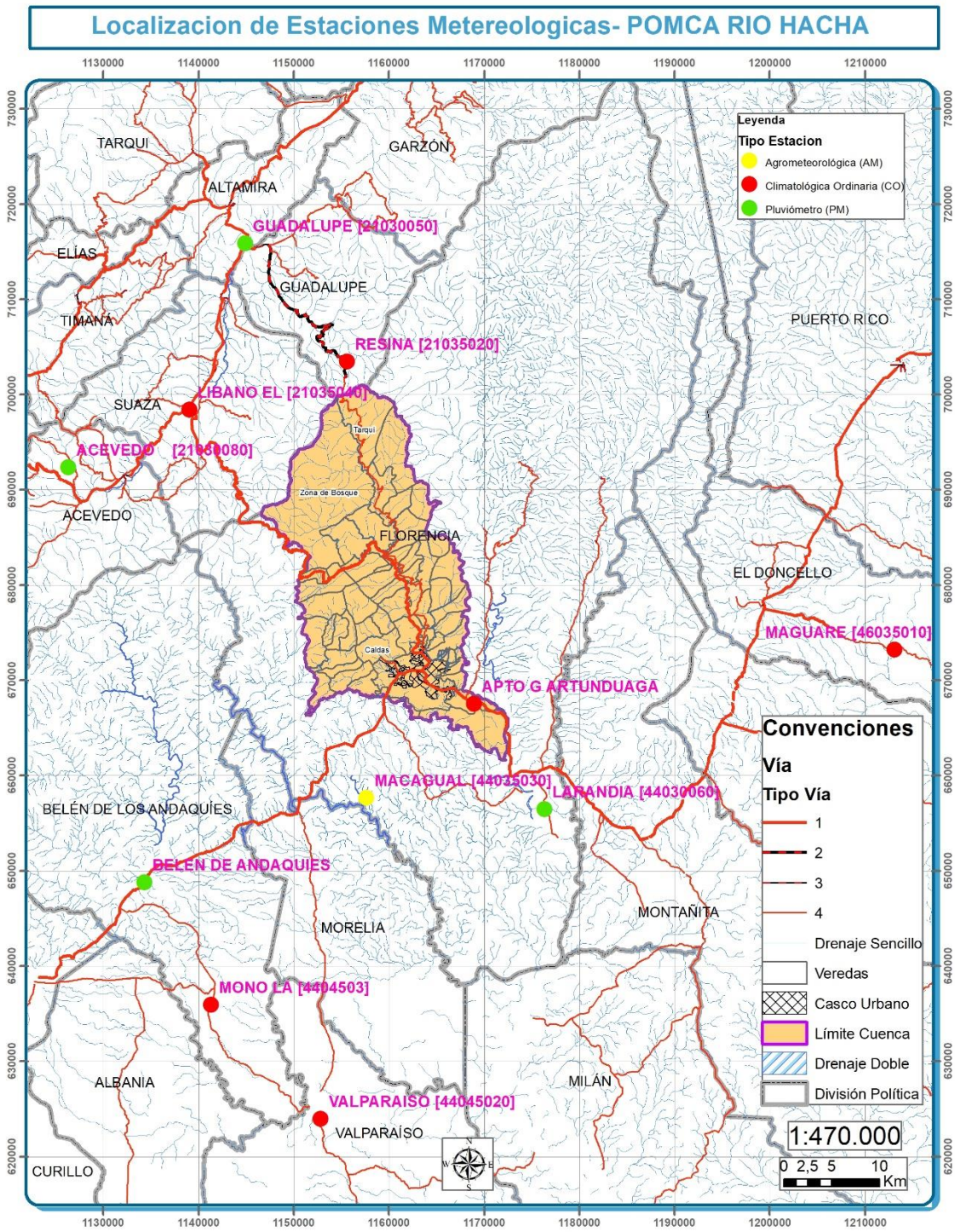
*PM: Pluviométrica; CO: Climatológica Ordinaria; AM: Agrometeorológica.
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Tabla 1 (Continuación). Datos estaciones meteorológicas del IDEAM en el área de influencia de la Cuenca del Río Hacha

ESTACIÓN	CÓDIGO	TIPO*	PARÁMETRO	DATO	NORTE	ESTE	ELEV.	CORRIENTE	AÑO DE REGISTRO	
					m	m	(msnm)		INICIAL	FINAL
MONO LA	4404503	CO	Pp Total	Mes	1142557.6	638883.3	300.0	PESCADO	1967.0	2016
			Evaporación	Mes						
			Temperatura Max	Mes						
			Temperatura Med	Mes						
			Temperatura Min	Mes						
			Humedad Relativa	Mes						
			Brillo Solar	Mes						
RESINA	2103502	CO	Pp Total	Mes	1153644.6	705254.2	2035.0	SUAZA	1971	2007
			Evaporación	Mes						
			Temperatura Max	Mes						
			Temperatura Med	Mes						
			Temperatura Min	Mes						
			Humedad Relativa	Mes						
			Brillo Solar	Mes						
LIBANO EL	2103504	CO	Pp Total	Diaria/Mes	1136956.3	697941.7	1045.0	SUAZA	1986	2017
			Temperatura Max	Mes						
			Temperatura Med	Mes						
			Temperatura Min	Mes						
			Humedad Relativa	Mes						
MAGUARE	4603501	CO	Pp Total	Mes	1216793.0	670353.5	270.0	GUAYAS	1967	2016
			Evaporación	Mes						
			Temperatura Max	Mes						
			Temperatura Med	Mes						
			Temperatura Min	Mes						
			Humedad Relativa	Mes						
			Brillo Solar	Mes						

*PM: Pluviométrica; CO: Climatológica Ordinaria; AM: Agrometeorológica.
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Figura 1. Localización geográfica de las estaciones meteorológicas en la cuenca del río Hacha



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

En general, dentro de la cuenca del río Hacha, se cuenta con muy poca información de estaciones metereológicas. Como se aprecia en la Figura 1, son dos (2) las estaciones que se ubican dentro de la cuenca, la estación Aeropuerto Artunduaga y Bocatoma 1. Se encuentra otra estación llamada Florencia C.A, pero no fue utilizada, pues fue suspendida desde el año 1983, por lo que los datos diarios no fueron utilizados en el análisis, debido a la falta de cobertura de las estaciones y de una serie de datos significativa para hacer los cálculos. En vista de esta ausencia de información meteorológica dentro de la cuenca se utilizó información de estaciones cercanas para poder interpolar los datos de las diferentes variables climáticas (Ver Anexo 1).

Las mediciones meteorológicas en Colombia y en particular para la cuenca, son efectuadas principalmente por el IDEAM y responden a un gran número de necesidades para las aplicaciones e investigaciones sobre el clima, siendo el enfoque para ubicación de las estaciones, un enfoque con visión nacional. Ante esto, y debido a que el área de la cuenca no es significativa a nivel regional el IDEAM establece una red, dentro de la cuenca, con un número bajo según el área de cobertura, siendo en este caso, dos estaciones.

Las caracterizaciones del régimen climático regional son dicientes a partir de la información mensual y anual, cosa que no ocurre por si sola con la información diaria, que en estos casos permitiría simplemente a partir de la misma, generar las condiciones a nivel mensual y anual, lo que no es diferente (incluso el análisis y los resultados son los mismos) de analizar los datos a nivel mensual. Por esta razón se decide trabajar únicamente con los datos mensuales y anuales para efectos de caracterizar el clima en la región.

3.1.2 Tratamiento de la información metereológica

3.1.2.1 Llenado de datos faltantes. Previo al análisis de consistencia de las series, y al análisis de homogeneidad, se realiza un llenado de datos faltantes, empleando los valores promedio mensuales de cada mes del año para cada uno de los parámetros de las estaciones (Ver Anexo 1-2_Datos_Procesados). En la Tabla 2, se presentan los porcentajes de datos faltantes de cada una de las series de datos mensuales empleadas para los distintos análisis.

Como se observa en la Tabla 2, solo en un caso puntual, el valor de los vacíos de información supera el 10 % de los datos, que no es recomendable para el llenado de datos faltantes, en este caso para la variable evaporación de la estación Valparaíso. Sin embargo, para efectos de caracterización del área de estudio, se considera que posterior al llenado de datos, las series se pueden emplear.

Tabla 2. Datos faltantes de las estaciones del IDEAM empleadas para el análisis climático de la cuenca del río Hacha.

CÓDIGO	NOMBRE	TIPO*	VARIABLE	ESCALA	FALTANTES (%)
44045020	VALPARAISO	CO	Brillo Solar	Valores Totales Mensuales (Horas)	4.7
			Evaporación	Valores Totales Mensuales (mms)	14.2
			Humedad Relativa	Valores Medios Mensuales (%)	5.5
			Nubosidad	Valores Medios Mensuales (Octas)	3.0
			Precipitación	Valores Totales Mensuales (mms)	1.9
			Temperatura	Valores Medios Mensuales (°C)	0.6
			Temperatura	Valores Maximos Mensuales (°C)	5.2
			Temperatura	Valores Minimos Mensuales (°C c)	5.7
21035020	RESINA	CO	Brillo Solar	Valores Totales Mensuales (Horas)	7.0
			Evaporacion	Valores Totales Mensuales (mms)	8.6
			Humedad Relativa	Valores Medios Mensuales (%)	8.0
			Nubosidad	Valores Medios Mensuales (Octas)	6.9
			Precipitación	Valores Totales Mensuales (mms)	2.9
			Temperatura	Valores Medios Mensuales (°C)	3.7
			Temperatura	Valores Maximos Mensuales (°C)	8.0
			Temperatura	Valores Minimos Mensuales (°C)	5.8
21030080	ACEVEDO	PM	Precipitación	Valores Totales Mensuales (Mms)	0.3
44030060	LARANDIA	PM	Precipitación	Valores Totales Mensuales(mms)	0.8
44040020	BELEN DE ANDAQUIES	PM	Precipitación	Valores Totales Mensuales (mms)	0.9
21030050	GUADALUPE	PM	Precipitación	Valores Totales Mensuales (mms)	0.1

Fuente: Ecointegral 2018. Contrato N°0390 de 2016.
*PM: Pluviométrica; CO: Climatológica Ordinaria.

Tabla 2 (Continuación). Datos faltantes de las estaciones del IDEAM empleadas para el anális climático de la cuenca del río Hacha

CÓDIGO	NOMBRE	TIPO*	VARIABLE	ESCALA	FALTANTES (%)
44035020	APTO G ARTUNDUAGA	CO	Brillo Solar	Valores Totales Mensuales (Horas)	2.3
			Evaporacion	Valores Totales Mensuales (Mms)	3.6
			Humedad Relativa	Valores Medios Mensuales (%)	4.3
			Nubosidad	Valores Medios Mensuales (Octas)	2.5
			Precipitación	Valores Totales Mensuales (Mms)	0.7
			Temperatura	Valores Medios Mensuales (°C)	0.9
			Temperatura	Valores Maximos Mensuales (°C)	2.9
			Temperatura	Valores Minimos Mensuales (°C)	4.9
44035030	MACAGUAL	AM	Brillo Solar	Valores Totales Mensuales (Horas)	2.2
			Evaporacion	Valores Totales Mensuales (Mms)	7.4
			Humedad Relativa	Valores Medios Mensuales (%)	2.6
			Nubosidad	Valores Medios Mensuales (Octas)	9.7
			Precipitación	Valores Totales Mensuales (mms)	1.7
			Temperatura	Valores Medios Mensuales (°C)	2.7
			Temperatura	Valores Maximos Mensuales (°C)	4.1
			Temperatura	Valores Minimos Mensuales (°C)	2.4
46035010	MAGUARE	CO	Brillo Solar	Valores Totales Mensuales (Horas)	5.9
			Evaporacion	Valores Totales Mensuales (mms)	9.7
			Humedad Relativa	Valores Medios Mensuales (%)	6.3
			Nubosidad	Valores Medios Mensuales (Octas)	4.3
			Precipitación	Valores Totales Mensuales (mms)	2.3

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016.
*CO: Climatológica Ordinaria; AM: Agrometeorológica.

Tabla 2 (Continuación). Datos faltantes de las estaciones del IDEAM empleadas para el anális climático de la cuenca del río Hacha

CÓDIGO	NOMBRE	CATEGORIA	VARIABLE	ESCALA	FALTANTES (%)
46035010	MAGUARE	CO	Temperatura	Valores Medios Mensuales (°C)	4.8
			Temperatura	Valores Maximos Mensuales (°C)	9.4
			Temperatura	Valores Minimos Mensuales (°C)	7.1
21035040	LIBANO EL	CO	Humedad Relativa	Valores Medios Mensuales (%)	9.2
			Nubosidad	Valores Medios Mensuales (Octas)	3.1
			Precipitación	Valores Totales Mensuales (mms)	0.0
			Temperatura	Valores Medios Mensuales (°C)	5.0
			Temperatura	Valores Maximos Mensuales (°C)	1.6
			Temperatura	Valores Minimos Mensuales (°C)	1.7
44045030	MONO LA	CO	Brillo Solar	Valores Totales Mensuales (Horas)	3.8
			Evaporacion	Valores Totales Mensuales (mms)	3.4
			Humedad Relativa	Valores Medios Mensuales (%)	3.4
			Nubosidad	Valores Medios Mensuales (Octas)	2.0
			Precipitación	Valores Totales Mensuales (mms)	0.4
			Temperatura	Valores Medios Mensuales (°C)	1.8
			Temperatura	Valores Maximos Mensuales (°C)	3.9
			Temperatura	Valores Minimos Mensuales (°C)	6.1

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016
* CO: Climatológica Ordinaria.

3.1.2.2 Consistencia. Las series históricas de precipitación utilizadas en el presente estudio fueron objeto de análisis de consistencia, homogeneidad y de identificación de valores anómalos con el fin de establecer la calidad y confiabilidad de los registros, teniendo en cuenta que la precipitación es la principal variable que en nuestro medio caracteriza el estado del tiempo atmosférico y base para el análisis de los procesos hidroclimatológicos en una cuenca.

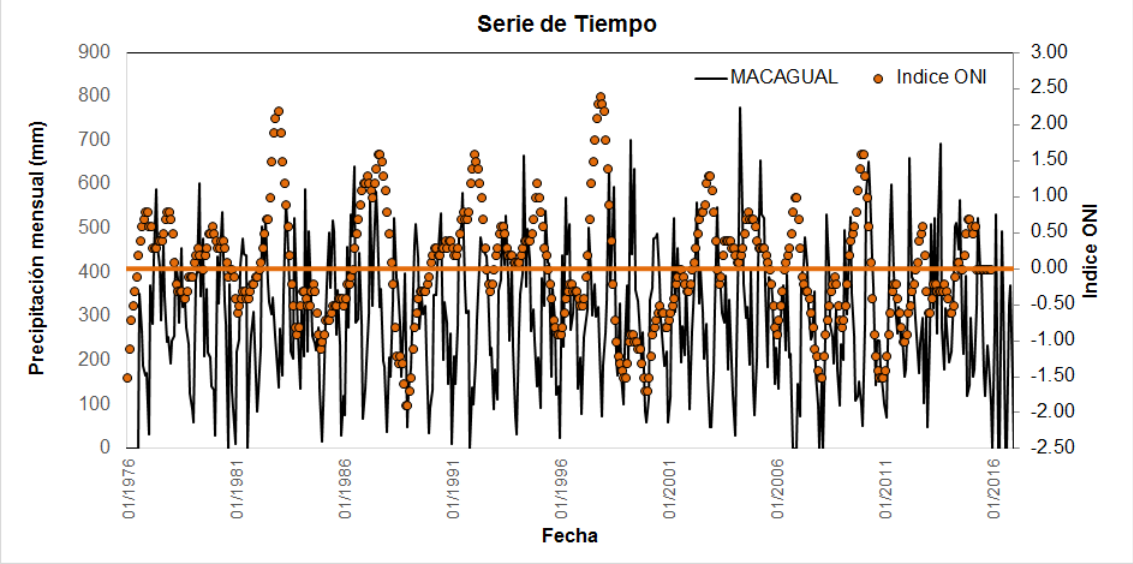
El análisis exploratorio se realiza con el fin de identificar la consistencia de los datos de precipitación en cada una de las estaciones que fueron recopiladas, donde se puede apreciar el comportamiento de la variable en el tiempo, para observar el comportamiento físico de las variables de interés. La exploración de los datos se efectuó para las siguientes resoluciones temporales: mensual y anual, con el objetivo de identificar los registros consistentes y aquellos que deben ser descartados porque pueden ser datos anómalos. El análisis se soporta en los siguientes elementos: series de tiempo, curva de masa simple, ciclo multianual y serie del ONI (Oceanic Niño Index), para determinar estacionalidad influida por el ENSO.

A continuación, se presenta el análisis exploratorio para dos estaciones de la cuenca del río Hacha, describiendo los puntos considerados en la observación y posterior descarte o no de una serie de tiempo. En el Anexo 2 se encuentran los resultados del análisis exploratorio realizado a todas las estaciones con los datos tratados.

En la Gráfica 1 y Gráfica 2 se muestra la representación gráfica del comportamiento de la serie de tiempo de precipitación de la estación Macagual con código 44035030, ubicada en el municipio de Florencia, pero por fuera de los límites de la cuenca del río Hacha. El comportamiento de la serie de tiempo a nivel de datos mensuales y de la curva de masa simple se compara con la evolución temporal del índice ONI de la NOAA que representa las anomalías de temperatura del Océano Pacífico relacionadas con la celda de Walker (ENSO), con respecto al punto de referencia cero representado en las gráficas por una línea recta horizontal color naranja, y por último se presenta el ciclo multianual de la series con el objetivo de identificar las características mensuales que representan a cada una mediante diagrama de caja. El Anexo 2 contiene los resultados del análisis de la calidad de la información, la longitud de las series, análisis de consistencia, tendencia, homogeneidad, análisis del índice ONI.

En la Gráfica 1 es evidente el comportamiento de la serie de tiempo de precipitación en la estación Macagual con respecto a la presencia del fenómeno ENSO. Se puede observar la baja precipitación ligada a la influencia de eventos El Niño en los años 1982-1983, 1986-1987, 1997-1998, 2002-2003 y 2009-2010 sobre la lámina precipitada en la estación, y la influencia del último fenómeno de La Niña en el período de 2010 – 2011, donde se puede apreciar el índice del ONI y la alta precipitación que se presentó en esta época.

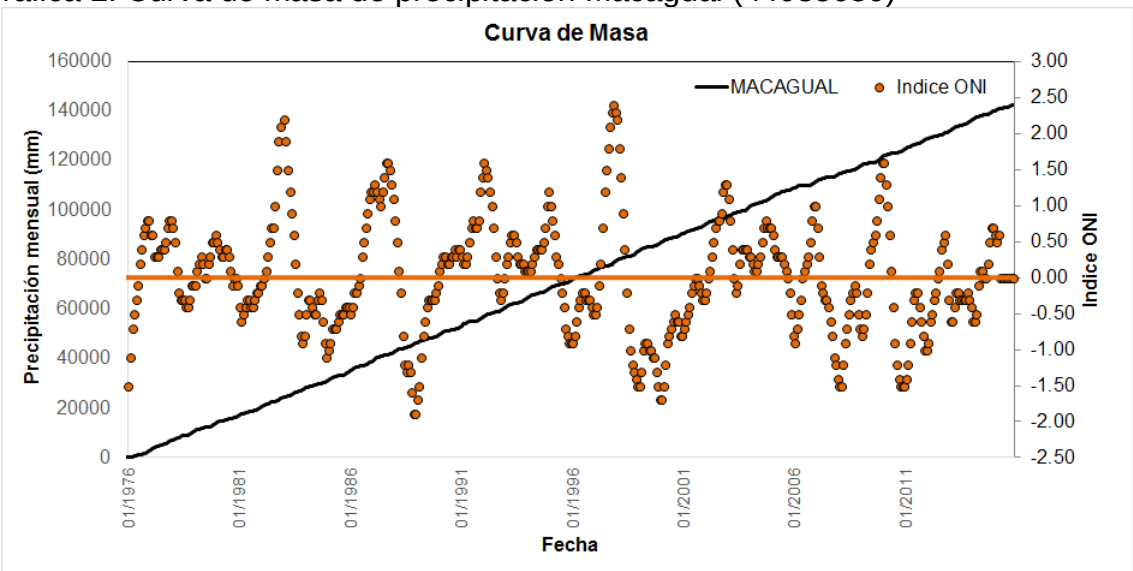
Gráfica 1. Serie de tiempo de precipitación estación Macagual (44035030) y serie de tiempo del ONI



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

La curva de masa simple presentada en la Gráfica 2 permite analizar la calidad de los datos donde no se presentan cambios de pendiente en la serie, teniendo en cuenta el comportamiento de la variabilidad climática, lo que permite inferir que no existen problemas relevantes en el registro de los datos.

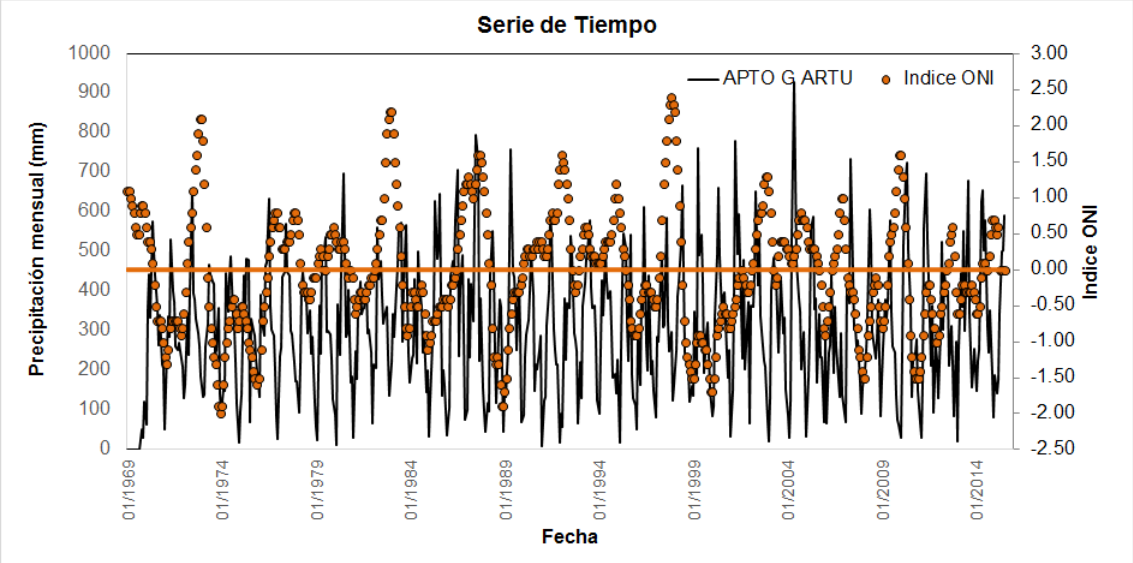
Gráfica 2. Curva de masa de precipitación Macagual (44035030)



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

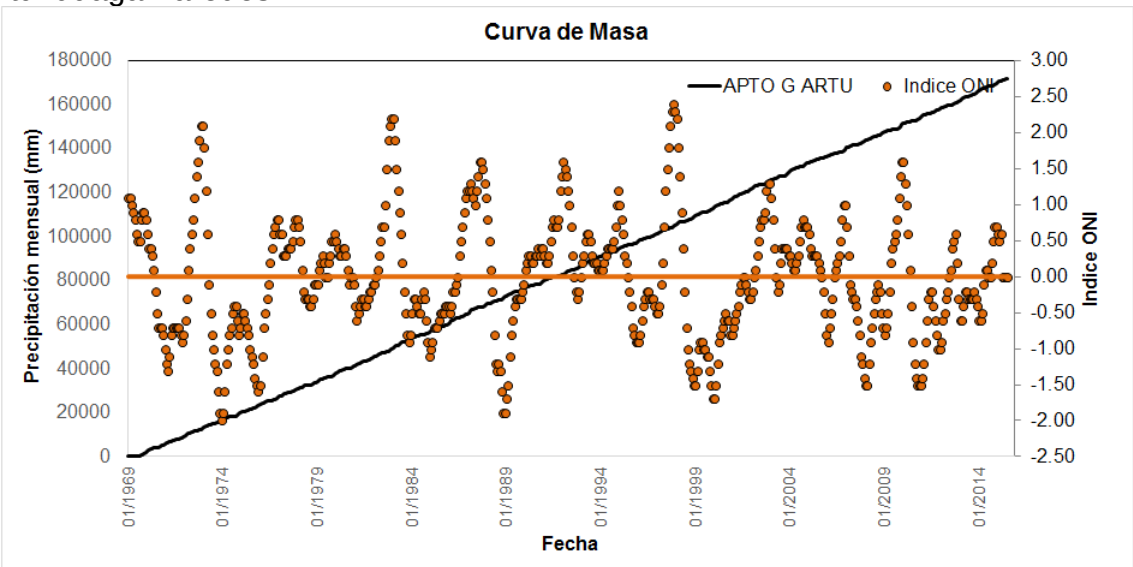
En la Gráfica 3 y Gráfica 4 se desarrolla el mismo análisis que se elaboró para la estación Macagual, pero para una estación (Aeropuerto Nacional Gustavo Artunduaga Paredes) ubicada dentro de los limites de la cuenca, por lo tanto, se tuvieron en cuenta para la espacialización de la precipitación y demás variables que requieren de este dato.

Gráfica 3. Serie de tiempo de precipitación estación Aeropuerto Nacional Gustavo Artunduaga Paredes y serie de tiempo del ONI



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

Gráfica 4. Curva de masa de precipitación Aeropuerto Nacional Gustavo Artunduaga Paredes



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

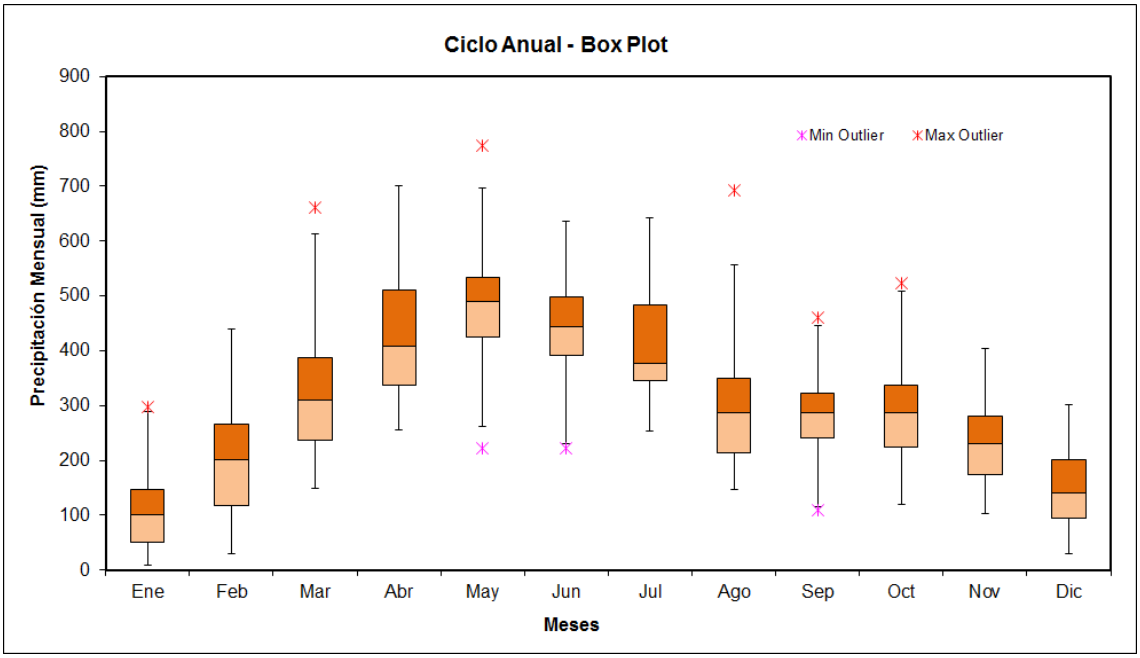
3.1.2.3 Análisis de identificación de puntos anómalos (outliers). Se realizó mediante la utilización de diagramas de cajas y bigotes con el objeto de identificar datos atípicos y atípicos extremos superiores o inferiores en la serie de caudales, identificando posibles errores en la toma de datos o la comprobación de la ocurrencia de los mismos.

Los diagramas de cajas y bigotes es un tipo de gráfico estadístico que permite resumir información utilizando como mínimo cinco medidas estadísticas (valor mínimo y máximo, la mediana, primer - Q25 y tercer cuartil – Q75), además de proporcionar una idea de la tendencia central del conjunto de datos, la dispersión de los mismos y la posible presencia de datos atípicos. En las gráficas los datos anómalos o atípicos se representan por fuera de las patillas del diagrama de cajas y se muestra si es un valor atípico (alejado 1,5 desviaciones estándar) o si son Valores atípicos extremos (alejado 3 desviaciones estándar). La longitud de las patillas permite evidenciar la homogeneidad de los datos suministrados en la estación.

En la Gráfica 5, se muestra el comportamiento del ciclo anual de la precipitación, mediante la aplicación de diagramas de caja y bigotes a nivel mensual y con la representación de los respectivos mínimos y máximos. Este diagrama permite visualizar a nivel de la media de la precipitación mensual los cuartiles 25, 50 y 75 de la serie analizada. En la estación Macagual, la precipitación presenta un comportamiento bimodal, comportamiento general de la zona e influenciado por el paso de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). Es evidente el régimen de precipitación en la zona es de tipo monomodal, con un período de lluvias intensas, y otro período de baja precipitación. La temporada de alta precipitación se presenta entre los meses de abril a julio, la temporada de baja precipitación se presenta principalmente entre los meses de diciembre a febrero, siendo el mes de enero, el que presenta los valores totales mensuales más bajos. Del análisis de los datos de precipitación después de realizar el control gráfico de calidad de la serie de tiempo se puede concluir que la serie es consistente y sin errores de importancia en el registro.

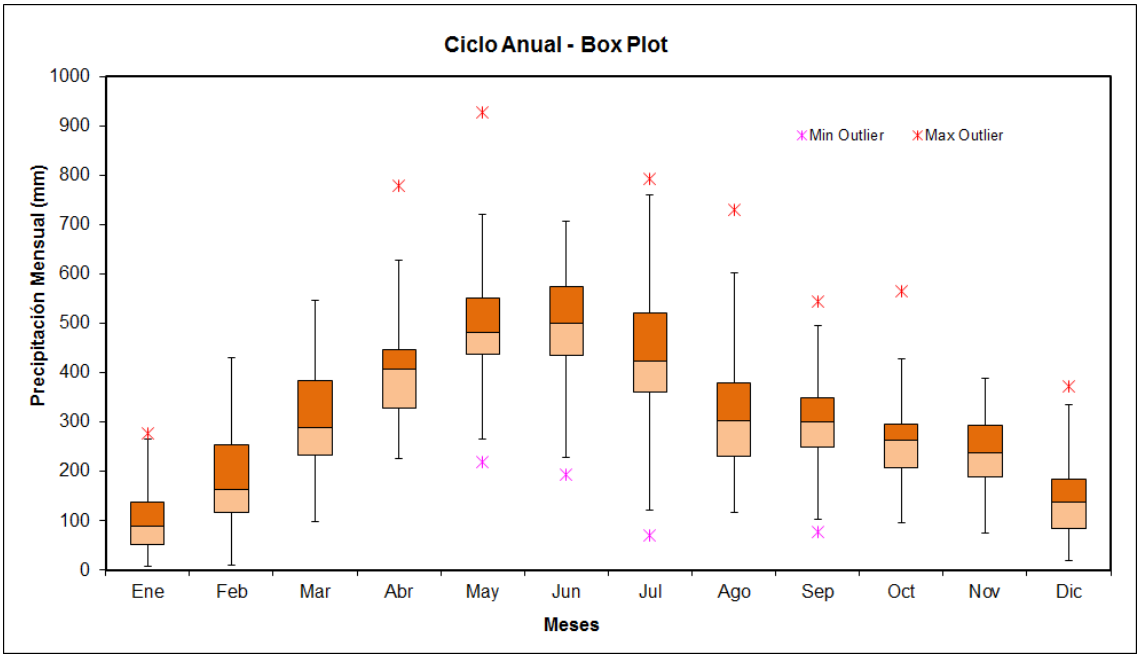
En la Gráfica 6, se desarrolla el mismo análisis para la estación Aeropuerto Nacional Gustavo Artunduaga Paredes que se elaboró para la estación Macagual, en la identificación de datos anómalos. Cada uno de estos valores puede ser consultado en el Anexo 1-2 (Datos_Procesados) para las demás estaciones.

Gráfica 5. Ciclo multianual de precipitación estación Macagual



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

Gráfica 6. Ciclo multianual de precipitación estación Aeropuerto Nacional Gustavo Artunduaga Paredes



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

3.1.2.4 Análisis de Homogeneidad. El análisis de homogeneidad de las series anuales de precipitación tiene por objeto detectar si las series presentan cambios o tendencias en la media y en la varianza. En caso de que se presenten, es preciso entrar a evaluar si estos cambios son producto de incremento de presión antrópica, consecuencia de fenómenos naturales o deficiencia en la captura o procesamiento de los datos y en algunas ocasiones ser removidos de la serie original, ya que pueden conducir a tener resultados poco confiables.

La segunda parte del análisis exploratorio es aplicar varios test de homogeneidad correspondiente al análisis estadístico de las series cuando éste es aplicable. Este análisis permite determinar si hay cambio en la media, varianza y si se presenta tendencia en la serie desde un punto de vista no estacionario. De acuerdo con la prueba usada para determinar cambios en las series, el análisis de homogeneidad compara los estadísticos de la media y la varianza de las series analizadas con los valores teóricos extraídos de ciertas funciones de distribución de probabilidad. La información detallada de las pruebas aquí realizadas a las respectivas series se encuentra en el Anexo 2 para cada una de las estaciones recolectadas en el presente estudio.

Las pruebas de homogeneidad se aplicaron a las series anuales, debido a que representan el comportamiento general de las series y se garantiza la independencia de los datos. Cabe mencionar que este análisis es más representativo a nivel anual, debido a los ciclos de la precipitación y la dependencia temporal de las pruebas estadísticas de este análisis necesita series de tiempo con la suficiente longitud para que sus resultados sean estadísticamente significativos.

Teniendo en cuenta lo manifestado anteriormente, este tipo de análisis exige que los datos tengan un comportamiento similar a la distribución de probabilidad Normal, lo cual no corresponde precisamente al comportamiento natural de una serie, especialmente por el sesgo que pueden tener los registros por la presencia de eventos extremos como el fenómeno de La Niña y El Niño, tanto en magnitud como frecuencia y que se pueden intensificar en períodos de varios años de registro consecutivo. Las pruebas se emplearon con un nivel de significancia estadística de 0,05 para cada una de las estaciones.

Las pruebas estadísticas aplicadas a los registros de precipitación buscan un cambio en la media y en la varianza, y para buscar tendencias en la media. La prueba utilizada para cambio en la media fue la prueba T simple, el cambio en la varianza se estimó mediante la prueba F simple y la tendencia se analizó a partir de los resultados de la prueba T para rastrear tendencias en la media de la serie.

La Tabla 3, muestra el resumen de los resultados obtenidos del análisis de homogeneidad a nivel anual para cada una de las estaciones. En ella se indica que se acepta la hipótesis de que existe cambio en la media y la varianza

correspondiente a un cambio evidente en la magnitud de esta variable a partir de la evaluación de la igualdad de las medías de las dos subseries generadas al dividir la serie original por un punto de cambio. Para la hipótesis de tendencia se indica si hay tendencia (T) o si no hay tendencia (NT).

Tabla 3. Resumen de los resultados del análisis de homogeneidad para cambio en la media, la varianza y la tendencia.

ESTACIÓN	CÓDIGO	PERIODO DE ANÁLISIS		LONGITUD DE SERIE	PRUEBA T TENDENCIA EN LA MEDIA	PRUEBA DE CAMBIO EN LA MEDIA		PRUEBA DE CAMBIO EN LA VARIANZA	
		Inicial	Final	(años)		Prueba T simple	Fecha de cambio	Prueba F Simple	Fecha de cambio
LARANDIA	4403006	1984	2016	32	NT	A	-	A	-
APTO G ARTU	4403502	1969	2016	47	NT	A	-	A	-
MACAGUAL	4403503	1976	2016	40	NT	A	-	A	-
BELEN DE AN	4404002	1990	2016	26	NT	R	2000	A	-
VALPARAISO	4404502	1967	2016	49	NT	R	1982	R	2000
MONO LA	4404503	1967	2016	49	NT	R	1969	R	1970
GUADALUPE	2103005	1960	2016	56	NT	R	1976	A	-
ACEVEDO	2103008	1971	2016	45	NT	A	-	R	2005
RESINA	2103502	1971	2007	36	NT	A	-	A	-
LIBANO EL	2103504	1986	2016	30	NT	A	-	A	-
MAGUARE	4603501	1967	2016	49	NT	A	-	R	1992

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

En la tabla anterior, se puede observar que la mayoría de los cambios tanto en media como en varianza coinciden con años con influencia del fenómeno ENSO, comportamiento que evidencia la influencia de estos fenómenos en la climatología de la cuenca del río Hacha, para las demás estaciones se puede consultar el Anexo 2.

De acuerdo, al análisis de tendencia aplicado a las estaciones no es pertinente realizar un análisis de no estacionalidad a las series de precipitación para el análisis de eventos extremos ya sean mínimos o máximos, teniendo en cuenta que estas series son estacionarias.

3.1.3 Variabilidad Climatica Intra e Interanual

El clima es el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, el cual se caracteriza por los estados y evoluciones del tiempo en un lugar o región determinado, o en el planeta entero, durante un período de tiempo relativamente largo. El clima de la tierra depende del equilibrio radiactivo, que está controlado por factores radiactivos forzantes, por factores determinantes y por la interacción entre

los diferentes componentes del sistema climático. La radiación solar es el combustible que pone en movimiento la máquina atmosférica y junto con el efecto de invernadero, son los factores forzantes del clima de mayor trascendencia (Montealegre, 1999 – IDEAM 2014).

A finales de la década de los años noventa, los impactos ocasionados por los fenómenos enmarcados dentro del Ciclo El Niño, La Niña – Oscilación del Sur (ENSO), comenzaron a preocupar a la comunidad nacional. Ante la falta de conocimientos sobre estos eventos y sobre su efecto climático en el territorio nacional, se vio la necesidad de desarrollar investigación en este tema, orientada a conocer mejor la física de los mismos, su efecto sobre el medio natural y el clima y el alcance que sus impactos ejercen sobre los sectores productivos, el comercio, la industria y la sociedad en general (IDEAM 2014).

El clima varía en escalas de tiempo y espacio. A través de los años, desde épocas remotas, se han presentado fluctuaciones del clima en diversas escalas de tiempo. Tales fluctuaciones se originan, generalmente, por modificaciones en la forma de interacción entre los distintos componentes del sistema climático y por cambios en los factores radiativos forzantes (Pabón & Montealegre, 2013 – IDEAM 2014).

Para el caso particular de Colombia, la variabilidad climática está condicionada por procesos geofísicos desde la escala horaria hasta la escala interanual, entre ellos el ciclo diurno de temperaturas, las ondas tropicales del este, el ciclo semianual debido al paso de la ZCIT, El Niño-Oscilación del Sur (ENSO), y la Oscilación Inter Decadal del Pacífico (Poveda, 2004). La cuenca del río Hacha, se encuentra influenciada por la presencia de ciclos a escala anual e interanual, definiendo la presencia de temporadas secas y lluviosas cuya intensidad y duración se encuentran a su vez determinadas por el paso de la ZCIT.

Según Poveda (2004), a la escala interanual del ENSO, la variabilidad climática global está fuertemente controlada por la ocurrencia del evento El Niño/Oscilación del Sur. El ENSO tiene una variabilidad estacional asociada con su enfasamiento con el ciclo anual, ya que comienza durante la primavera de hemisferio Norte (marzo – mayo), y alcanza su máximo desarrollo durante el tiempo de diciembre, y de allí el nombre de El Niño. El Niño es la fase cálida del ENSO, en la que se presenta un aumento de las temperaturas superficiales del mar, en particular sobre el centro y el oriente del Pacífico tropical, lo cual conduce a alteraciones en los patrones de circulación de vientos, de presiones atmosféricas superficiales y de precipitación sobre todo el océano Pacífico. La Niña es la fase fría del ENSO.

El ciclo anual de la hidroclimatología de Colombia está dominado por fenómenos físicos como la migración latitudinal de la Zona de Convergencia Intertropical, asociada con la dinámica transecuatorial de advección de humedad por los vientos

alisios del este, la actividad del chorro del Chocó y de los sistemas convectivos de mesoescala (Poveda, 2004).

Como se puede observar en lo anterior expuesto, la oscilación meridional de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) se da como resultado del ciclo anual de temperaturas superficiales por efecto de la insolación, que constituye el mecanismo físico de mayor importancia para explicar el ciclo anual de la hidroclimatología de Colombia. Sobre el centro de Colombia se presentan dos temporadas lluviosas (abril-mayo y octubre-noviembre), y dos temporadas secas (diciembre-febrero y junio-agosto), como resultado del doble paso de la ZCIT sobre el territorio.

3.1.3.1 Los Fenómenos El Niño, La Niña – Oscilación del Sur. Con el fin de determinar la variabilidad climática intra e interanual de las series de precipitación, como principal indicador del comportamiento del clima en la cuenca y la influencia de fenómenos macroclimáticos como el fenómeno ENSO (El Niño, La Niña - Oscilación del Sur), se realizó un análisis de correlaciones cruzadas entre la serie mensual estandarizada de una estación climatológica representativa de la cuenca como es la Macagual y el indicador ONI desarrollado por la NOAA para caracterizar el comportamiento del ENSO.

El ENSO es el evento climático natural de escala global que mayor influencia tiene sobre la hidroclimatología de Colombia, que es la causa de la mayor señal de la variabilidad climática en la zona tropical desde la escala mensual hasta la interanual. El ENSO se genera debido a la interacción entre el océano y la atmósfera en la región del Océano Pacífico tropical, originando sus distintas fases.

El Fenómeno de El Niño es la fase cálida de las fases extremas dentro del ciclo ENSO, en la que se presenta un aumento de las temperaturas superficiales del mar por varios meses, en particular sobre el centro y el oriente del Pacífico tropical hasta las costas del norte de Perú, Ecuador y sur de Colombia, lo cual conduce a alteraciones en los patrones de circulación de vientos, de presiones atmosféricas superficiales y de precipitación sobre todo el Océano Pacífico, en contraste La Niña es la fase fría del ENSO (Poveda, 2004).

Las características y efectos sobre la hidroclimatología de la fase fría del ENSO (La Niña) son opuestas a las del El Niño. Este fenómeno tiene un comportamiento cuasi-periódico con una recurrencia en promedio de cuatro años, pero que varía entre dos y siete años. El origen y la dinámica del ENSO está relacionado con las ondas Kelvin y Rossby en el mar y con la interacción océano-atmósfera a través de la convección profunda ligada a las áreas de mayor temperatura superficial.

3.1.3.2 Análisis de variabilidad interanual de la precipitación. Con el propósito de asociar los procesos oceánicos y atmosféricos de meso y gran escala específicamente el fenómeno ENSO con la variabilidad interanual de la precipitación en la cuenca del río Hacha, se seleccionó el Índice Oceánico del Niño – ONI, Índice de la Oscilación del Sur - SOI y Índice Multivariado del ENSO, el cual permite caracterizar dichos procesos y determinar el grado de asociación. En desarrollo del análisis dicho índice se denomina variable independiente o explicativa, mientras que la precipitación es la variable dependiente, explicada o de impacto.

- **ONI – Índice Oceánico de El Niño.** La National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA, desarrolló un índice oceánico denominado ONI, el cual es calculado como la media móvil de tres puntos de la serie mensual de anomalías de la temperatura de la superficie del mar en la Región Niño 3-4. De acuerdo con este índice, en condiciones El Niño, el ONI debe ser mayor ó igual a +0.5 °C y para La Niña debe ser menor ó igual que -0.5 °C. Para clasificar un período determinado como El Niño ó La Niña, estos umbrales deben ser excedidos por un período de al menos cinco meses consecutivos. Los valores del ONI a nivel mensual fueron obtenidos a partir de las series disponibles en la página oficial de la NOAA (www.cdc.noaa.gov/data/climateindices/).

De igual manera, el ONI identifica y clasifica la intensidad de las fases cálida (El Niño) y fría (La Niña) del ENSO, como se observa en la Tabla 4.

Tabla 4. Índice Oceánico - ONI

ONI	INTENSIDAD	CATEGORÍA
0,0 – 0,4	Normal	0
0,5 – 0,9	Débil	1
1,0 – 1,4	Moderado	2
– 1,9	Fuerte	3
> 2,0	Muy Fuerte	4

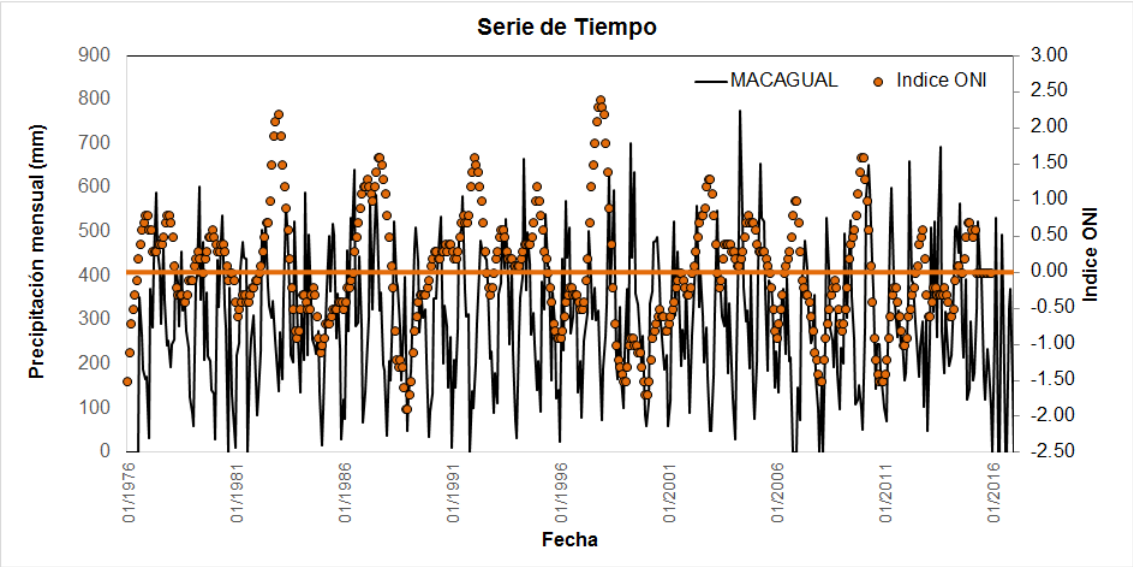
FUENTE: National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA

Para el estudio de la variabilidad climática del POMCA de la cuenca del río Hacha, se consideraron las fases del ENSO según Índice Oceánico de El Niño (Oceanic Niño Index-ONI), presentado por la National Oceanic and Atmospheric Administration-NOAA, de los Estados Unidos, desde el año 1950 hasta el año 2015.

En la Gráfica 7, se presenta la comparación de la serie de precipitación de la estación Macagual con respecto al comportamiento del ONI. Se observa la dinámica de la serie frente a la presencia de eventos El Niño y La Niña, mediante el análisis de las series de tiempo, que permite detectar, a través de los años, importantes fluctuaciones en el comportamiento de las temporadas secas o lluviosas, donde la

media en la serie de precipitación disminuye en períodos con influencia del primero y aumenta para el segundo.

Gráfica 7. Comportamiento precipitación frente al ONI en la estación Macagual



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

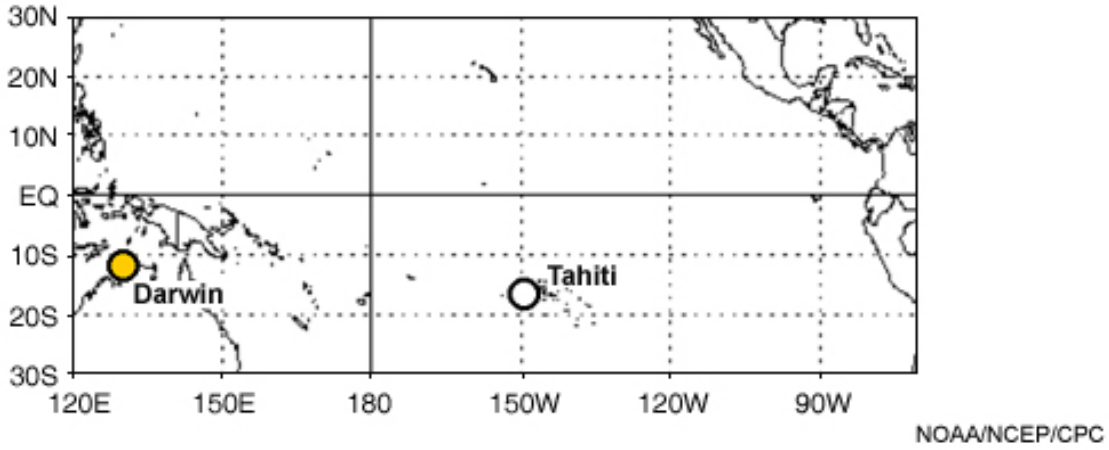
- **Índice de la Oscilación del Sur (SOI).** Es un indicador de la diferencia de presión entre Tahití y Darwin (Figura 2) que se presenta debido al efecto de subibaja que se da en el Pacífico Ecuatorial. Con frecuencia la magnitud de esta oscilación está relacionada con el desarrollo e intensidad de los eventos de El Niño y la Niña. Los valores negativos de las diferencias de presión sin normalizar menores a -8 indican los episodios El Niño, en tanto que los valores positivos mayores a 8 son típicos de La Niña; sin embargo, cuando los datos son normalizados los valores límite son -0.5 y 0.5 (Tabla 5). La gráfica con los valores de este indicador se presenta en la sección referente a El Niño.

Tabla 5. Clasificación de los eventos según el valor del SOI

CLAVE	INTENSIDAD DEL EVENTO	SOI	CLASIFICACIÓN EVENTO
I EN	Fuertemente Negativo	≤-1,00	El Niño Intenso
M EN-	Moderadamente Negativo	≤-0,50	El Niño Moderado
N	Normal	-0,5 y +0,50	Normal
M LN	Moderadamente Positivo	≥+0,50	La Niña Moderada
I LN	Fuertemente Positivo	≥+1,00	La Nina Intensa

Fuente: (NOOA, 2016)

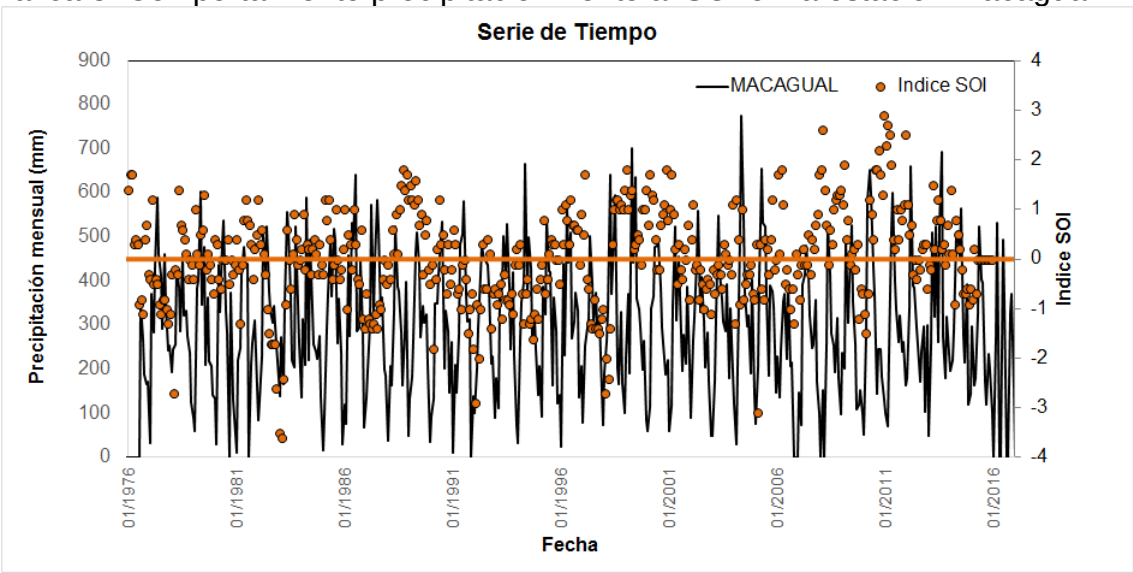
Figura 2. Ubicación de las localidades en las que se mide la presión atmosférica.



Fuente: http://www.nc-climate.ncsu.edu/edu

En la Gráfica 8, se presenta la comparación de la serie de precipitación de la estación Macagual con respecto al comportamiento del SOI. Se observa la dinámica de la serie frente a la presencia de eventos El Niño y La Niña.

Gráfica 8. Comportamiento precipitación frente al SOI en la estación Macagual



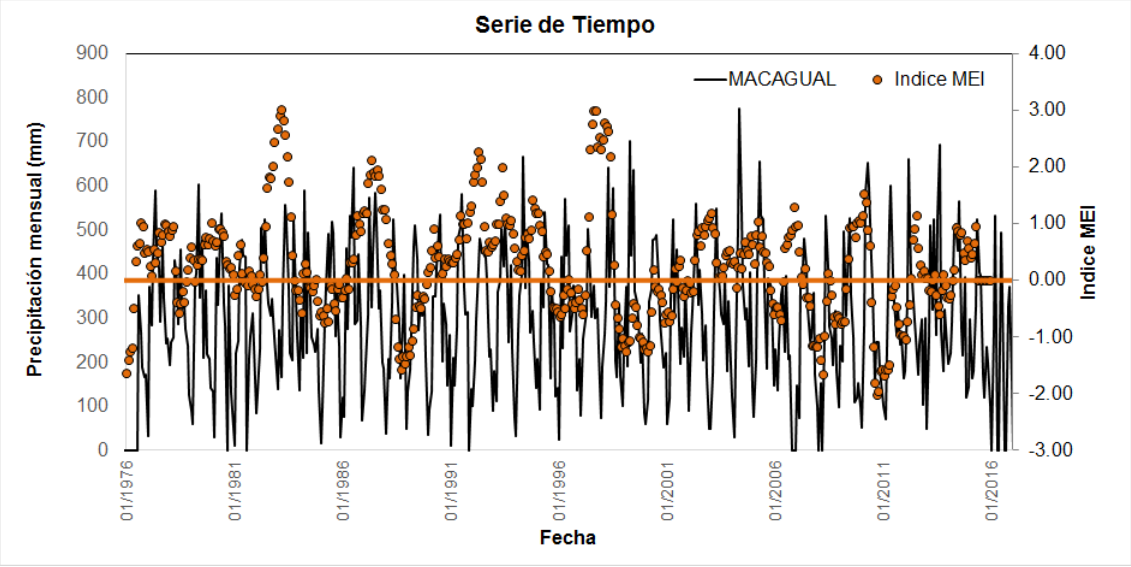
Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

- **Índice Multivariado del ENSO.** El Índice Multivariado del ENSO es conocido por sus siglas en inglés como MEI. De acuerdo con Mazzarella et al., el MEI es una medida multivariada de las señales del ENSO en el primer componente principal de

seis variables observadas en el océano Pacífico tropical: Presión a nivel del océano, componentes zonales y meridionales de viento superficial, temperatura superficial del océano Pacífico, temperatura superficial del aire y nubosidad. Los valores normalizados por períodos bimensuales del MEI que resultan altos representan la fase cálida del ENSO (El Niño), mientras que los valores más bajos representan la fase fría del ENSO (La Niña).

En la Gráfica 9, se presenta la comparación de la serie de precipitación de la estación Macagual con respecto al comportamiento del MEI. Se observa la dinámica de la serie frente a la presencia de eventos El Niño y La Niña.

Gráfica 9. Comportamiento precipitación frente al MEI en la estación Macagual



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

En el análisis de variabilidad interanual de la precipitación empleado en este numeral se realizó la correlación de la información mensual de lluvias de cada una de las estaciones, con los índices ONI, SOI y MEI, a los cuales se calcularon los coeficientes de correlación entre los Índices de El Niño y la precipitación, para cada estación meteorológica.

Para la definición de los eventos de El Niño y La Niña dan lugar al desplazamiento de los núcleos convectivos de alta nubosidad en la región ecuatorial asociados a las celdas de circulación de Walker, estos movimientos originan cambios en una mayor o menor insolación regional.

La precipitación en la cuenca del río Hacha es afectado por el calentamiento y enfriamiento del océano Pacífico ecuatorial, descrito por los índices ONI, SOI y MEI. La totalidad de las estaciones meteorológicas empleadas en este estudio muestran

correlación negativa entre ONI, MEI y SOI en algunos meses y la lluvia, esto es atribuible específicamente al efecto del movimiento de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) que generan las lluvias (Tabla 6).

Tabla 6. Coeficientes de correlación obtenidos con índices océano – atmosféricos y la precipitación

ESTACIÓN	CÓDIGO	ÍNDICE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
LARANDIA	4403006	ONI	0.10	-0.08	0.29	-0.06	-0.42	-0.24	0.15	0.39	0.12	-0.04	0.01	-0.15
		MEI	0.18	-0.13	0.34	-0.04	-0.40	-0.15	0.15	0.46	0.20	0.02	0.06	-0.13
		SOI	-05	0.00	-0.31	0.21	0.37	0.05	-0.17	-0.28	-0.14	0.28	0.10	0.22
APTO G ARTU	4403502	ONI	0.02	0.01	0.21	-0.14	-0.18	0.09	0.42	0.36	0.02	-0.06	-0.13	-0.16
		MEI	0.09	-0.04	0.14	-0.08	-0.14	0.10	0.40	0.32	0.10	0.05	-0.05	-0.14
		SOI	-0.03	-0.09	-0.11	0.19	0.25	-0.02	-0.36	-0.23	0.02	0.16	0.13	0.11
MACAGUAL	4403503	ONI	-0.03	0.07	0.06	0.08	0.12	0.05	0.13	0.21	0.15	0.03	-0.12	0.05
		MEI	0.01	0.04	0.00	0.08	-0.02	0.11	0.08	0.15	0.16	0.11	-0.04	0.05
		SOI	0.08	-0.15	0.10	0.05	0.14	-0.01	-0.08	-0.15	-0.22	0.04	0.00	-0.09
BELEN DE AN	4404002	ONI	-0.28	0.00	0.24	0.11	0.10	-0.06	-0.08	0.16	0.01	0.01	0.10	-0.31
		MEI	-0.25	-0.01	0.16	0.10	0.13	-0.05	-0.09	0.29	0.18	0.12	0.15	-0.29
		SOI	0.42	-0.03	-0.25	-0.10	-0.26	0.09	0.29	-0.19	-0.17	-0.05	-0.10	0.24
VALPARAISO	4404502	ONI	0.02	0.00	0.09	-0.06	-0.20	0.07	0.10	0.02	0.08	0.14	0.01	0.14
		MEI	0.02	-0.03	0.06	-0.06	-0.31	-0.01	-0.01	0.05	0.10	0.13	0.01	0.10
		SOI	0.09	-0.05	-0.03	0.01	-0.02	-0.08	-0.11	0.09	-0.02	-0.09	0.05	-0.02
MONO LA	4404503	ONI	0.02	-0.15	-0.08	-0.07	-0.06	-0.11	0.10	0.16	0.15	0.15	0.06	-0.14
		MEI	0.05	-0.19	-0.12	-0.03	0.07	-0.04	0.11	0.27	0.20	0.21	0.10	-0.12
		SOI	0.07	0.12	0.03	-0.02	-0.18	-0.09	-0.12	-0.27	-0.21	-0.14	0.09	0.21
GUADALUPE	2103005	ONI	-0.33	-0.22	-0.30	0.04	-0.17	-0.22	0.15	0.03	-0.28	0.03	-0.14	-0.33
		MEI	-0.31	-0.13	-0.26	-0.08	-0.11	-0.27	-0.04	0.00	-0.30	-0.07	-0.16	-0.36
		SOI	0.28	-0.03	0.18	0.09	-0.06	0.18	-0.07	0.07	0.25	0.18	0.15	0.34

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 6 (Continuación). Coeficientes de correlación obtenidos con índices océano – atmosféricos y la precipitación

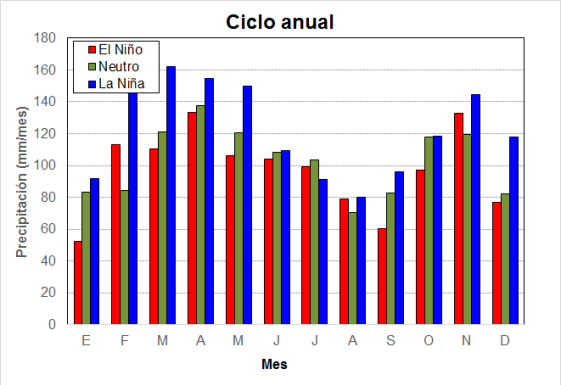
ESTACIÓN	CÓDIGO	ÍNDICE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ACEVEDO	2103008	ONI	-0.23	-0.23	-0.16	0.08	0.04	-0.30	0.08	0.30	0.04	-0.05	-0.19	-0.10
		MEI	-0.27	-0.17	-0.14	-0.01	0.04	-0.34	0.05	0.26	0.06	-0.09	-0.19	-0.14
		SOI	0.31	-0.07	0.07	-0.03	-0.06	0.30	-0.06	-0.35	-0.04	0.22	0.28	0.21
RESINA	2103502	ONI	-0.32	-0.26	-0.04	0.22	0.02	-0.02	0.39	0.24	-0.14	-0.08	0.08	-0.40
		MEI	-0.30	-0.27	-0.03	0.13	-0.07	0.01	0.30	0.23	-0.17	-0.13	0.04	-0.34
		SOI	0.32	0.04	-0.05	-0.30	-0.05	0.00	-0.22	-0.16	0.10	0.27	0.05	0.28
LIBANO EL	2103504	ONI	-0.35	-0.18	-0.21	-0.11	-0.23	-0.27	0.40	0.19	-0.02	-0.11	-0.17	-0.23
		MEI	-0.38	-0.16	-0.24	-0.22	-0.22	-0.26	0.34	0.18	-0.06	-0.10	-0.15	-0.23
		SOI	0.29	-0.10	0.11	0.17	0.03	0.28	-0.27	-0.03	-0.01	0.24	0.29	0.32
MAGUARE	4603501	ONI	0.08	-0.20	-0.15	0.15	-0.37	-0.10	-0.06	0.33	0.08	0.17	-0.10	-0.24
		MEI	0.08	-0.23	-0.13	0.21	-0.19	0.03	-0.15	0.31	0.09	0.22	-0.07	-0.22
		SOI	0.01	0.04	0.18	-0.11	0.17	0.09	0.04	-0.31	0.06	-0.04	0.08	0.25

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

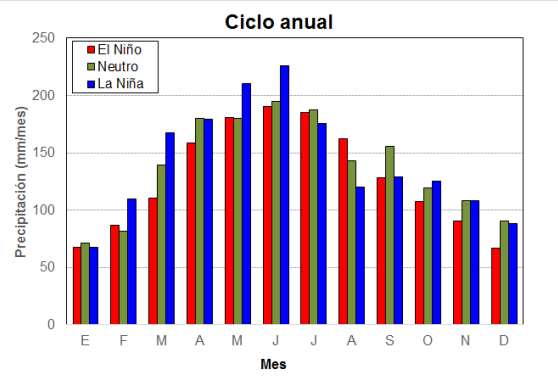
La consideración anterior no significa que los cambios de temperatura del océano Pacífico y su influencia en las componentes atmosféricas sean de igual magnitud y duración para toda la geografía nacional. Es así como en el caso de las once (11) estaciones analizadas, se observa que existen zonas en donde solo uno a tres meses del año hay correlación significativa entre el ONI, SOI y el MEI con la lluvia, como es el caso de la estación Belen.

En las Gráfica 10 y Gráfica 11, se presenta el comportamiento del ciclo mensual de la precipitación para períodos El Niño (barras rojas), La Niña (barras azules) y Neutro (barras verde) para las estaciones de lluvias disponibles dentro de la cuenca del río Hacha, el cual se realizó una reclasificación de la serie de datos mensuales teniendo en cuenta los registros de cada mes y año que reporto el Índice Oceánico del Niño (ONI) como fenómeno, con el fin de sacar un promedio mensual para cada fenómeno.

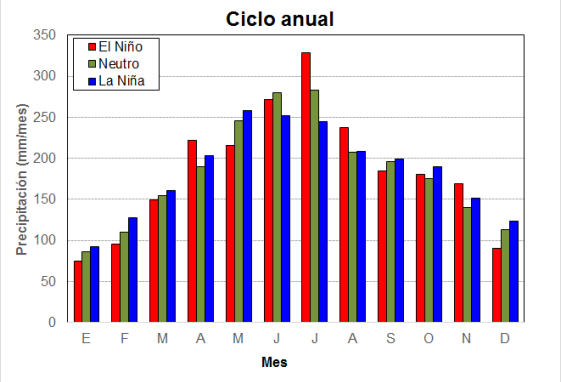
Gráfica 10. Ciclo anual de la precipitación para seis de las estaciones ubicadas en el área de influencia de la cuenca del río Hacha incluyendo la influencia del fenómeno ENSO.



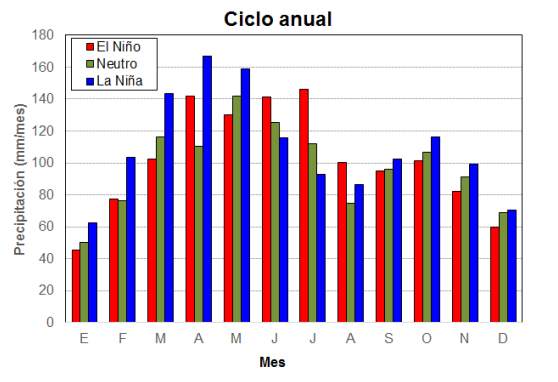
GUADALUPE (2103005)



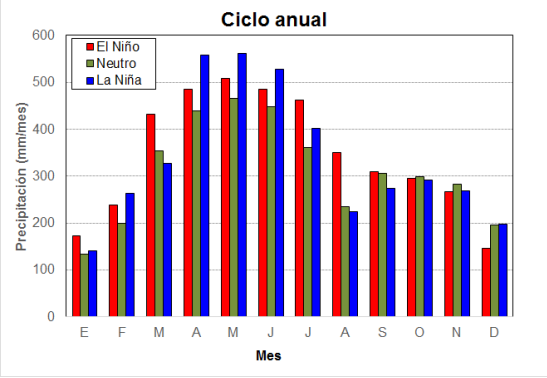
ACEVEDO (2103008)



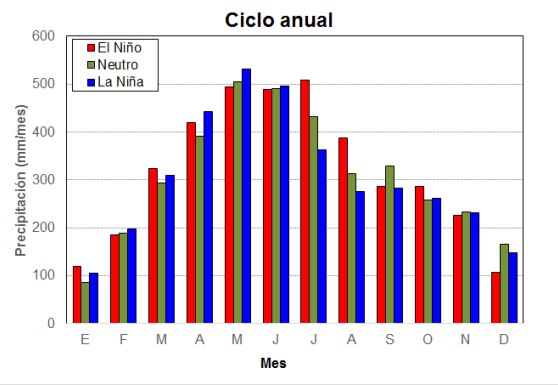
RESINA (2103502)



LIBANO EL (2103504)



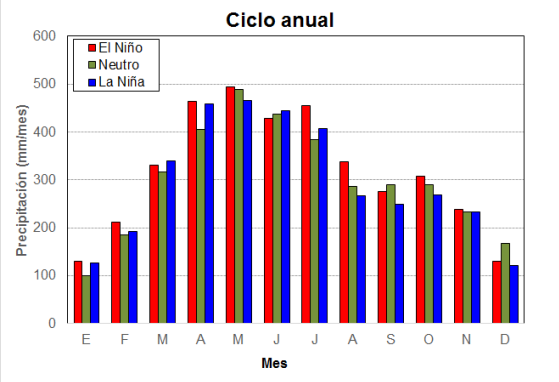
LARANDIA (4403006)



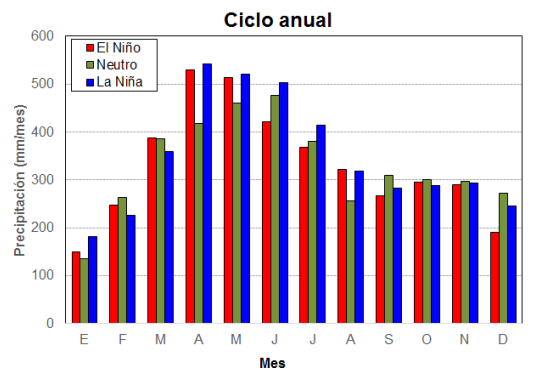
APTO G ARTU (4403502)

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

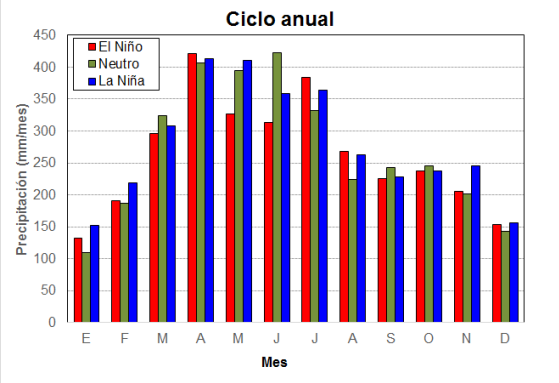
Gráfica 11. Ciclo anual de la precipitación para seis de las estaciones ubicadas en el área de influencia de la cuenca del río Hacha incluyendo la influencia del fenómeno ENSO



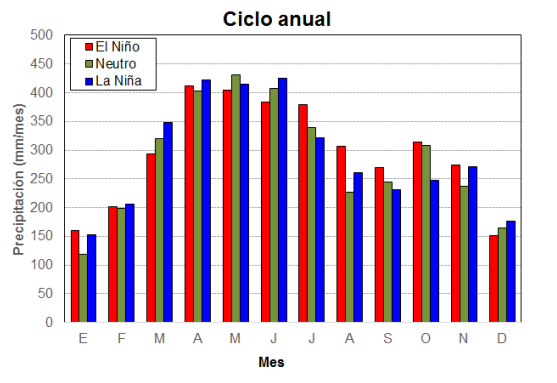
MACAGUAL (4403503)



BELEN DE AN (4404002)



VALPARAISO (4404502)



MONO LA (4404503)

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

3.1.4 Caracterización del clima en la cuenca del río Hacha (temporal y espacial).

La cuenca del río Hacha, localizada en el departamento del Caquetá, se encuentra en el flanco oriental de la cordillera Oriental, en el piedemonte y la llanura amazónica. El clima en esta región está influenciado por la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y los vientos alisios del sureste. La mayor pluviosidad ocurre entre los meses de mayo a agosto. La cuenca en su mayor extensión está en los pisos térmicos cálido y templado, con una porción menor en piso térmico frio.

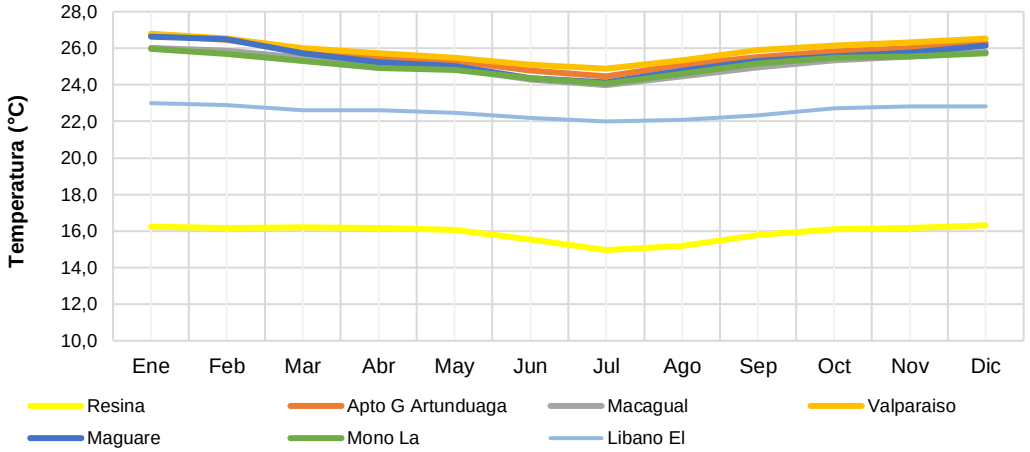
3.1.4.1 Temperatura media anual. Debido a su posición geográfica, el comportamiento de las temperaturas en Colombia es propio de un clima ecuatorial. Las características de este tipo de clima son, la gran uniformidad térmica y los débiles contrastes estacionales, debido a la constante incidencia de la radiación solar y a su casi perpendicular ángulo de incidencia. Se presentan bajas oscilaciones diarias de los valores de temperatura, como consecuencia de la casi igual duración de los días y las noches y de la nula invasión de frentes polares.

- **Análisis temporal de temperatura**

Los valores promedios de temperatura anual se basan en la información de las estaciones ubicadas dentro del área de influencia de la cuenca del Río Hacha, debido a que los datos de algunas estaciones como el caso de la estación Florencia, no presentan una serie de datos mayor de 15 años, que además se traslape con la información de las otras estaciones, se decide utilizar la información climatológica de la base de datos del IDEAM. Para esta variable se cuenta con la información de siete estaciones, en el que se basa el presente análisis de datos.

La variación de la temperatura, según esta información tiende a presentar un comportamiento bastante uniforme en cuatro de las estaciones, las que se encuentran en una altura menor de los 1000 msnm (estaciones Apto G Artunduaga, Macagual, Valparaiso y Maguare), cercano a la media en casi todos los meses, con variaciones de alrededor de 3.0 ºC a lo largo del año, con respecto al valor de temperatura media para la cuenca de 23.5 °C, cercano al que presenta la estación El Líbano de 22.5°C. La estación Resina, presenta un comportamiento diferente, pues se encuentra a una altutud superior a los 2000 msnm, en otro piso térmico, por lo que su valor medio difiere de las demás estaciones (Gráfica 12).

Gráfica 12. Temperatura Media Anual (°C)



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016. Elaborado con información de estaciones IDEAM 13 abril 2018

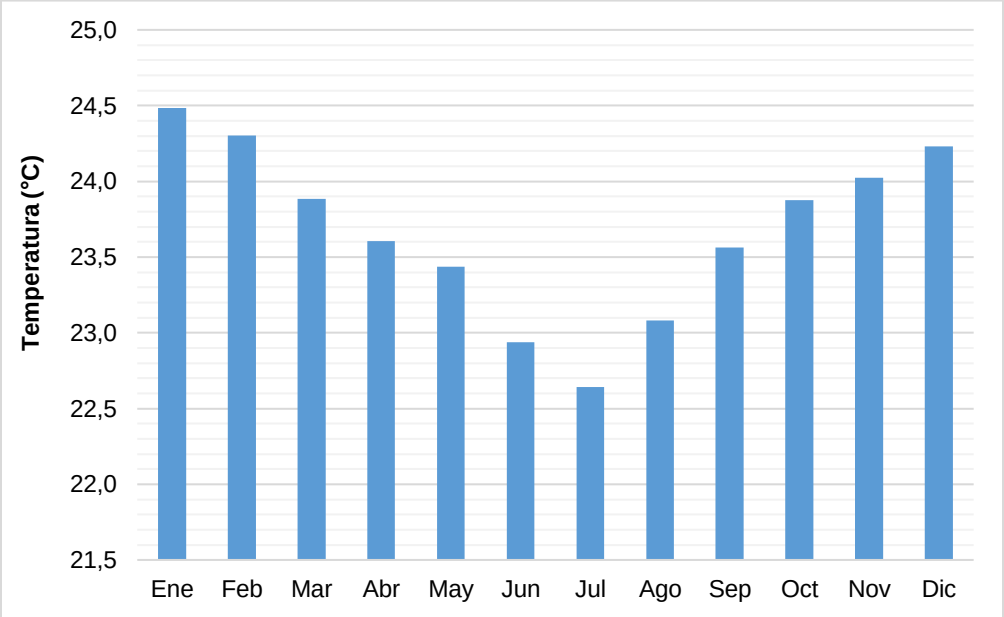
De acuerdo con la información registrada por las estaciones meteorológicas del IDEAM, las más altas temperaturas se presentan en los meses de final e inicio del año, entre noviembre y marzo, siendo enero y diciembre los más altos. En el sector, a mediados del año, entre los meses de junio y agosto, se presentan los menores valores, donde el mes de julio es el que presenta los valores más bajos de temperatura (Tabla 7 y Gráfica 13). Los valores de temperatura mínima y máxima se presentan en las Tabla 8 y Tabla 9.

Tabla 7.Temperatura media mensual multianual (°C)

ESTACIÓN	CÓDIGO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VALOR ANUAL
MACAGUAL	4403503	26.0	25.9	25.5	25.0	24.9	24.3	24.0	24.5	25.0	25.3	25.6	25.8	25.1
VALPARAISO	4404502	26.8	26.5	26.0	25.7	25.5	25.1	24.9	25.3	25.9	26.1	26.3	26.5	25.9
MONO LA	4404503	26.0	25.7	25.3	24.9	24.8	24.3	24.1	24.6	25.2	25.5	25.5	25.7	25.1
RESINA	2103502	16.2	16.2	16.2	16.2	16.1	15.5	15.0	15.2	15.8	16.1	16.2	16.3	15.9
LIBANO EL	2103504	23.0	22.9	22.6	22.6	22.5	22.2	22.0	22.1	22.3	22.7	22.8	22.8	22.5
MAGUARE	4603501	26.6	26.5	25.7	25.3	25.0	24.4	24.1	24.8	25.3	25.6	25.7	26.1	25.4
APTO G ARTU	4403502	26.7	26.5	25.9	25.5	25.3	24.8	24.5	25.1	25.5	25.8	26.0	26.3	25.7

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016. Elaborado con información de estaciones IDEAM 13 abril 2018

Gráfica 13. Temperatura media mensual (°C) de la cuenca del río Hacha.



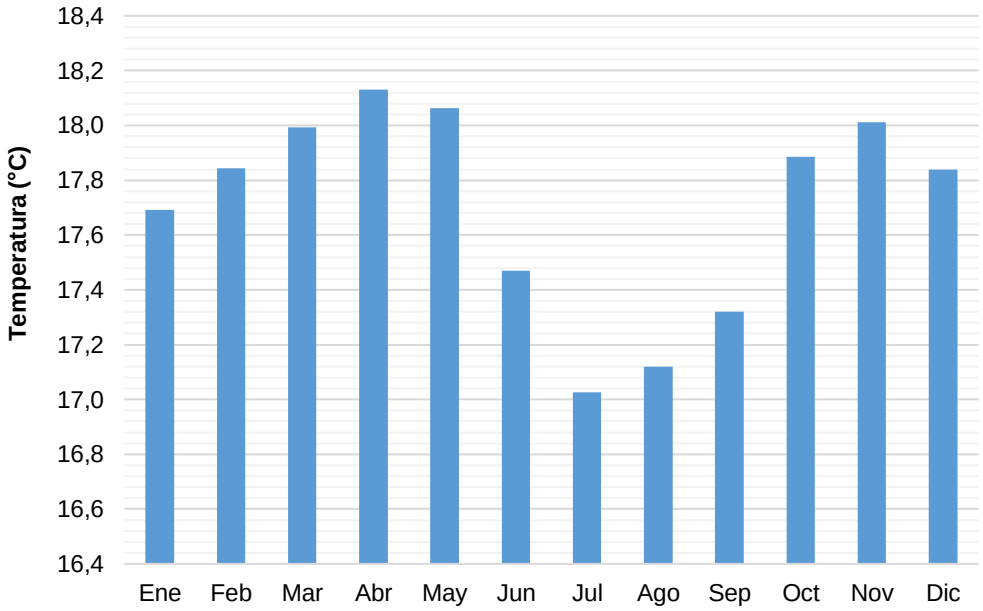
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016. Elaborado con información de estaciones IDEAM 13 abril 2018

Tabla 8.Temperatura mínima mensual multianual (°C)

ESTACIÓN	CÓDIGO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VALOR ANUAL
MACAGUAL	4403503	18.9	19.3	19.5	20.0	20.0	19.2	18.7	18.7	19.0	19.7	19.8	19.7	19.4
VALPARAISO	4404502	20.4	20.4	20.4	20.5	20.3	19.5	19.5	19.6	19.9	20.3	20.5	20.3	20.1
MONO LA	4404503	19.1	18.9	19.3	19.1	19.2	19.0	18.5	18.6	18.7	19.4	19.2	19.2	19.0
RESINA	2103502	11.8	11.9	11.8	12.1	12.0	11.3	10.4	10.8	11.2	11.8	11.8	11.8	11.6
LIBANO EL	2103504	15.2	15.4	15.5	15.6	15.6	15.2	15.1	15.0	14.6	15.1	15.3	15.2	15.2
MAGUARE	4603501	18.7	19.1	19.5	19.9	19.7	19.0	18.4	18.5	18.9	19.3	19.7	18.9	19.1
APTO G ARTU	4403502	19.7	19.9	19.9	19.7	19.6	19.1	18.6	18.7	19.0	19.6	19.8	19.7	19.4

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016. Elaborado con información de estaciones IDEAM 13 abril 2018

Gráfica 14. Temperatura Mínima Mensual (°C)



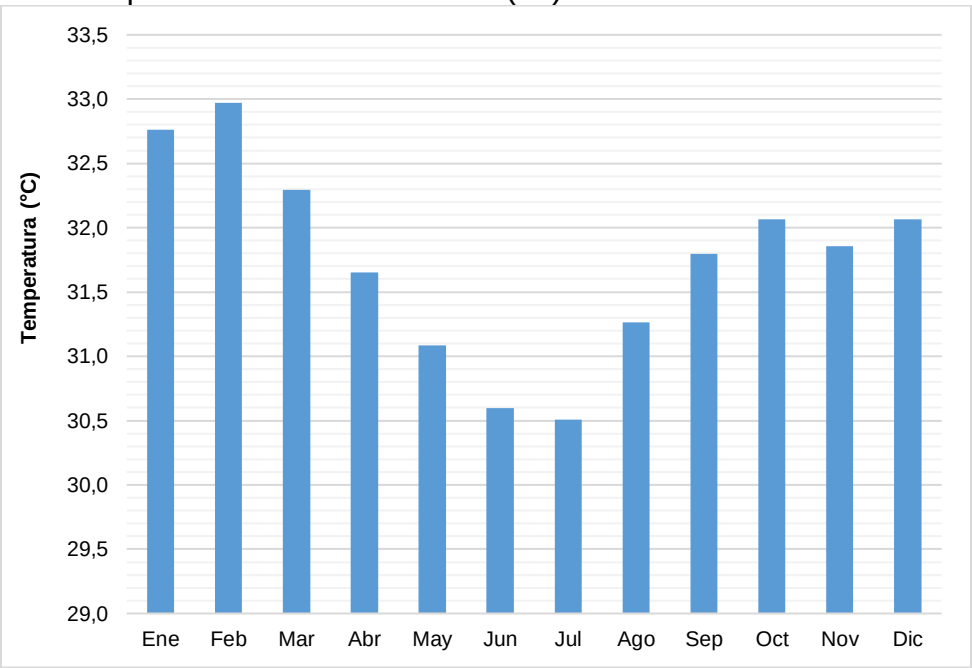
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016. Elaborado con información de estaciones IDEAM 13 abril 2018

Tabla 9.Temperatura máxima mensual multianual (°C)

ESTACIÓN	CÓDIGO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VALOR ANUAL
MACAGUAL	4403503	35.0	35.3	34.4	33.6	33.0	32.2	32.7	33.2	33.9	34.1	34.0	34.3	33.8
VALPARAISO	4404502	34.7	34.7	34.3	33.6	33.1	32.9	32.5	33.5	34.1	34.2	34.1	34.4	33.8
MONO LA	4404503	34.6	34.8	33.9	33.4	32.8	32.2	32.1	33.2	33.7	34.0	33.7	33.6	33.5
RESINA	2103502	23.9	23.8	23.6	23.3	23.0	22.5	22.0	22.5	23.2	23.3	23.0	23.5	23.1
LIBANO EL	2103504	30.9	31.2	30.7	30.5	30.1	30.0	29.7	30.3	30.6	30.9	30.5	30.7	30.5
MAGUARE	4603501	34.7	35.2	34.3	33.3	32.5	31.8	31.9	32.7	33.1	33.5	33.0	33.3	33.3
APTO G ARTU	4403502	35.5	35.7	34.8	33.8	33.2	32.6	32.7	33.5	34.2	34.5	34.6	34.6	34.1

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016. Elaborado con información de estaciones IDEAM 13 abril 2018

Gráfica 15. Temperatura Máxima Mensual (°C)



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016. Elaborado con información de estaciones IDEAM 13 abril 2018

- **Análisis espacial de la temperatura**.

El análisis espacial de la temperatura media, mínima y máxima se obtuvo mediante regresión lineal usando datos de 7 estaciones climatológicas del IDEAM que se encuentran en dentro de la cuenca (Tabla 10), teniendo en cuenta la relación que existe entre la altitud y la información de dicha variable. En la Figura 1, se muestra la localización de las estaciones.

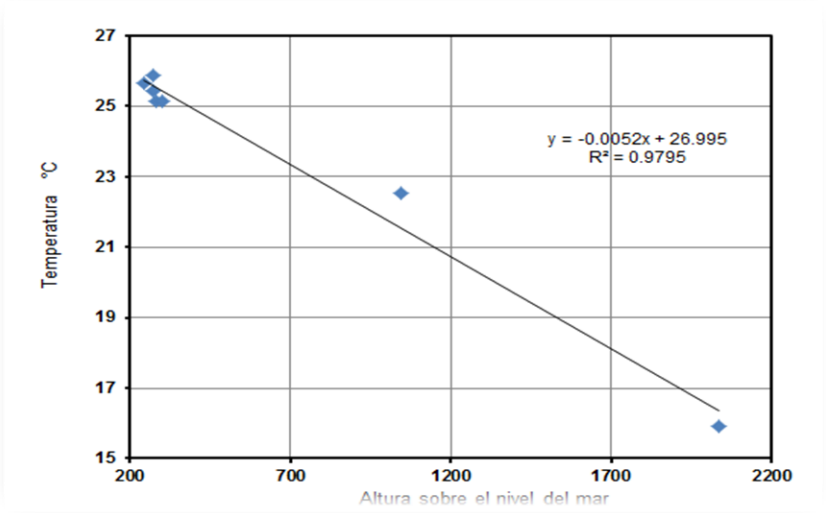
Tabla 10. Estaciones con datos de temperatura.

ESTACIÓN	CÓDIGO	TIPO	NORTE*	ESTE*	ELEVACIÓN (MSNM)
MACAGUAL	4403503	AM	1164802.0	670309.8	280
VALPARAISO	4404502	CO	1153694.9	629708.8	270
MONO LA	4404503	CO	1142557.6	638883.3	300
RESINA	2103502	CO	1153644.6	705254.2	2035
LIBANO EL	2103504	CO	1136956.3	697941.7	1045
MAGUARE	4603501	CO	1216793.0	670353.5	270
APTO G ARTU	4403502	SS	1172261.8	668434.8	244

*El sistema de proyección de las coordenadas es MAGNA_Colombia_Oeste
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

El promedio multianual de temperatura y la regresión lineal se presentan en la siguiente Gráfica:

Gráfica 16. Regresión lineal de las temperaturas con la altitud de las estaciones meteorológicas en la cuenca.



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

El mapa de temperatura anual estimado mediante la ecuación ajustada, empleando las altitudes del MDE oficial, se presentan en la
Figura 3. Aun así, se considera que dichos parámetros de regresión estimados en este trabajo representan mejor la variación intra-anual particular en la región de estudio. A continuación, se presentan las ecuaciones a nivel mensual encontradas a partir de la regresión Elevación – Temperatura, obtenidas para la temperatura media, mínima y máxima (Ver Tabla 11). La temperatura sigue un patrón muy determinado por la altitud.

Tabla 11. Ecuaciones para las temperaturas medías, máximas y mínimas.

MES	TEMPERATURA		
	MÁ*ELEVIMA	MEDIA	MÍNIMA
ENE	T (ºC) = -0.0061*Elev + 36.658	T (ºC) = -0.0056*Elev + 28.065	T (ºC) = -0.0044*Elev + 20.503
FEB	T (ºC) = -0.0063*Elev + 36.952	T (ºC) = -0.0055*Elev + 27.82	T (ºC) = -0.0045*Elev + 20.672
MAR	T (ºC) = -0.0059*Elev + 36.057	T (ºC) = -0.0052*Elev + 27.2	T (ºC) = -0.0046*Elev + 20.917
ABR	T (ºC) = -0.0056*Elev + 35.208	T (ºC) = -0.005*Elev + 26.77	T (ºC) = -0.0045*Elev + 21.01
MAY	T (ºC) = -0.0054*Elev + 34.497	T (ºC) = -0.0049*Elev + 26.569	T (ºC) = -0.0046*Elev + 20.958
JUN	T (ºC) = -0.0053*Elev + 33.964	T (ºC) = -0.0049*Elev + 26.052	T (ºC) = -0.0045*Elev + 20.345
JUL	T (ºC) = -0.0056*Elev + 34.076	T (ºC) = -0.005*Elev + 25.844	T (ºC) = -0.0047*Elev + 20.039
AGO	T (ºC) = -0.0058*Elev + 34.964	T (ºC) = -0.0053*Elev + 26.429	T (ºC) = -0.0046*Elev + 20.024
SEP	T (ºC) = -0.0058*Elev + 35.488	T (ºC) = -0.0053*Elev + 26.915	T (ºC) = -0.0046*Elev + 20.261
OCT	T (ºC) = -0.0059*Elev + 35.789	T (ºC) = -0.0053*Elev + 27.212	T (ºC) = -0.0046*Elev + 20.821
NOV	T (ºC) = -0.006*Elev + 35.666	T (ºC) = -0.0053*Elev + 27.399	T (ºC) = -0.0047*Elev + 20.995
DIC	T (ºC) = -0.0058*Elev + 35.756	T (ºC) = -0.0054*Elev + 27.662	T (ºC) = -0.0046*Elev + 20.618
VALOR ANUAL	T (ºC) = -0.0058*Elev + 35.423	T (ºC) = -0.0052*Elev + 26.995	T (ºC) = -0.0046*Elev + 20.618

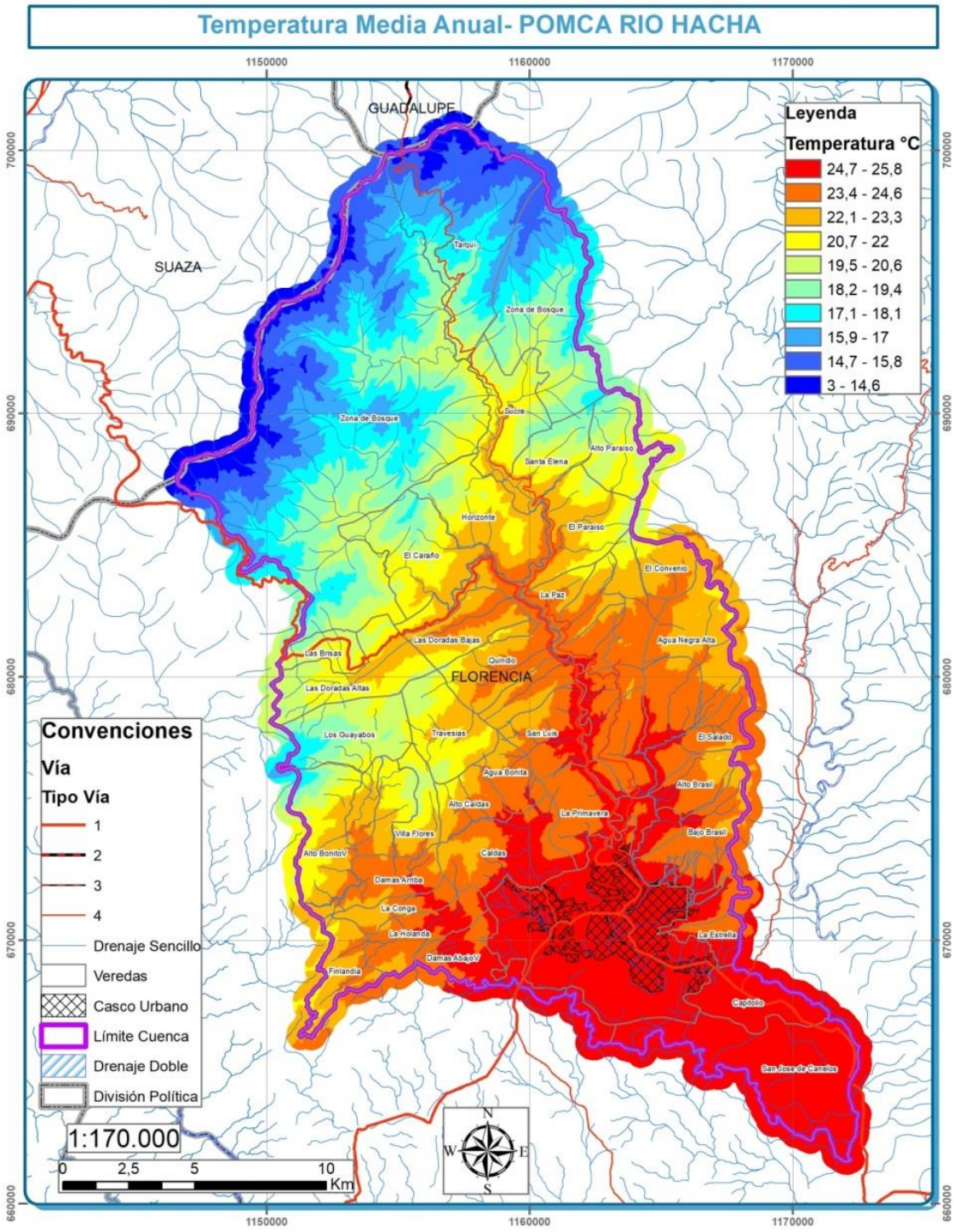
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016.

- **Temperatura media anual y mensual de largo plazo.**

En la
Figura 3 se presenta la temperatura media anual para la cuenca del río Hacha y en las Figura 4 a la

Figura 6 se puede apreciar claramente para todos los meses la espacialización de la temperatura media en toda la cuenca.

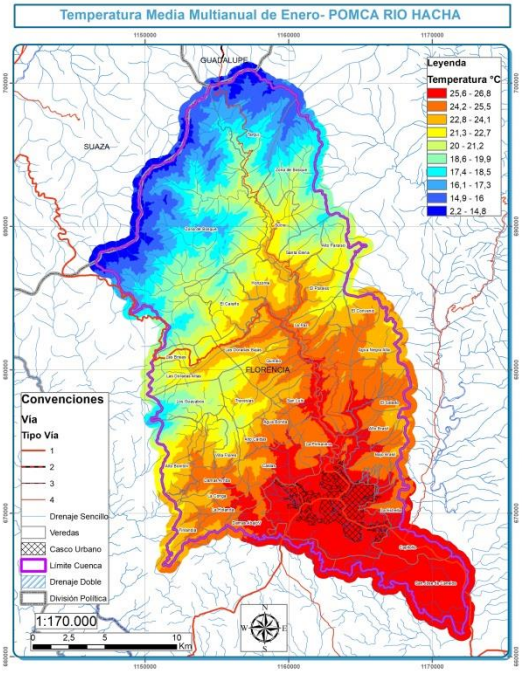
Figura 3. Temperatura Media Anual Isotermas de la Cuenca Hidrográfica Río Hacha



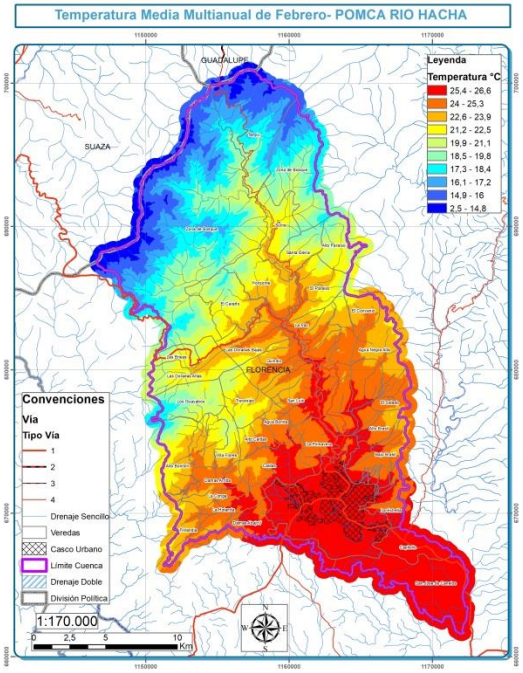
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Figura 4. Temperatura media mensual del primer cuatrimestre del año.

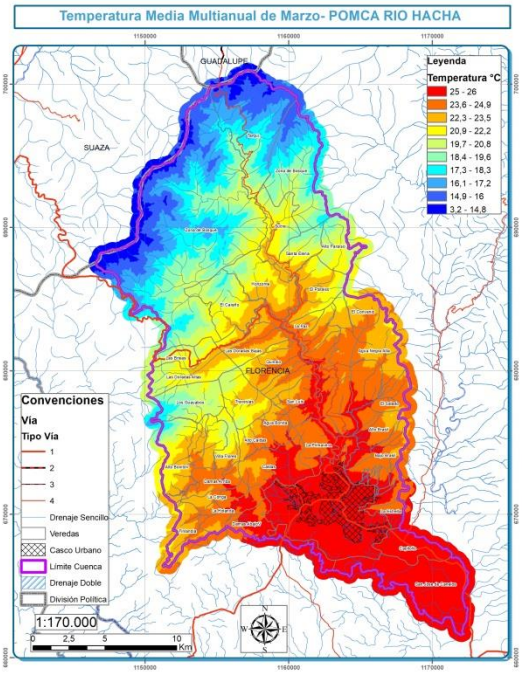
Enero



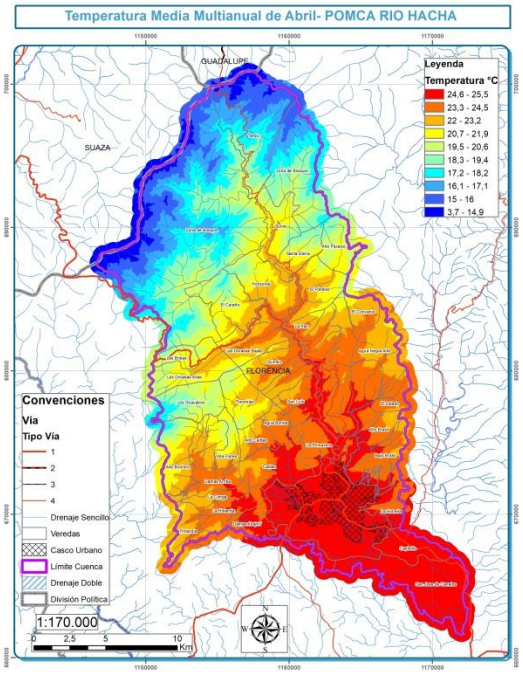
Febrero



Marzo



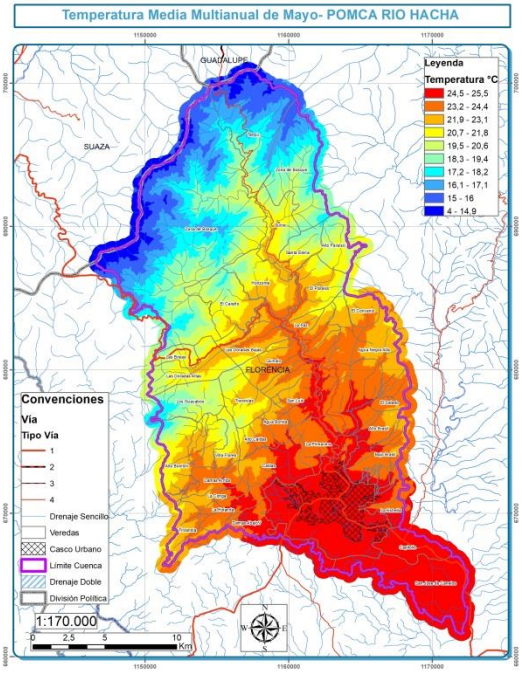
Abril



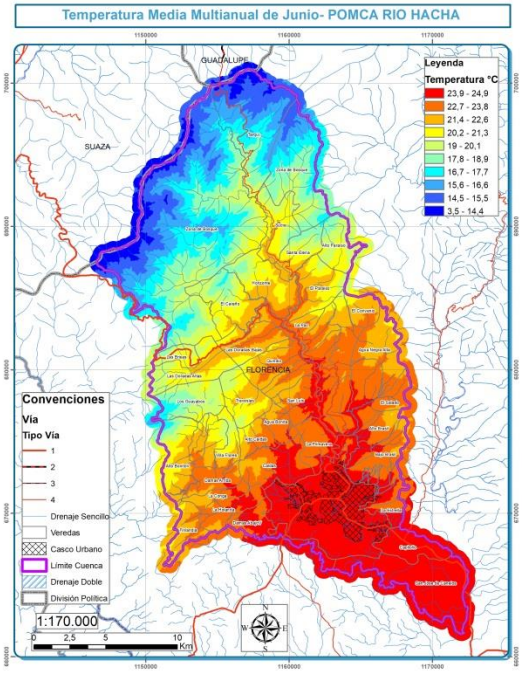
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Figura 5. Temperatura media mensual del segundo cuatrimestre del año

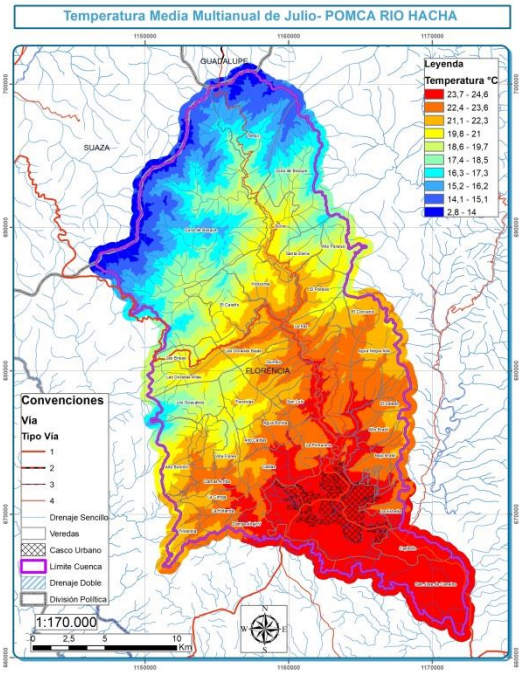
Mayo



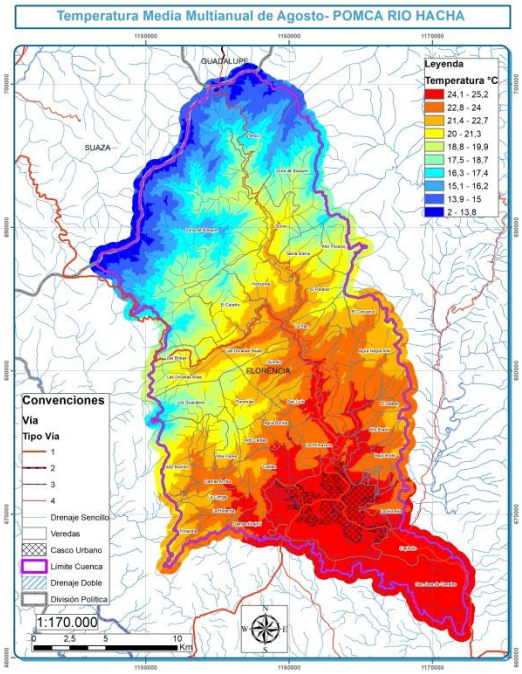
Junio



Julio



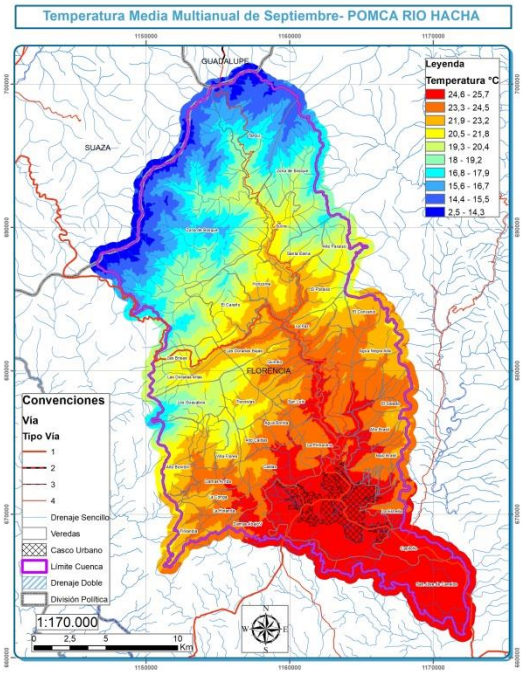
Agosto



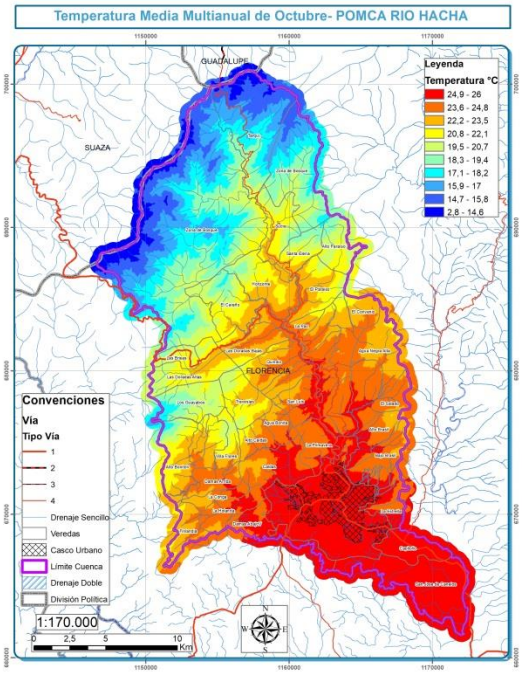
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Figura 6. Temperatura media mensual del tercer cuatrimestre del año

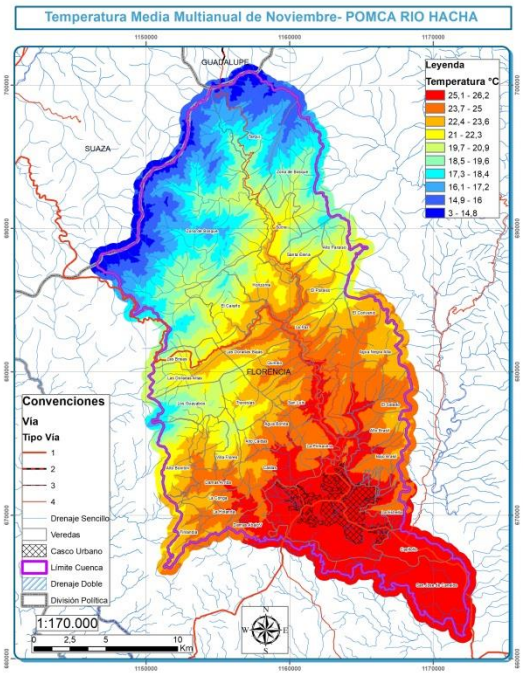
Septiembre



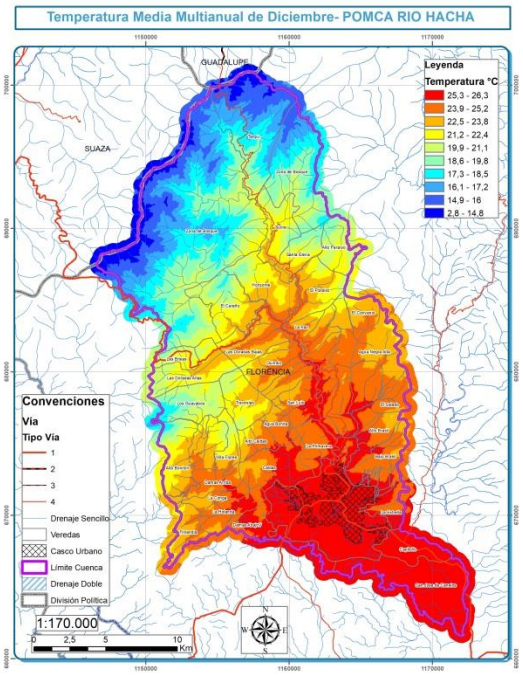
Octubre



Noviembre



Diciembre

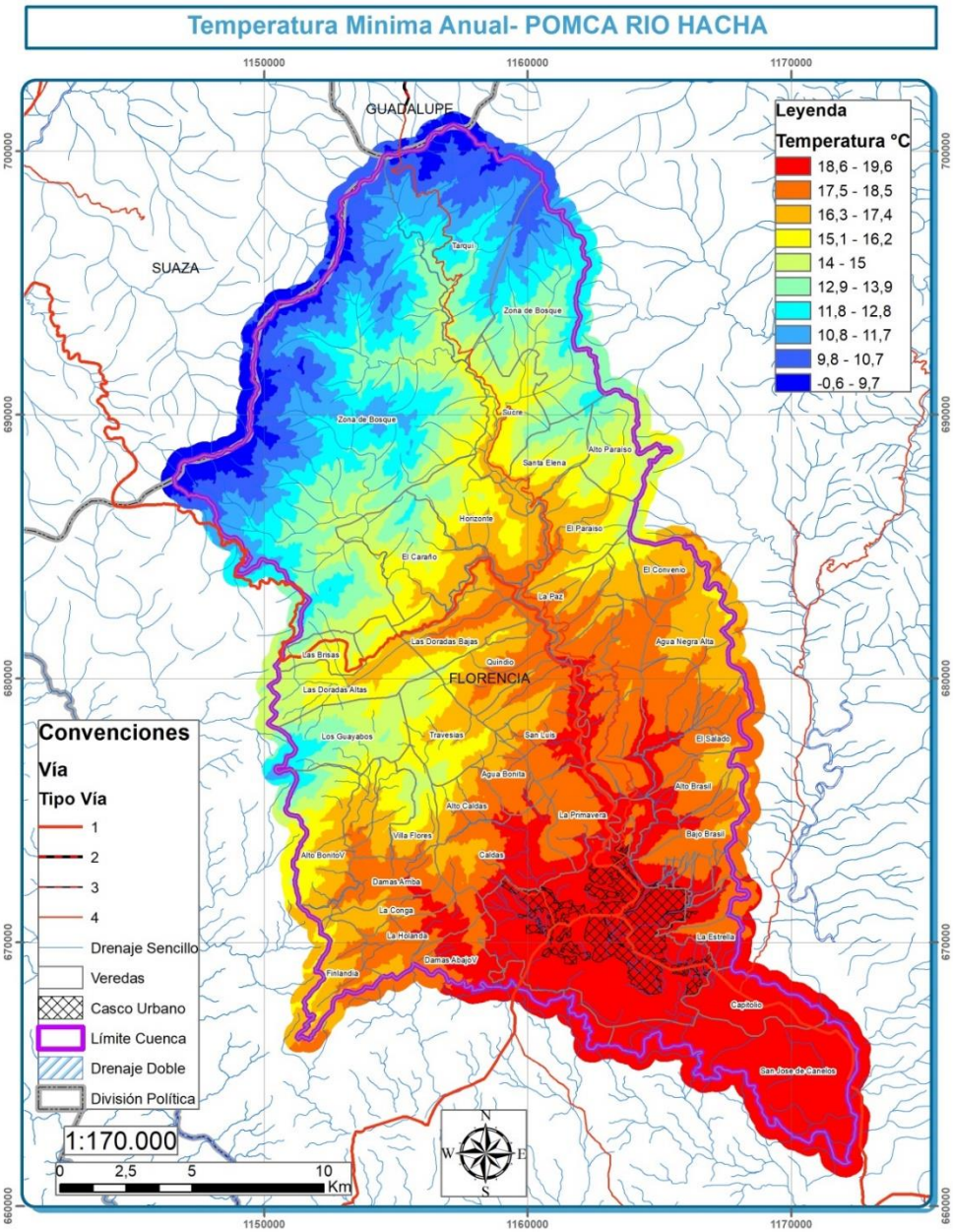


Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- **Temperatura mínima anual y mensual de largo plazo**

En la Figura 7, se presenta la temperatura media anual para la cuenca del río Hacha y de la
Figura 8 a la
Figura 10 se puede apreciar claramente la espacialización de la temperatura media en toda la cuenca para todos los meses del año.

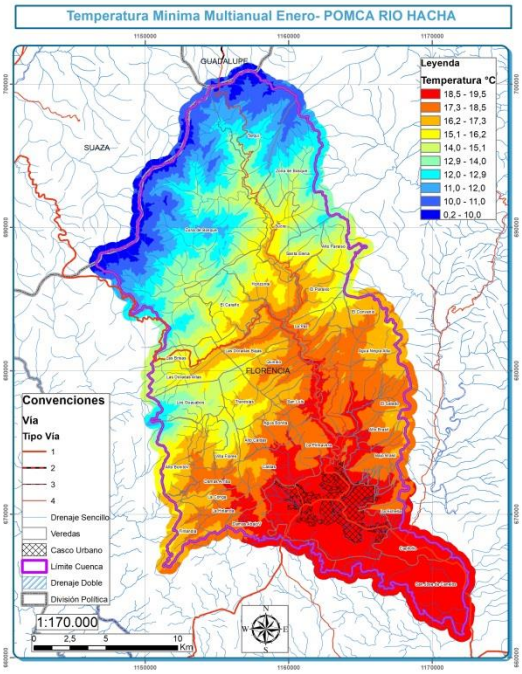
Figura 7. Temperatura mínima anual – Isotermas de la Cuenca Hidrográfica Río Hacha



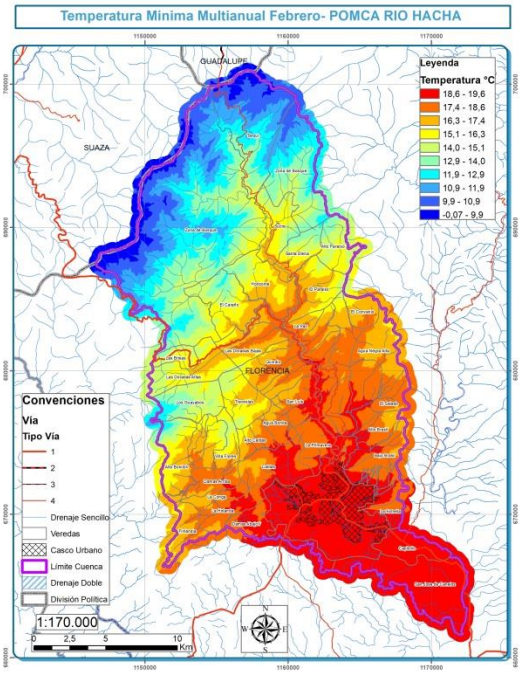
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016.

Figura 8. Temperatura mínima mensual primer cuatrimestre del año.

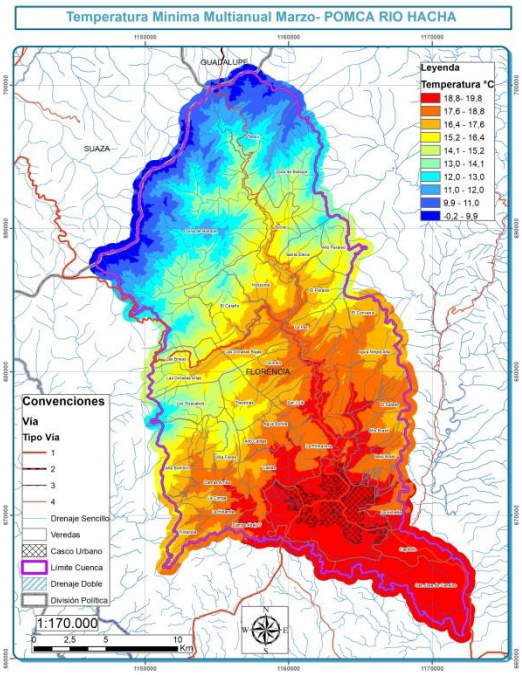
Enero



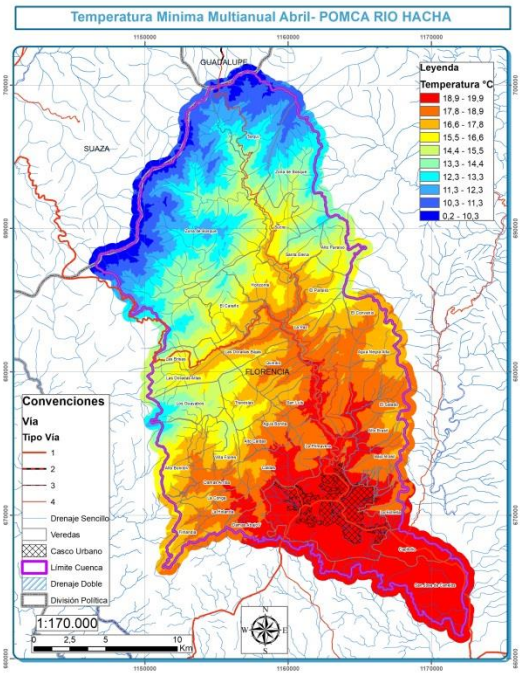
Febrero



Marzo



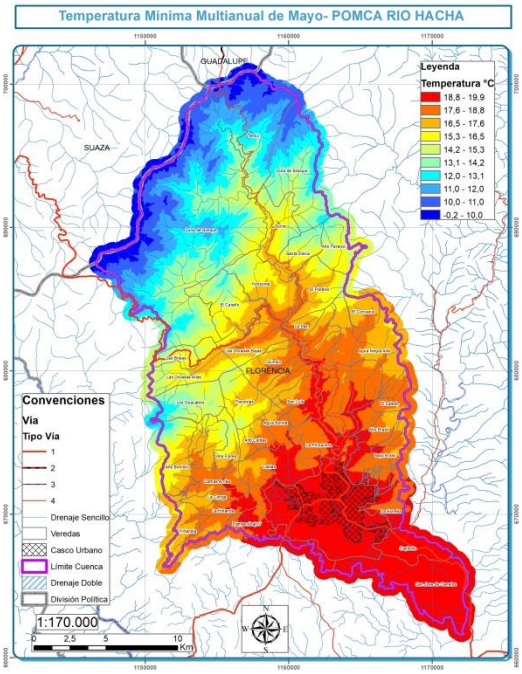
Abril



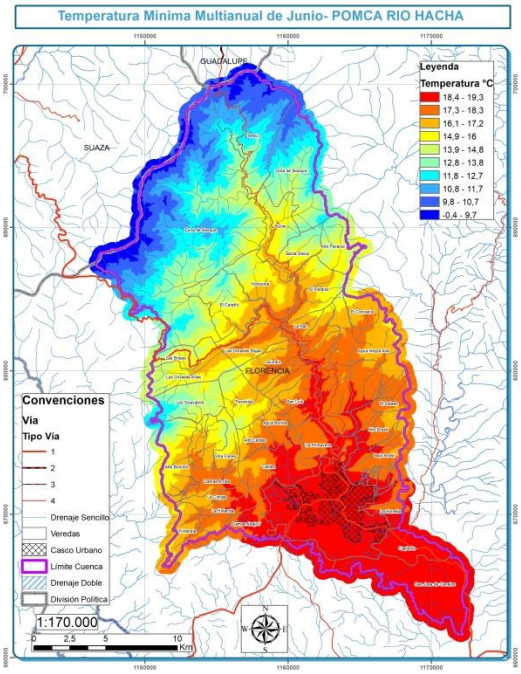
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016.

Figura 9. Temperatura mínima mensual segundo cuatrimestre del año

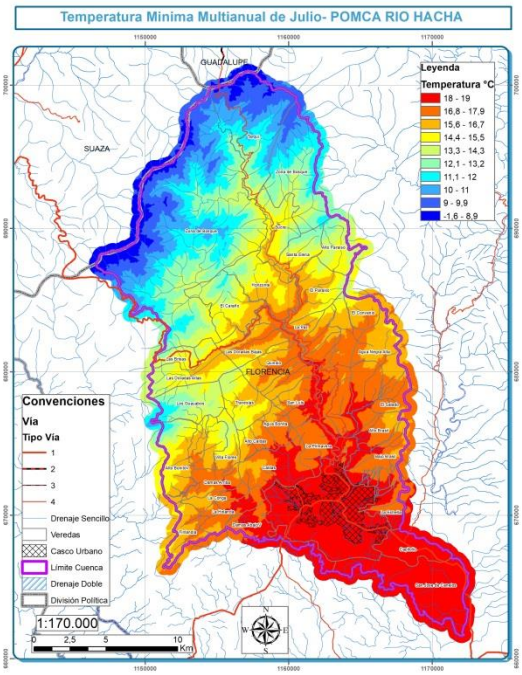
Mayo



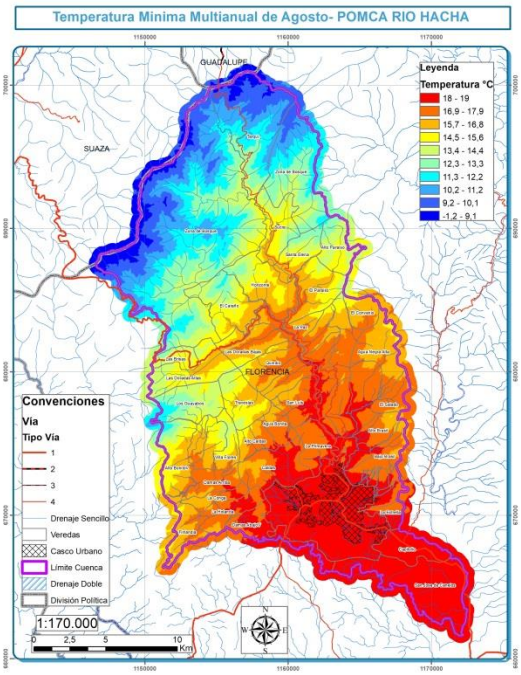
Junio



Julio



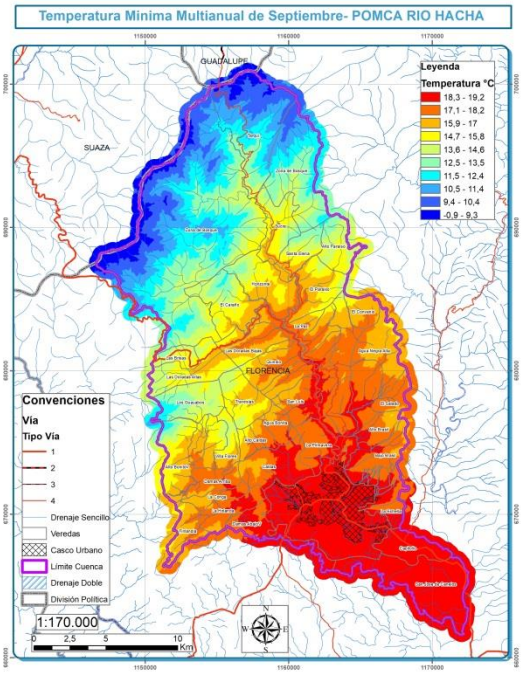
Agosto



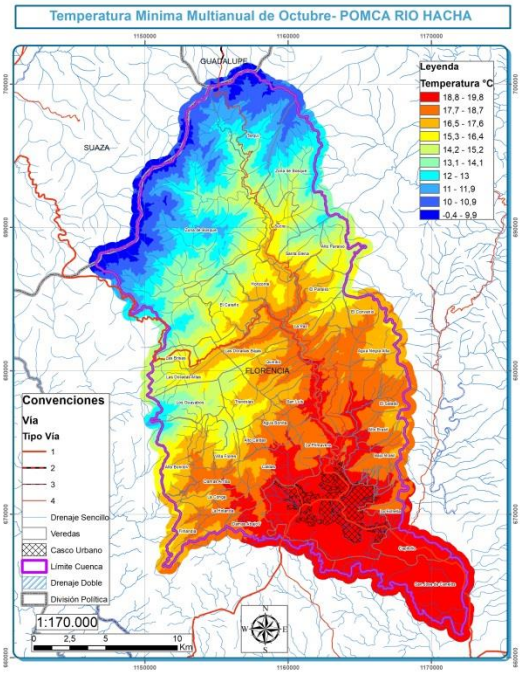
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Figura 10. Temperatura mínima mensual tercer cuatrimestre del año

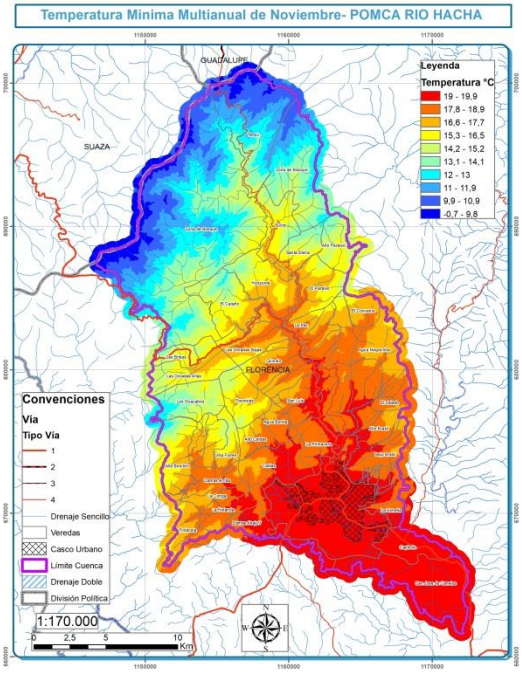
Septiembre



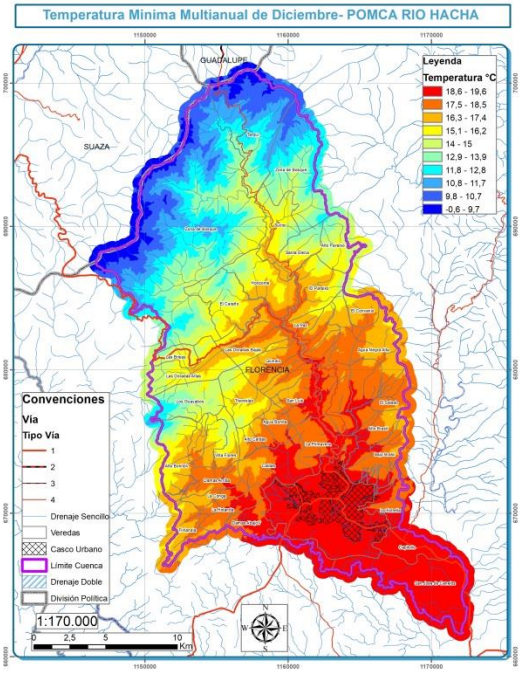
Octubre



Noviembre



Diciembre

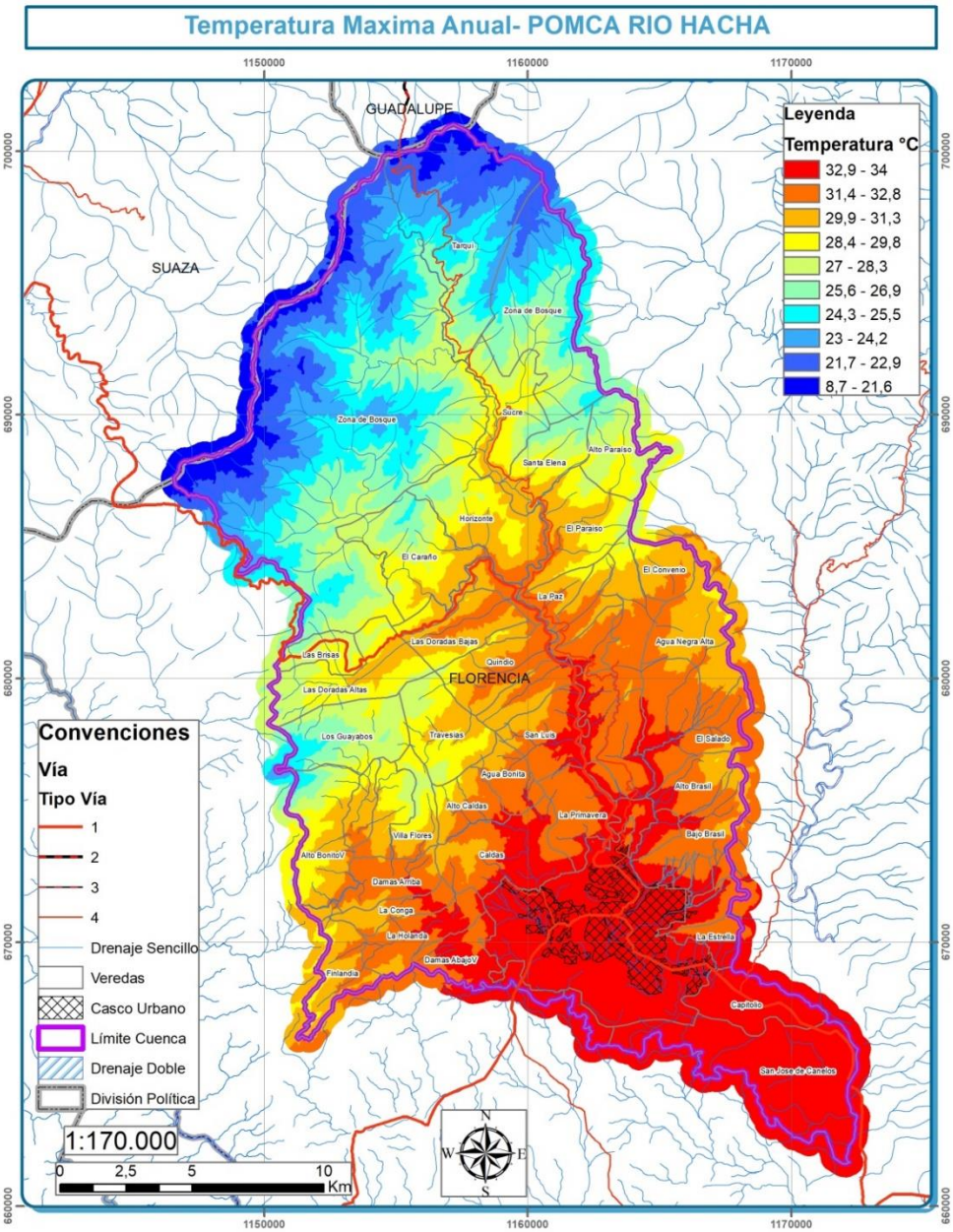


Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016.

- **Temperatura máxima anual y mensual de largo plazo**

En la Figura 11, se presenta la temperatura media anual para la cuenca del río Hacha y en la Figura 12 a la Figura 14, se puede apreciar claramente para todos los meses del año la espacialización de la temperatura media en toda la cuenca.

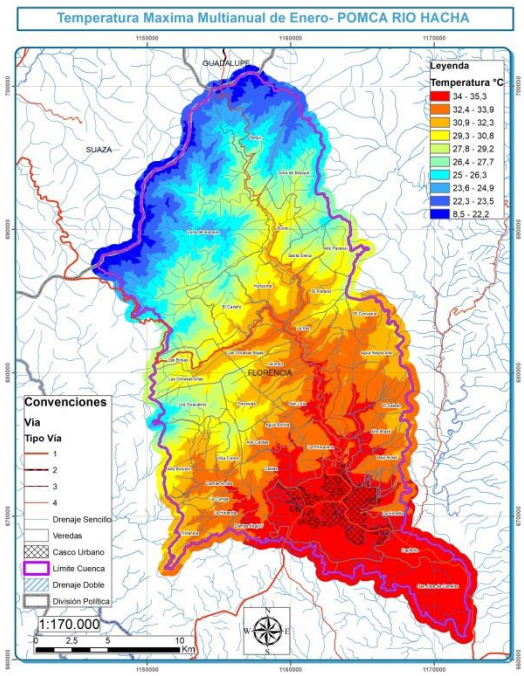
Figura 11. Temperatura máxima anual – Isotermas de la Cuenca Hidrográfica Río Hacha.



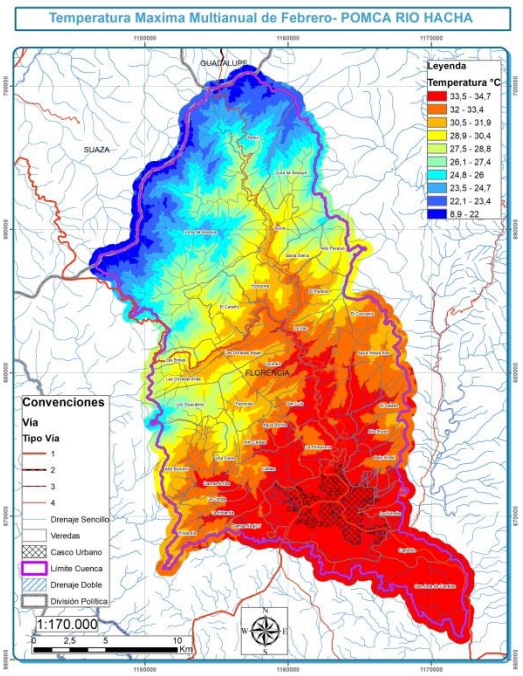
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016.

Figura 12. Temperatura máxima mensual primer cuatrimestre del año.

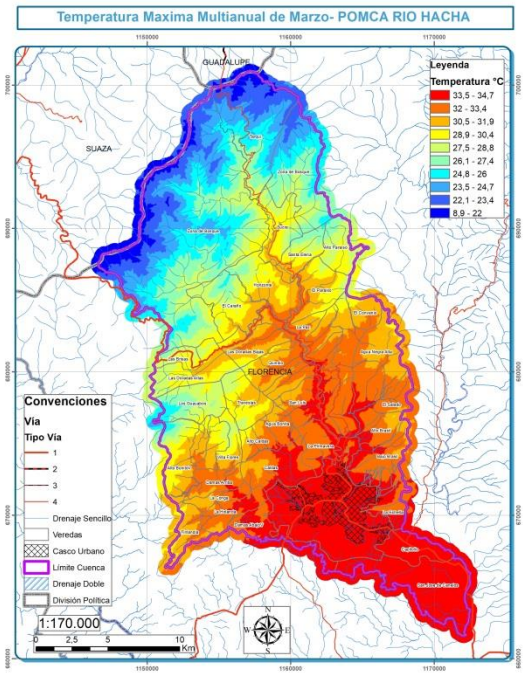
Enero



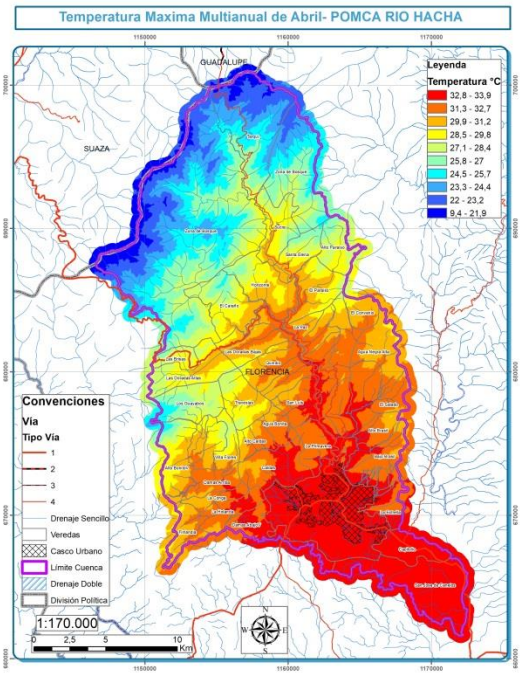
Febrero



Marzo



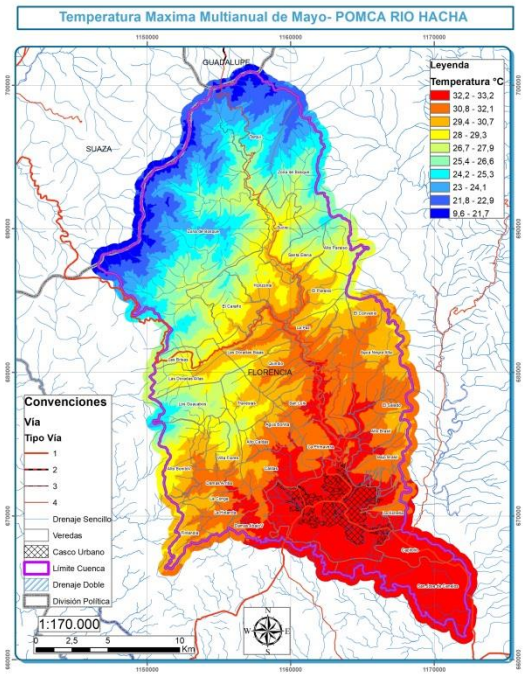
Abril



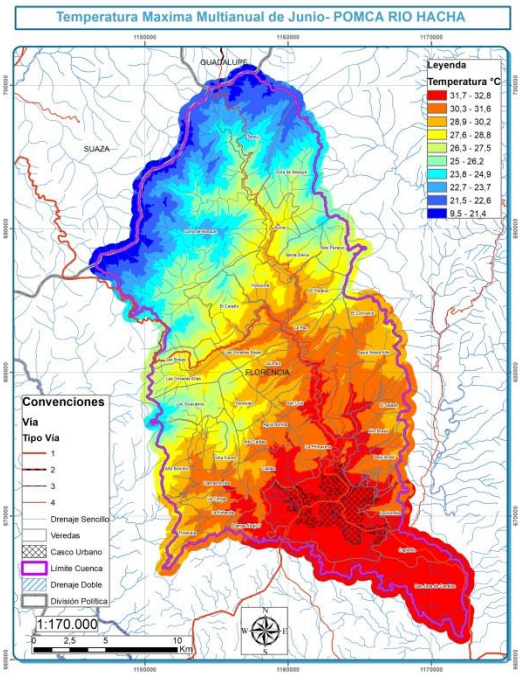
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Figura 13. Temperatura máxima mensual segundo cuatrimestre del año

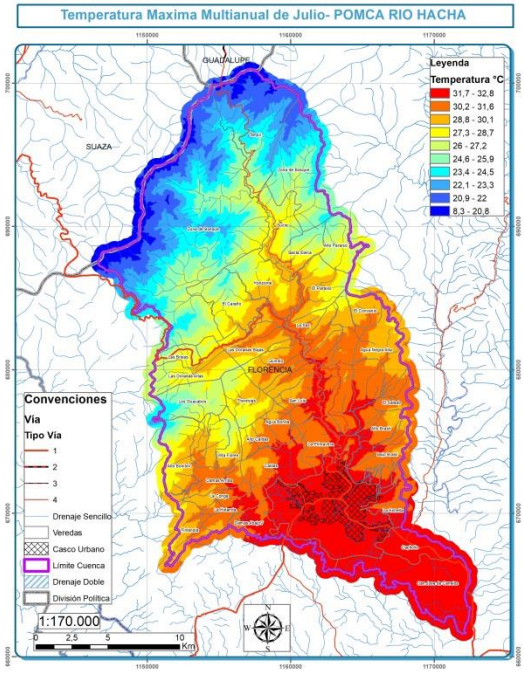
Mayo



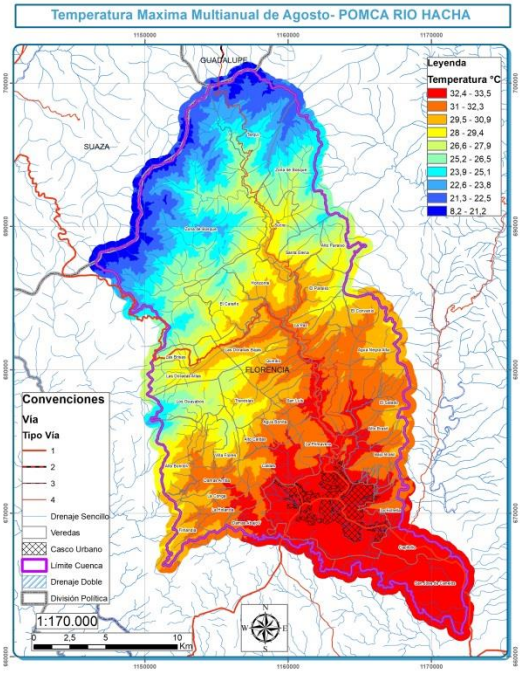
Junio



Julio



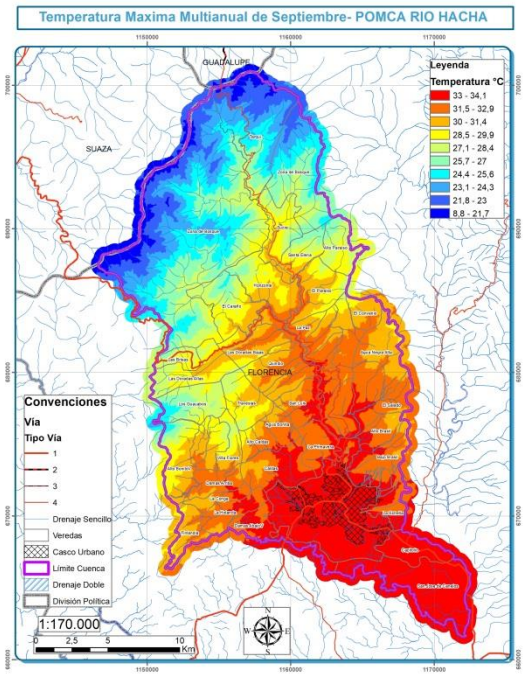
Agosto



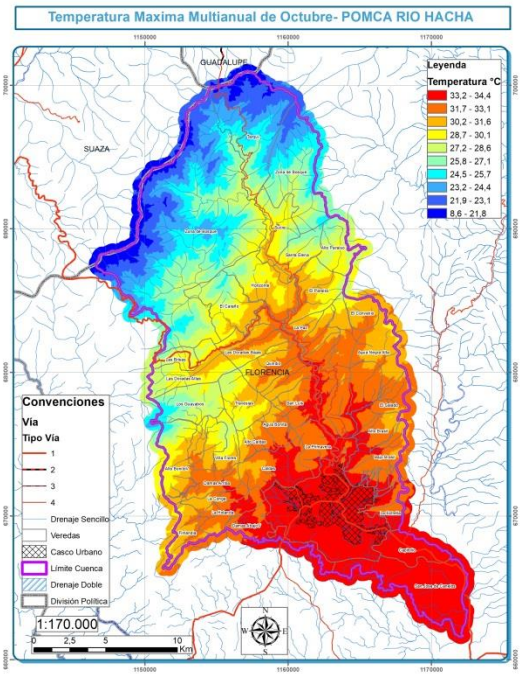
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Figura 14. Temperatura máxima mensual tercer cuatrimestre del año

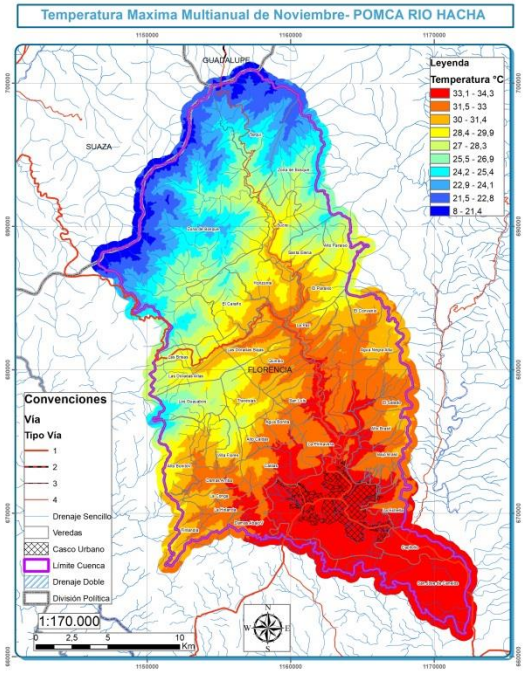
Septiembre



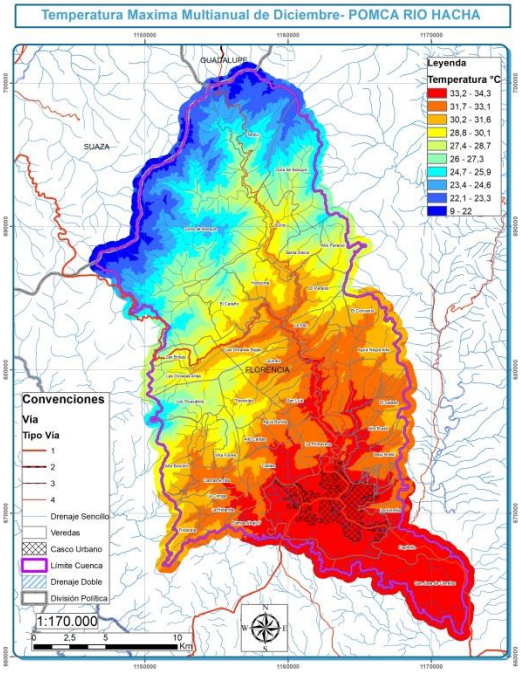
Octubre



Noviembre



Diciembre



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.1.4.2 Precipitación

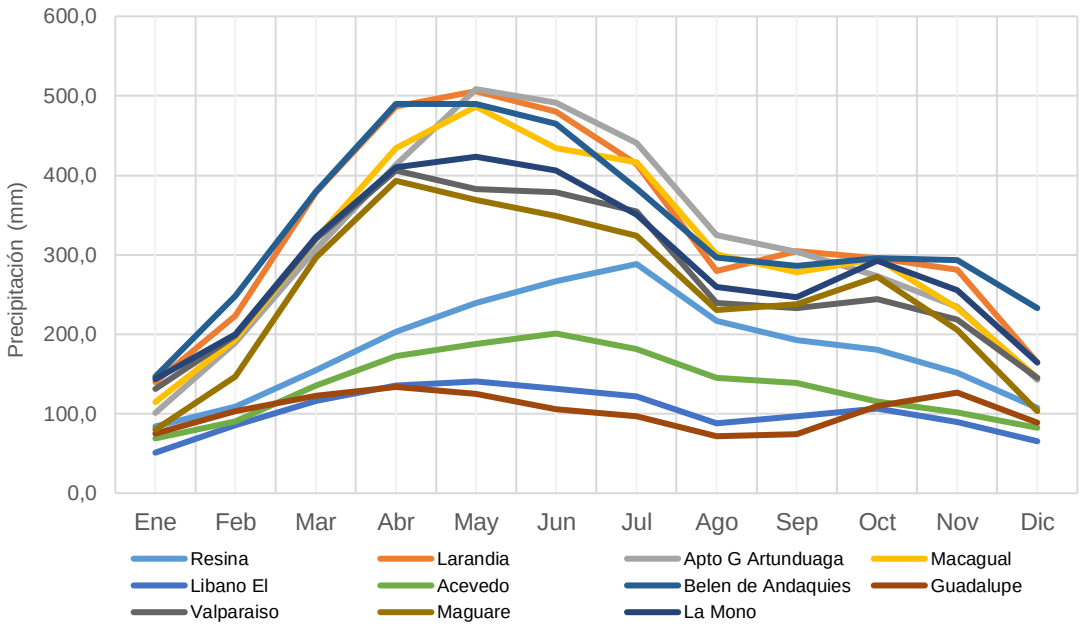
La medida de la cantidad de lluvia se expresa por altura de la capa de agua que cubriría el suelo, supuesto perfectamente horizontal sin filtrarse, evaporase ni escurrirse; a esta medida se llama altura de precipitación y se expresa en milímetros. El análisis de precipitación consiste en la interpretación de la variación mensual y multianual de la lluvia con el fin de determinar las temporadas secas y lluviosas en la región.

- **Análisis temporal de precipitación total**

Con la verificación realizada en el análisis de consistencia y validez de los registros mensuales de las estaciones seleccionadas, se pudo comprobar la calidad de los datos, por lo cual se puede llegar a determinar la precipitación media para cada estación.

Como se muestra en la Gráfica 17 el régimen de precipitación en la zona es monomodal, con un período de lluvias intensas, y otro período de baja precipitación. La temporada de alta precipitación se presenta entre los meses de abril a julio, con valores máximos mensuales de 508 mm en el mes de junio para la estación Aeropuerto.

Gráfica 17. Precipitación media anual registrada en las estaciones del área de influencia de la Cuenca del Río Hacha (mm)



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016. Elaborado con información de estaciones IDEAM 13 abril 2018

La temporada de baja precipitación se presenta principalmente entre los meses de diciembre a febrero, siendo el mes de enero, el que presenta los valores totales mensuales más bajos en todas las estaciones, con un valor de precipitación mínima de 51 mm en el mes de enero para la estación Líbano.

Los valores promedio de precipitación mensual son tomados de la información de las estaciones ubicadas dentro del área de influencia de la cuenca del Río Hacha, con series de datos representativas mayores de 15 años, para el periodo comprendido entre los años 1970 - 2016, en el que se basa el presente análisis de datos.

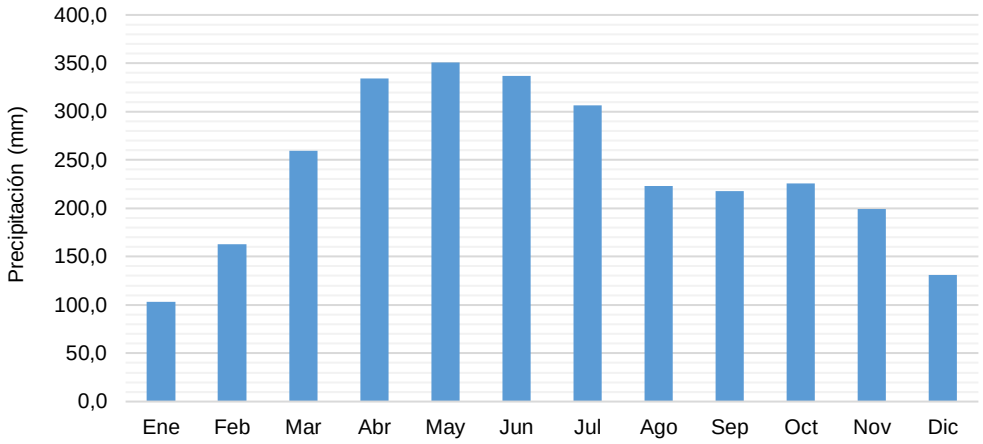
De acuerdo con la información registrada por las estaciones meteorológicas del IDEAM, la variación de la precipitación presenta un régimen monomodal, con altas precipitaciónes entre los meses de abril y julio, con el pico mas alto en el mes de junio para la mayoría de las estaciones, los descensos de pluviosidad se evidencian entre los meses de diciembre a febrero en todas las estaciones, con los menores valores para el mes de enero (Ver Tabla 12 y Gráfica 18).

Tabla 12. Precipitación media mensual multianual (mm)

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Resina	84.1	108.9	154.7	203.2	239.8	267.0	288.4	217.0	192.9	180.5	152.0	107.5
Larandia	139.8	223.1	378.5	486.9	505.9	479.9	414.4	280.0	304.2	295.4	281.2	164.2
Apto G Artunduaga	101.1	189.7	307.2	413.1	508.5	491.5	440.8	324.8	303.6	272.9	234.8	142.9
Macagual	114.7	193.5	319.7	434.2	486.5	434.3	416.4	300.2	278.0	294.9	233.3	144.8
Libano El	51.0	85.8	116.4	135.6	140.7	131.1	121.9	88.1	97.0	106.5	89.4	65.5
Acevedo	69.0	90.0	135.8	172.6	187.7	201.0	181.2	145.2	138.8	115.7	101.9	82.0
Belen de Andaquies	146.7	248.5	379.8	489.7	489.8	464.9	383.5	296.8	286.4	296.0	293.7	233.3
Guadalupe	75.4	103.0	122.2	133.8	124.8	105.7	96.7	71.7	74.4	109.5	126.7	88.6
Valparaiso	131.3	198.5	319.5	406.1	382.7	378.5	354.5	239.2	233.0	244.4	218.5	144.9
Maguare	80.1	146.6	296.3	393.1	368.7	349.2	323.9	230.8	237.6	272.7	205.9	103.2
La Mono	143.5	199.7	322.7	409.9	423.4	405.9	350.6	259.7	246.5	292.1	255.4	164.3

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016. Elaborado con información de estaciones IDEAM 13 abril 2018

Gráfica 18. Precipitación Media Mensual (mm)



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016. Elaborado con información de estaciones IDEAM 13 abril 2018.

Análisis espacial de la precipitación total

Para la elaboración de los mapas de precipitación, evapotranspiración y escorrentía superficial, el insumo principal son los datos de precipitación registrados en las estaciones meteorológicas que miden dicho parámetro, debido a que esta información está disponible de manera puntual y su localización corresponde a la de las estaciones dentro y/o cerca del área de la cuenca del río Hacha.

Se puede en general observar una tendencia en la que la precipitación aumenta al disminuir la altura, esto debido probablemente a la influencia de las condiciones climáticas locales amazónicas, que por su cercanía en la parte baja de la cuenca aumenta el contenido de humedad (fenómeno barlovento) y de esta manera las precipitaciones, determinando las condiciones climáticas de la cuenca, no en este caso la orografía.

Para la espacialización de la precipitación se utilizaron las metodologías estocásticas que cuentan con el uso de variables alternas de mejor densidad de registros. Entre las técnicas que se implementaron son: Kriging Ordinario (KO), Kriging con Deriva Externa (KDE), Cokriging y Inverse Distance Weighted (IDW), usando como variable característica la precipitación media puntual.

Para este proyecto se utilizó el “Método de la ponderación del cuadrado de las distancias recíprocas[1]”, método de interpolación también conocido como IDW

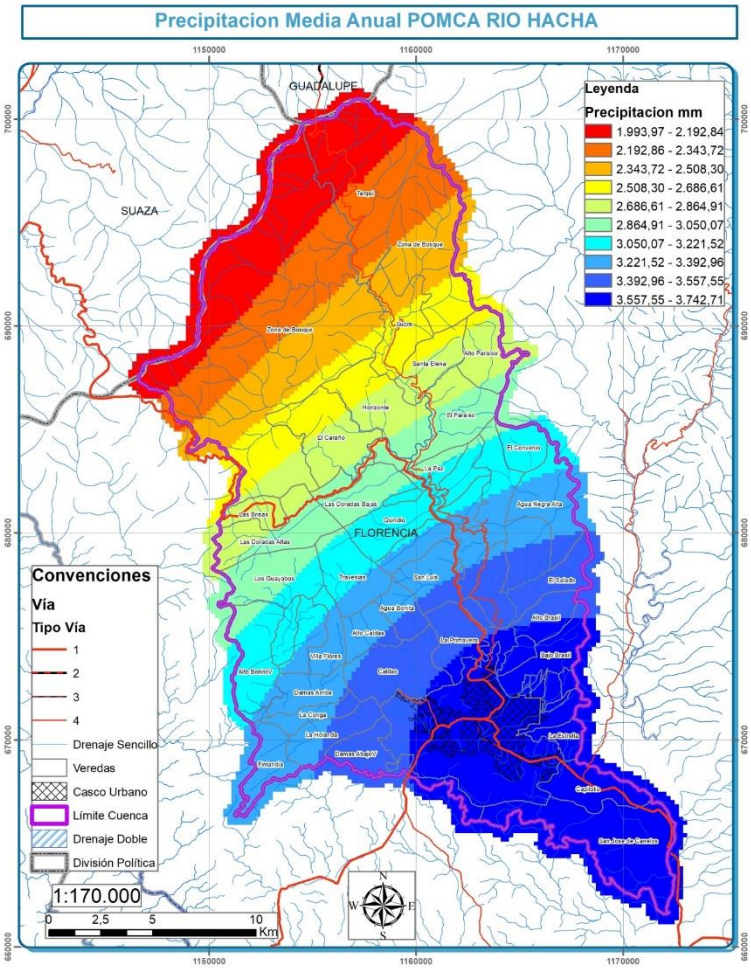
[1] Dean J. y Snyder W. Temporally and areally distributed rainfall. Journal of the Irrigation and Drainage Division. A.S.C.E. Vol 103. No. ir2. Proc. Paper 13.002. pp. 221-229, Citado por Ing. Santiago Loboguerrero en Apuntes de clase en hidrología.

(Inverse Distance Weighted), en su sigla en inglés, el cual se encuentra disponible en el análisis espacial del ArcGis.

Este método se implementó, teniendo en cuenta varios estudios como el "Análisis de la distribución e interpolación espacial de las lluvias en Bogotá, Colombia (Vargas, 2011), donde se aplicó varios métodos de interpolación (IDW, V4 y Kriging) con variaciones en el tamaño de celda que han permitido concluir que para el periodo de estudio el mejor desempeño lo tiene el método IDW. Además, en la subdirección de pronósticos y alertas del IDEAM se aplica esta metodología para generar los mapas incluidos en sus boletines diarios.

En la Figura 15, se muestra el mapa de precipitación media anual espacializada y en isoyetas respectivamente para la cuenca; y, de la Figura 16 a la Figura 18, se presentan los mapas mensuales. Los mapas de precipitación se encuentran en la carpeta insumos de la sección de cartografía (Ver Anexo 3).

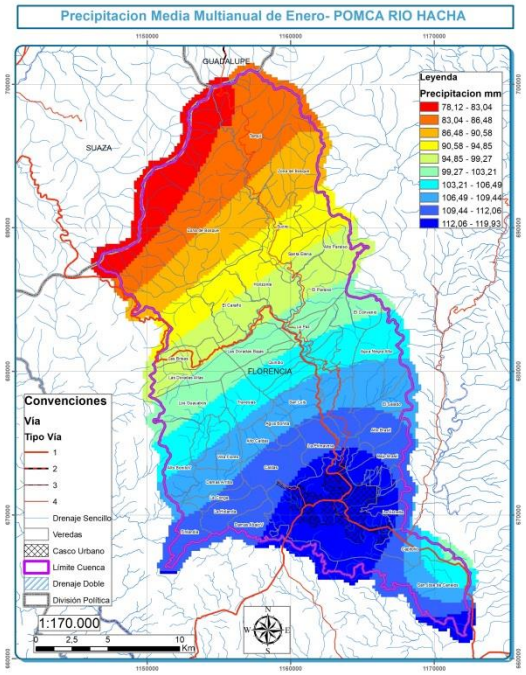
Figura 15. Precipitación total multianual (Isoyetas) de la Cuenca del Río Hacha.



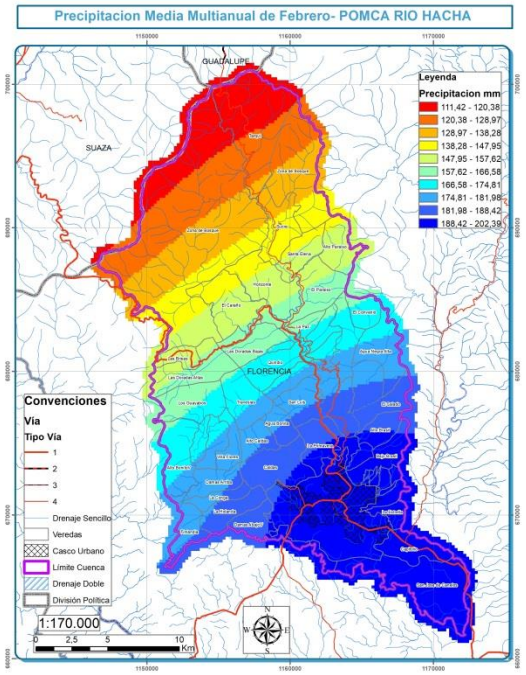
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Figura 16. Precipitación total mensual multianual (Isoyetas) primer cuatriemestre del año

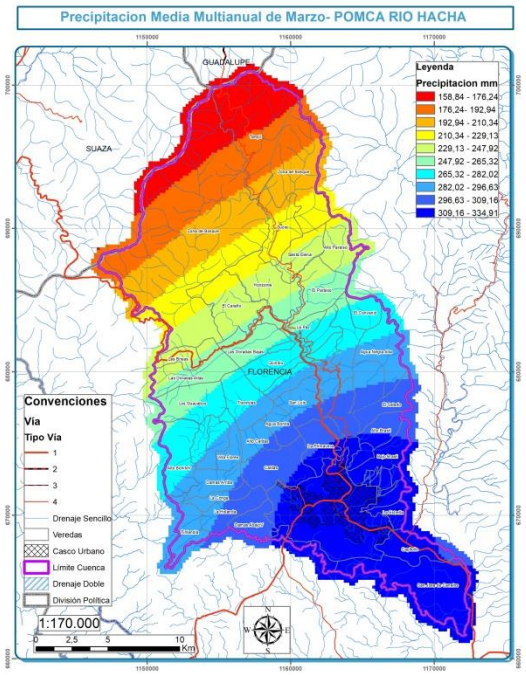
Enero



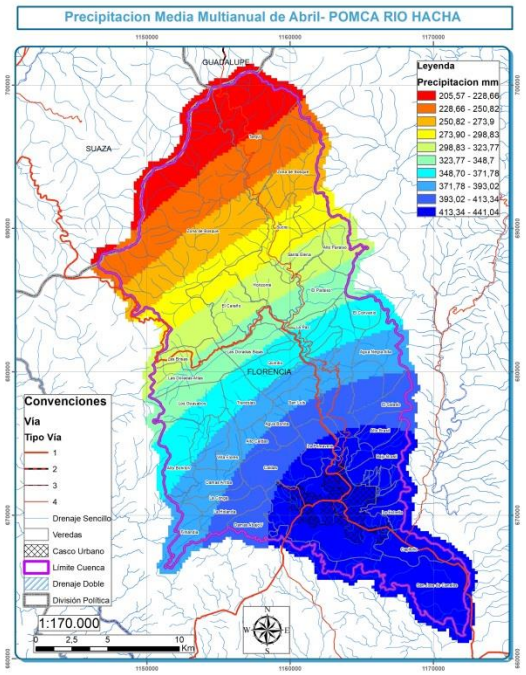
Febrero



Marzo



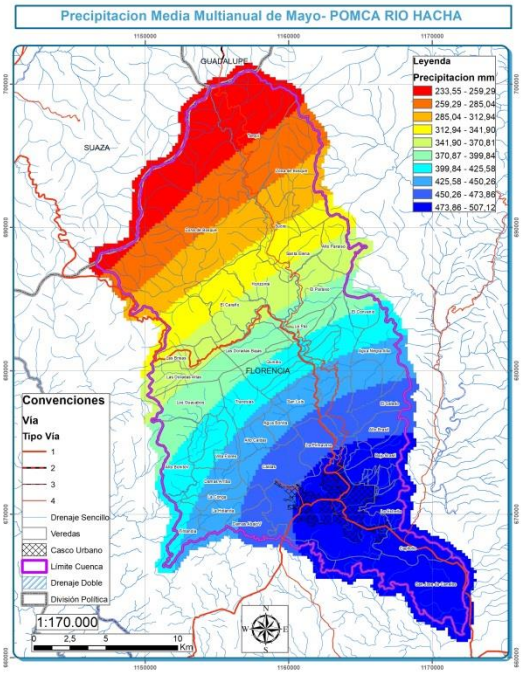
Abril



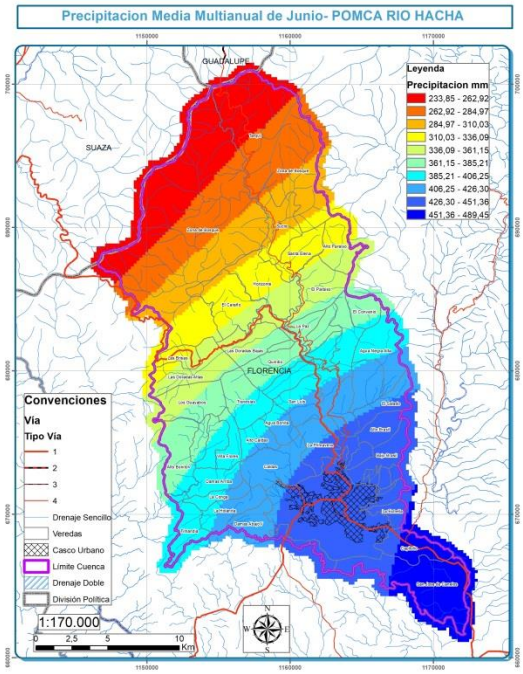
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Figura 17. Precipitación total mensual multianual (Isoyetas) segundo cuatriemestre del año

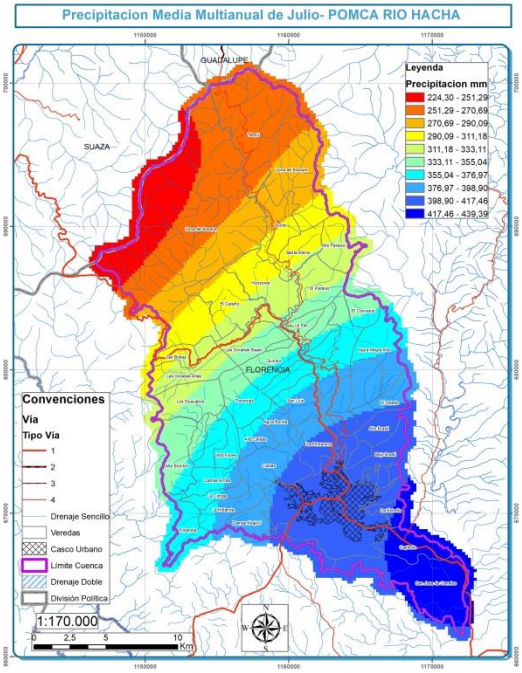
Mayo



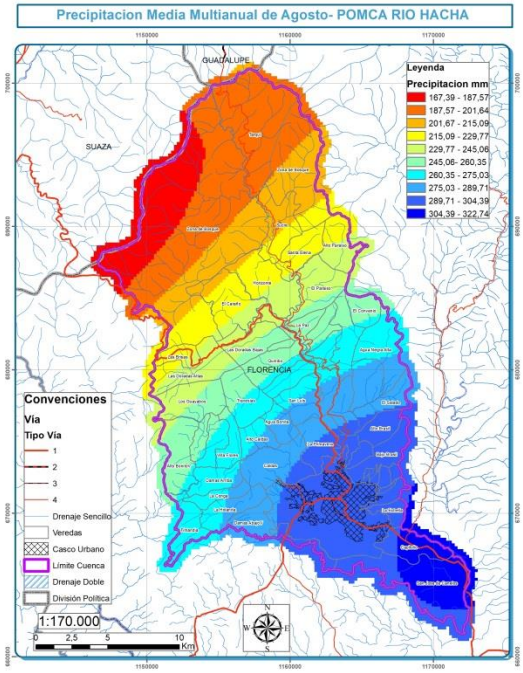
Junio



Julio



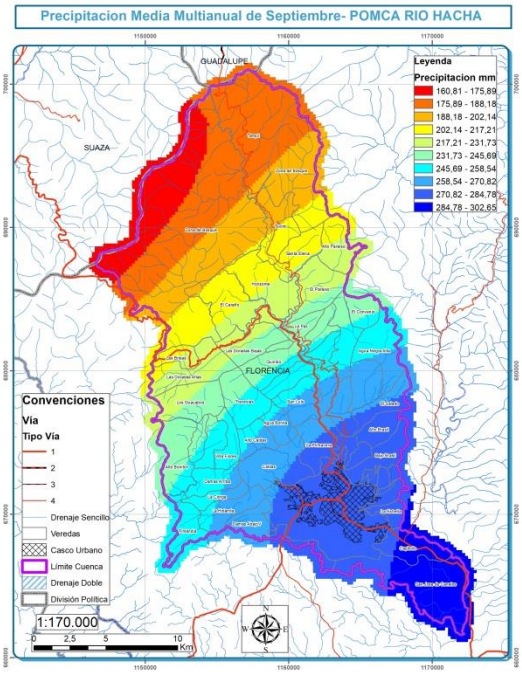
Agosto



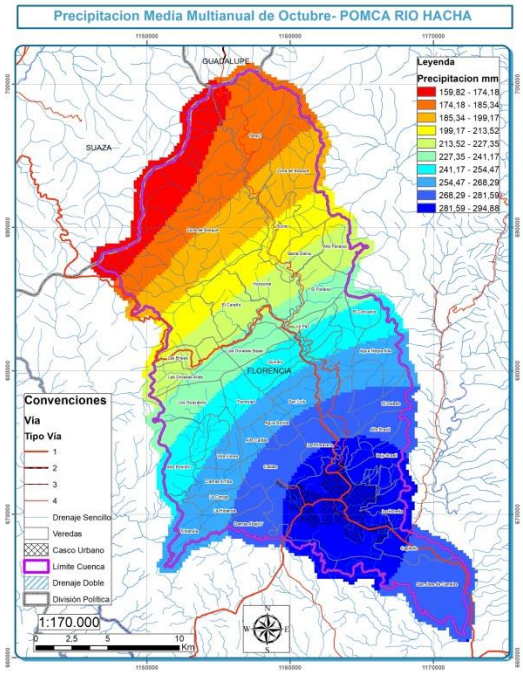
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Figura 18. Precipitación total mensual multianual (Isoyetas) tercer cuatriemestre del año

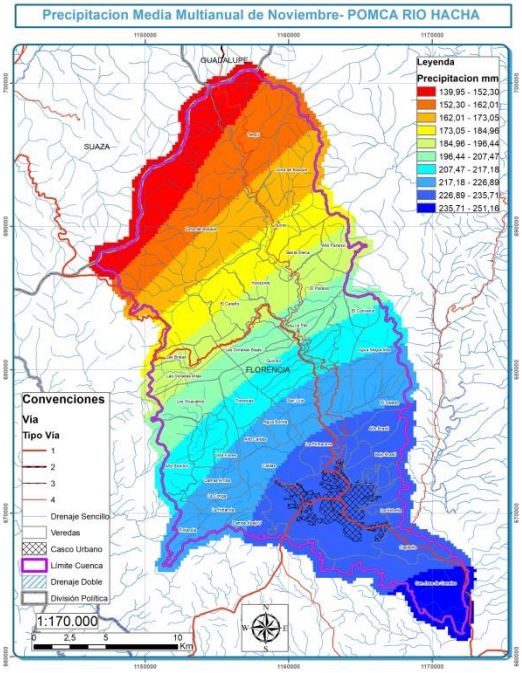
Septiembre



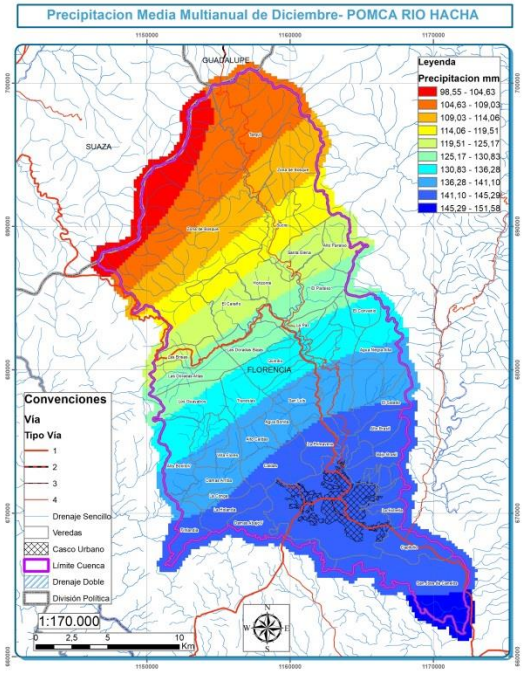
Octubre



Noviembre



Diciembre



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Los meses que presentan mayores cantidades de precipitaciones, tras el análisis hecho en base a los promedios mensuales, es el mes de mayo con 350 mm y el mes que muestran tendencia a la disminución de las lluvias corresponde a enero con valores inferiores a los 100 mm a lo largo de la cuenca, esto hace pensar que los aumentos y disminuciones de lluvias podrían ser parte de procesos naturales como el paso de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), que se repiten cada cierto tiempo y no necesariamente son parte de un cambio climático.

A partir del mapa de isoyetas anuales (Figura 15) se establece una gran variabilidad en el comportamiento de la lluvia, con valores de precipitación oscilando entre los 3800 mm en la parte baja de la cuenca sobre el municipio de Florencia, que disminuyen gradualmente hacia el norte a mínimos de 2000 mm aproximadamente.

3.1.4.3 Humedad relativa. El vapor de agua es uno de los componentes de la atmósfera de la Tierra. La humedad es un elemento meteorológico que tiene una relación estrecha con la estabilidad atmosférica y por consiguiente con la ocurrencia y distribución de la precipitación en una porción terrestre.

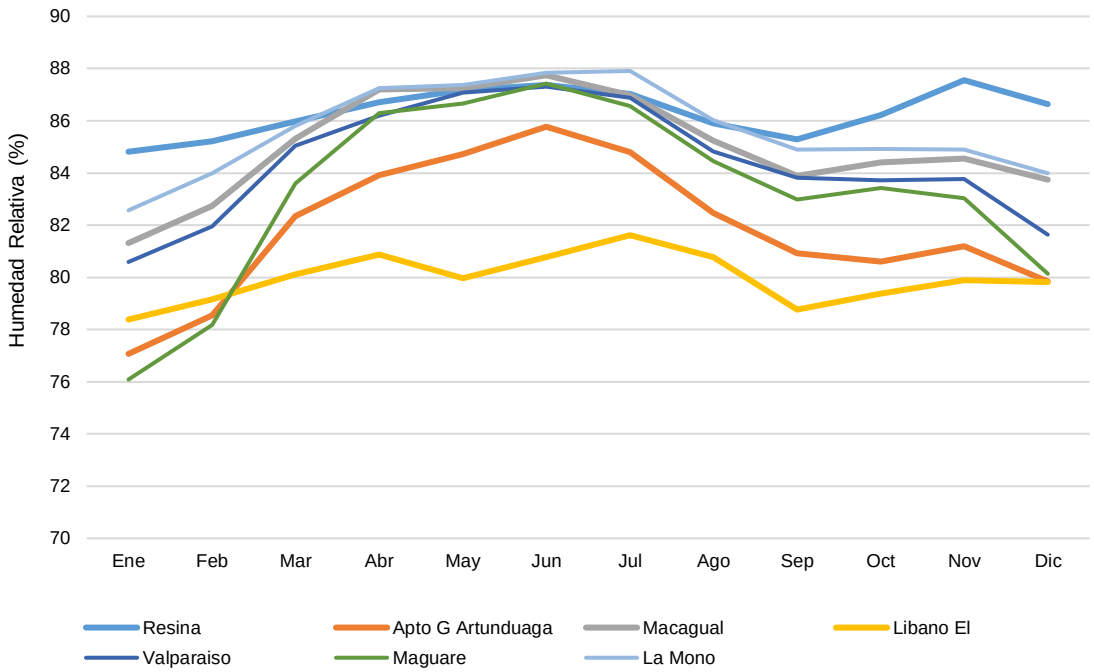
- **Análisis temporal de la humedal relativa**

La humedad relativa está asociada a la distribución temporal de la precipitación. Así el período entre diciembre y febrero debido a la disminución de las lluvias y a la influencia de los vientos alisios y la posición extrema en el sur del país de la ZCIT (Zona de Convergencia Intertropical), la humedad relativa comienza a disminuir hasta alcanzar su mínimo valor en el mes de enero, que coincide con los valores máximos de temperatura. En el mes de abril la humedad relativa del aire nuevamente comienza a aumentar (Ver Gráfica 19), hasta alcanzar sus valores máximos entre los meses de mayo y junio, que se relacionan con los meses de mayor precipitación.

Como se observa en la Gráfica 19, la humedad relativa media mensual multianual en las estaciones analizadas, presentan valores entre 76% y 88%. Para la estación Aeropuerto G Artunduaga, el mes más húmedo es junio con un valor de humedad de 85 %; así mismo, en esta estación los meses menos húmedos son enero y febrero con valores de 76 y 78 % respectivamente. Los valores promedio de humedad se encuentran entre el 80 y el 87% (Gráfica 20).

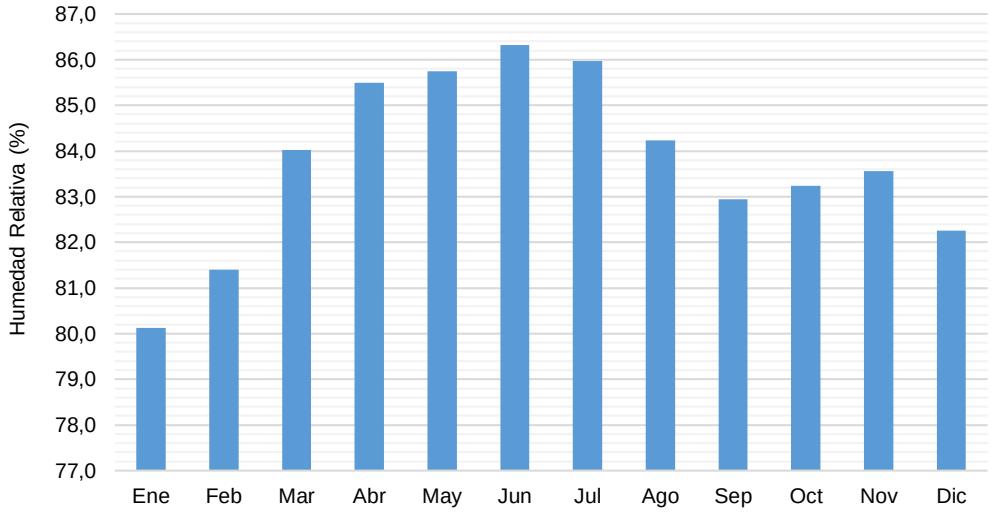
Tomando como referencia el norte de la cuenca, donde se encuentra la estación Resina, se aprecia que la humedad relativa promedio en dicha estación es del 86% (Tabla 13), desde ahí comienza a disminuir su valor, con valores entre 82 y 80% para las estaciones Aeropuerto G Artunduaga y Líbano respectivamente. Hacía el sur aumenta un poco, presenta un valor de 85% en promedio para la estación Macagual, donde se evidencia la influencia para esta variable de la zona amazónica.

Gráfica 19. Humedad Relativa Registrada en las Estaciones del Área de Influencia de la Cuenca del Río Hacha



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016. Elaborado con información de estaciones IDEAM 13 abril 2018.

Gráfica 20. Humedad Relativa Mensual Registrada en las Estaciones del Área de Influencia de la Cuenca del Río Hacha



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016. Elaborado con información de estaciones IDEAM 13 abril 2018

Tabla 13. Humedad relativa promedio (%)

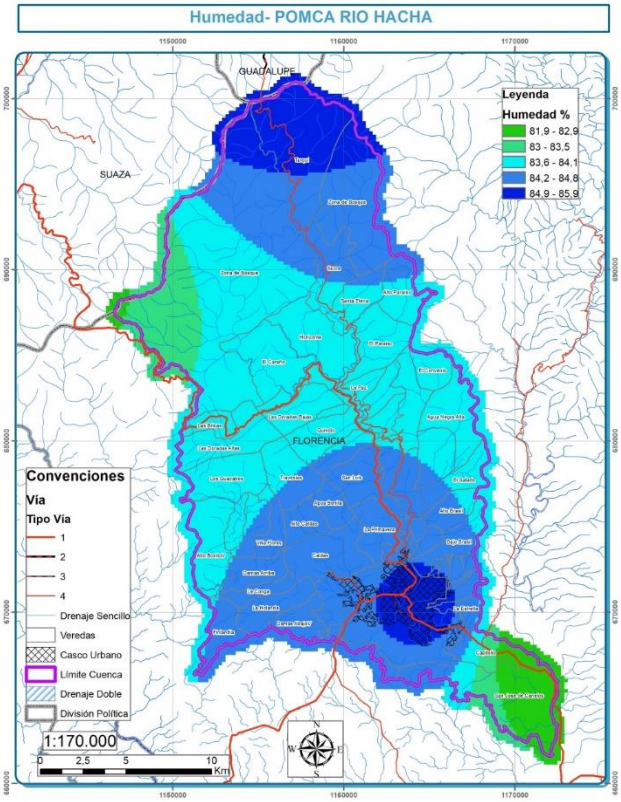
ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Resina	85	85	86	87	87	87	87	86	85	86	88	87	86
Apto G Artunduaga	77	79	82	84	85	86	85	82	81	81	81	80	82
Macagual	81	83	85	87	87	88	87	85	84	84	85	84	85
Libano El	78	79	80	81	80	81	82	81	79	79	80	80	80
Valparaiso	81	82	85	86	87	87	87	85	84	84	84	82	84
Maguare	76	78	84	86	87	87	87	84	83	83	83	80	83
Mono La	83	84	86	87	87	88	88	86	85	85	85	84	86

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016. Elaborado con información de estaciones IDEAM 13 abril 2018

- **Análisis espacial de la humedad relativa**

El análisis espacial de la humedad relativa se obtuvo mediante la interpolación con el IDW, usando datos de siete (7) estaciones climatológicas del IDEAM que se encuentran dentro y/o cerca de la cuenca. El mapa de la humedad relativa se encuentra en la carpeta insumos de la sección de cartografía y en la Figura 19, donde se puede apreciar que los valores mayores de humedad relativa se presentan sobre la cabecera del municipio de Florencia.

Figura 19. Humedad relativa media anual en la cuenca del río Hacha



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016.

3.1.4.4 Brillo solar. El brillo solar corresponde al número de horas al día que hubo luz, llamado también fotoperíodo. El valor de este factor radica en su importancia para el desarrollo de actividades como el crecimiento de las plantas.

La distribución de los valores de insolación o brillo solar están relacionados en forma inversa con otros elementos como la nubosidad y la precipitación en una región.

- **Análisis temporal de brillo solar total mensual**

Los datos de las estaciones metereológicas del área de influenca de la cuenca del río Hacha, indican que la zona recibe alrededor de 119 horas de brillo solar como promedio mensual (Tabla 14).

Tabla 14. Brillo solar mensual

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Resina	107	93	86	81	92	98	97	106	105	93	83	95	95
Apto G Artunduaga	169	121	106	100	107	99	103	125	141	145	148	165	127
Macagual	162	115	98	96	103	94	105	127	141	144	141	160	124
Valparaiso	162	109	96	95	100	87	95	117	135	136	149	166	121
Maguare	181	125	100	93	102	90	100	128	145	148	149	177	128
Mono La	155	111	96	96	101	94	101	119	139	146	138	154	121
Resina	107	93	86	81	92	98	97	106	105	93	83	95	95

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016. Elaborado con información de estaciones IDEAM 13 abril 2018

La estación Resina, que se localiza a una mayor altitud, presenta los valores más bajos de brillo solar, con un promedio mensual de 95 horas (Ver Tabla 15).

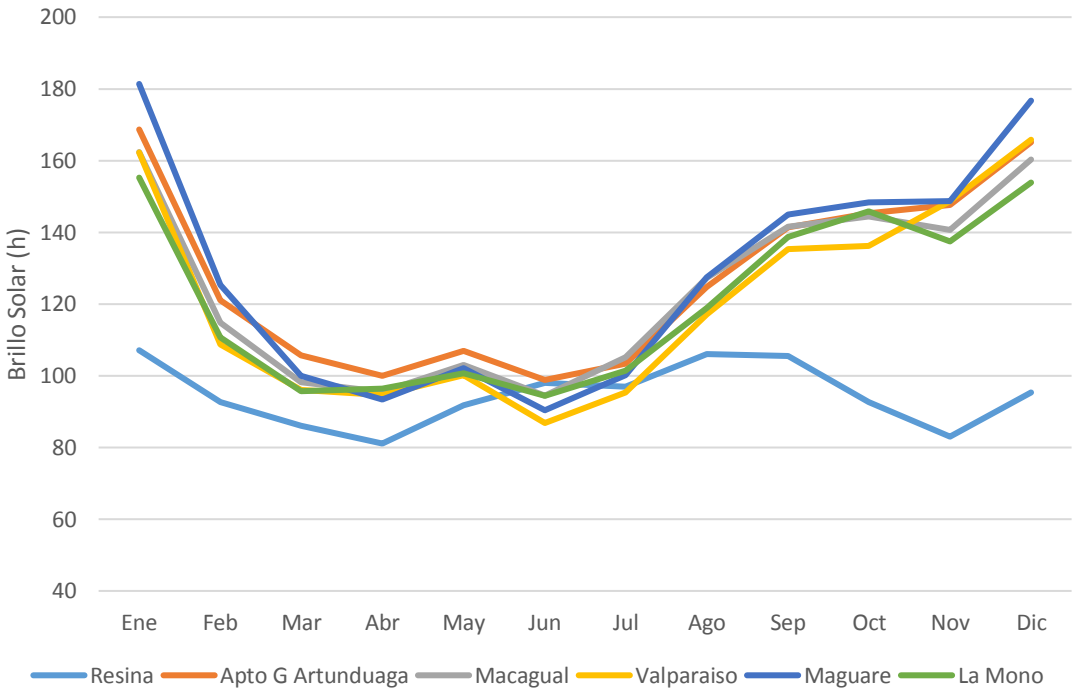
Tabla 15. Brillo Solar Promedio Mensual (h)

ESTACIÓN	PROMEDIO MENSUAL DE BRILLO SOLAR (HORAS)
Resina	95
Apto G Artunduaga	127
Macagual	124
Valparaiso	121
Maguare	128
Mono La	121

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016. Elaborado con información de estaciones IDEAM 13 abril 2018

De acuerdo con el comportamiento general de la zona, se puede evidenciar, que los meses de diciembre y enero presentan los mayores números de horas de brillo solar con 177 y 181 horas respectivamente en la estación Maguare. Los meses en que se registran los valores más bajos de brillo solar en el área en general corresponden a abril, mayo y junio (Ver Gráfica 21), el valor más bajo se presenta en la estación Resina en el mes de abril con 81 horas. Estos meses en todas las estaciones coinciden con los períodos de altas Precipitaciónes en la zona.

Gráfica 21. Brillo solar medio mensual

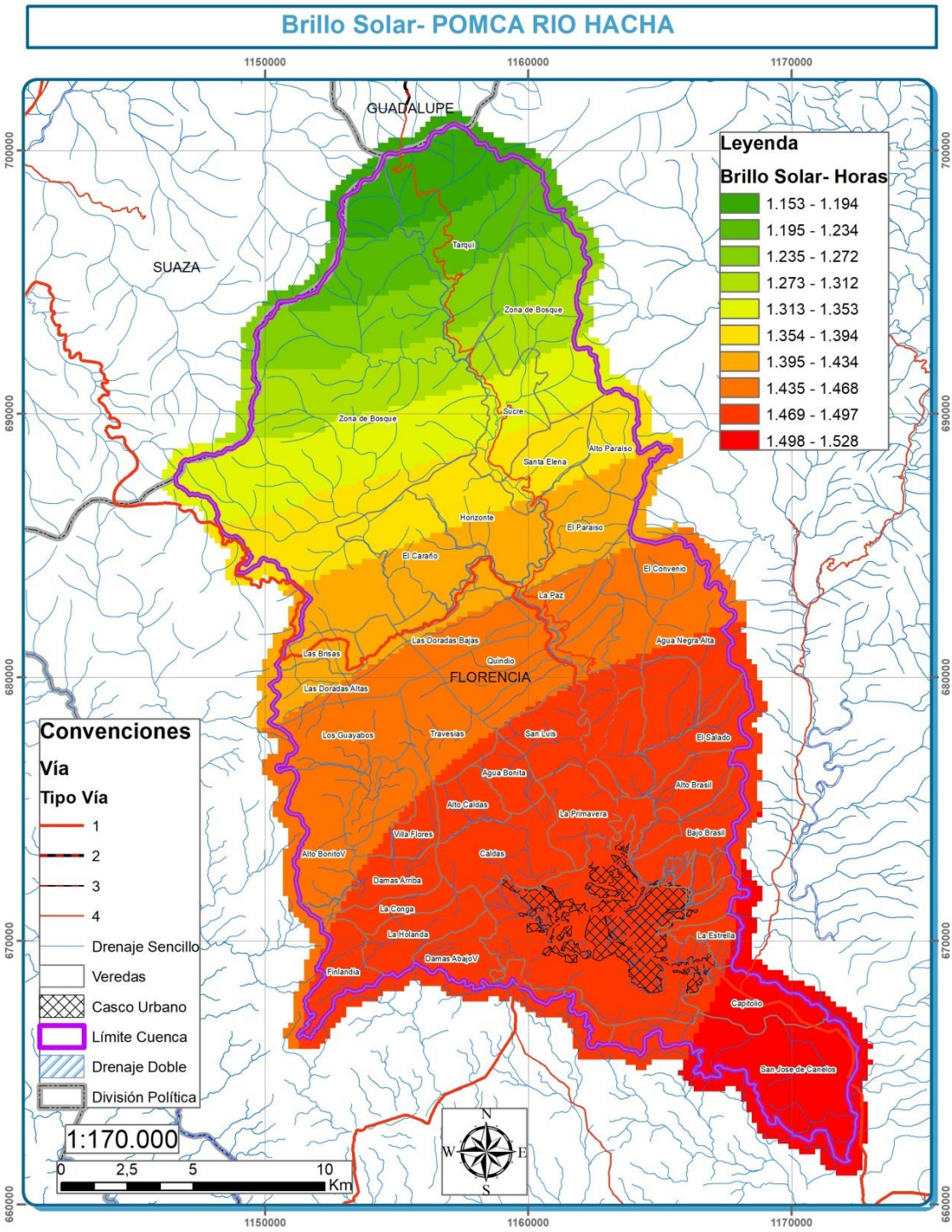


Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016. Elaborado con información de estaciones IDEAM 13 abril 2018.

- **Análisis espacial de brillo solar**

El análisis espacial de brillo solar se obtuvo mediante la interpolación con el IDW usando datos de siete (7) estaciones climatológicas del IDEAM que se encuentran en dentro y/o cerca de la cuenca. Los mapas completos de brillo solar se encuentran en la carpeta insumos de la sección de cartografía (ver Figura 20).

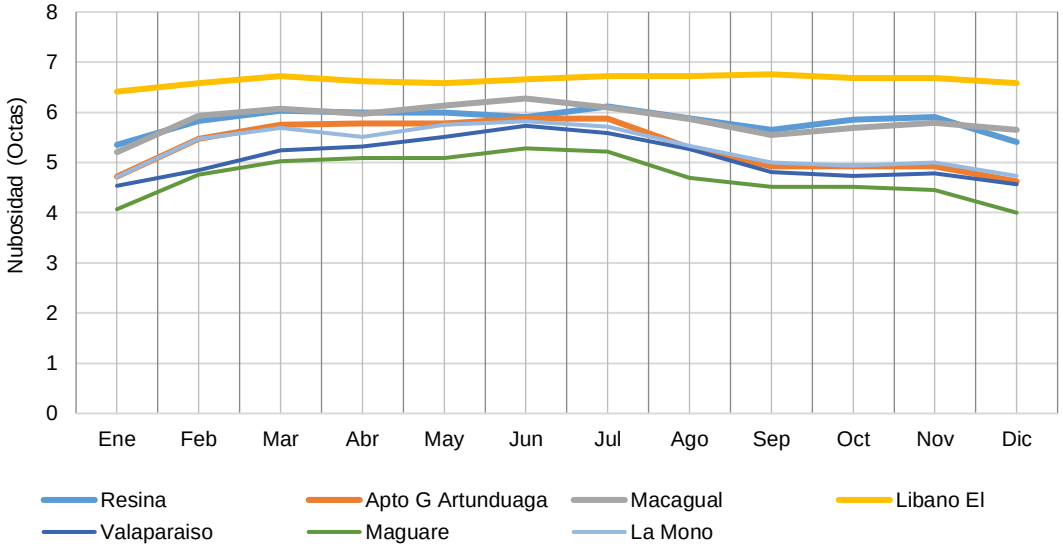
Figura 20. Brillo solar media anual en la cuenca del río Hacha



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.1.4.5 Nubosidad. Es el parámetro que representa la fracción de cielo cubierto con nubes, en un lugar en particular y se expresa en octas. Los valores en las estaciones muestran un comportamiento constante de la nubosidad a lo largo de todo el año, con valores que oscilan entre las 5.8 octas (Gráfica 22)

Gráfica 22. Nubosidad media mensual



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016. Elaborado con información de estaciones IDEAM 13 abril 2018.

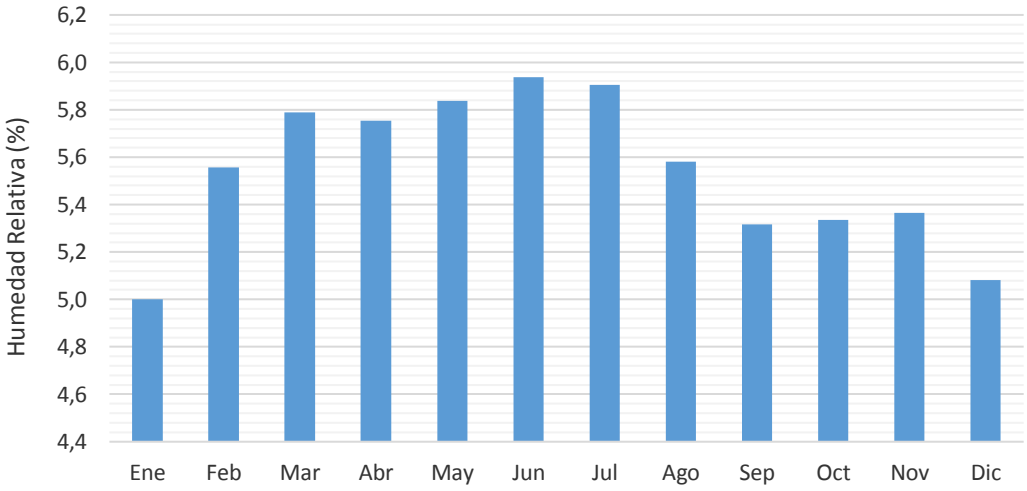
Se observa que en las estaciones se presenta una tendencia monomodal, relacionada directamente con la precipitación, mostrando que entre abril a junio los valores están por encima del promedio (Ver Gráfica 23). En la Tabla 16, se presentan los valores mensuales de nubosidad en cada una de las estaciones.

Tabla 16. Valores Mensuales de Nubosidad (Octas)

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Resina	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5
Apto G Artunduaga	5	5	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5
Macagual	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Libano El	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Valparaiso	5	5	5	5	6	6	6	5	5	5	5	5
Maguare	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4
Mono La	5	5	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016. Elaborado con información de estaciones IDEAM 13 abril 2018.

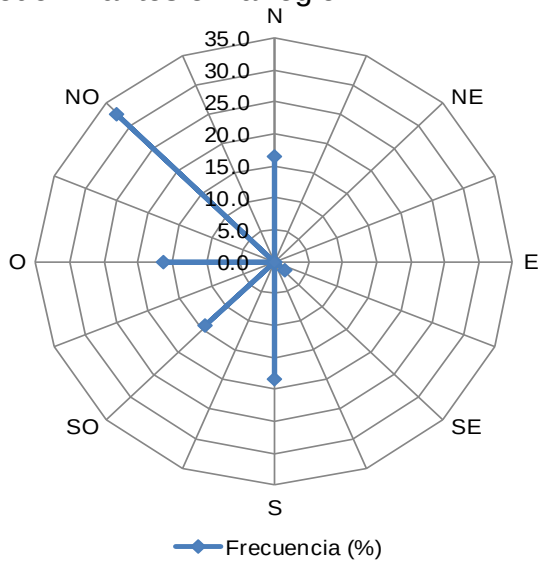
Gráfica 23. Valores Mensuales de Nubosidad Promedio (Octas)



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016. Elaborado con información de estaciones IDEAM 13 abril 2018.

3.1.4.6 Viento: dirección, rosa de vientos. En relación con la velocidad media mensual y la dirección predominante media vectorial mensual de los vientos en la zona y tomando como referencia la Estación Aeropuerto, se aprecia que predominantemente en la región, los vientos van con dirección Nor-Oeste (NO) con un porcentaje de permanencia del 32.7%. Seguido con un 18.4% de permanencia, los vientos con dirección Sur (S) (Ver Gráfica 24).

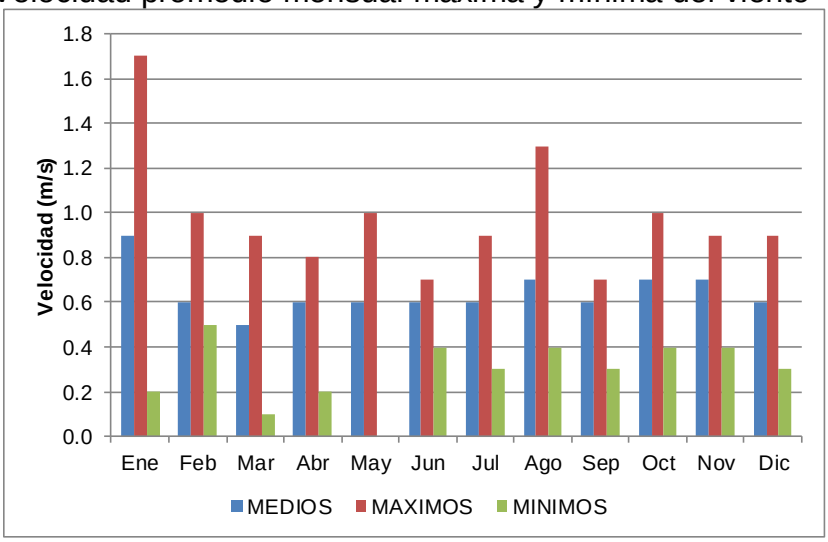
Gráfica 24. Vientos predominantes en la región



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016. Elaborado con información de estaciones IDEAM 13 abril 2018.

La Gráfica 25, muestra la distribución promedio mensual multianual de los vientos en la zona de estudio; se observa que el rango de variación de los valores promedio máximo, va desde 0.7 m/s (junio y septiembre), hasta 1.7 m/s (enero). La velocidad media es de 0.6 m/s.

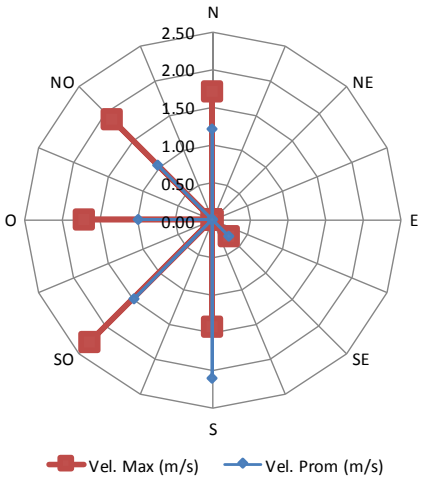
Gráfica 25. Velocidad promedio mensual máxima y mínima del viento



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016. Elaborado con información de estaciones IDEAM 13 abril 2018.

En relación con las velocidades máximas (Ver Gráfica 26), el valor más alto de estas va en dirección Sur-Oeste (SO), con un valor de 2.30 m/s. Así mismo, los registros muestran que la componente norte y noroeste, también presentan valores altos de la velocidad del viento.

Gráfica 26. Velocidad promedio según dirección del viento

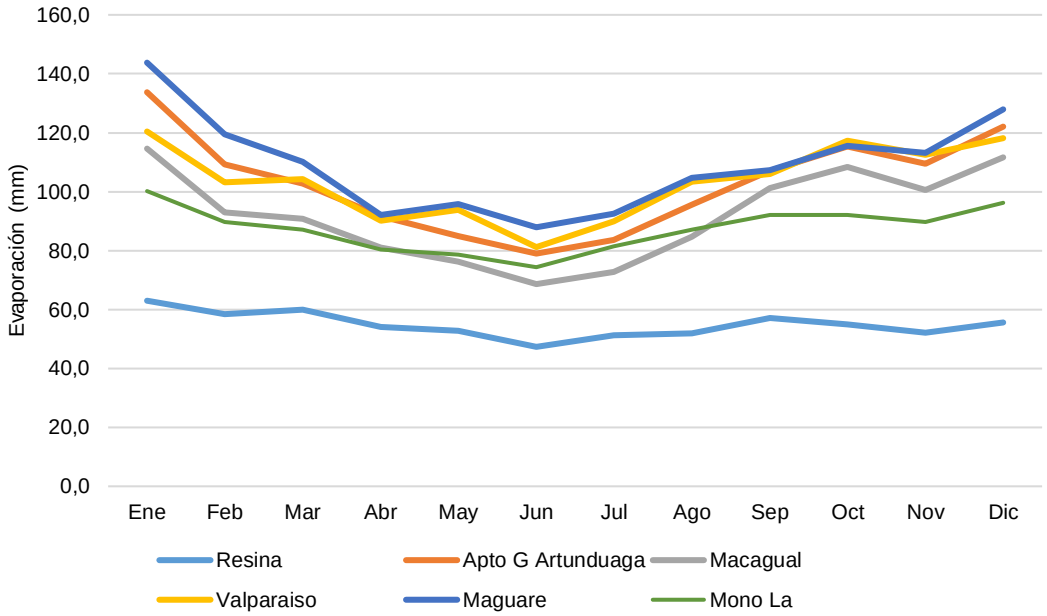


Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016. Elaborado con información de estaciones IDEAM 13 abril 2018.

3.1.4.7 Evaporación.

Respecto a la evaporación, los valores más elevados se presentan entre los meses de diciembre y enero, siendo este último el que presenta el máximo valor, coincidiendo con la mayor temperatura y los meses que presentan los valores más altos de brillo solar. Para la estación Aeropuerto G Artunduaga el valor máximo es de 133,7 mm en el mes de enero. Los meses con menor evaporación son mayo, junio y julio con valores de 84.9, 79 y 83.6mm, respectivamente (Ver Gráfica 27).

Gráfica 27. Evaporación Registrada en las Estaciones del Área de Influencia de la Cuenca del Río Hacha



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016. Elaborado con información de estaciones IDEAM 13 abril 2018

La evaporación media mensual multianual en las estaciones analizadas, presentan valores entre 47 y 143 mm. Para la estación Maguare, el mes con mayor evaporación es enero con un valor de 143.8mm, en esta estación el mes con el valor más bajo de evaporación es junio con un valor de 87.9mm. El promedio de evaporación en la estación es de 109.2 mm (Ver Tabla 17 y Gráfica 28).

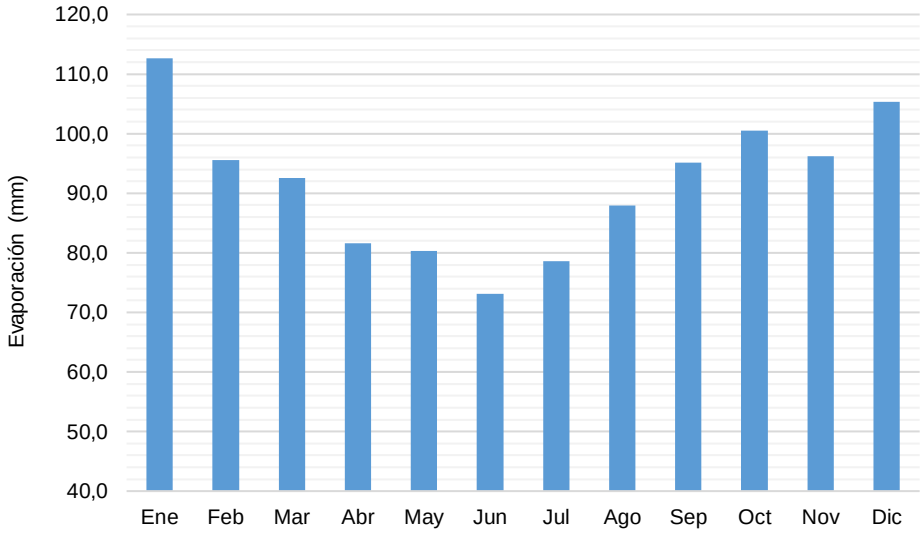
De acuerdo con los valores presentados de evaporación y precipitación, es claro que en la zona la variable precipitación está muy por encima de la evaporación, por lo que es de esperarse que en la zona se presenten excesos, siendo entonces una región con un gran aporte potencial para la recarga hídrica.

Tabla 17. Evaporación media mensual multianual (mm)

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Resina	63.0	58.5	60.0	54.1	52.8	47.3	51.3	52.0	57.2	54.9	52.2	55.7	54.9
Apto G Artunduaga	133.7	109.3	102.8	91.7	84.9	79.0	83.6	95.6	107.1	115.3	109.4	122.2	102.9
Macagual	114.6	92.9	90.8	81.0	76.1	68.6	72.8	84.6	101.1	108.4	100.6	111.6	91.9
Valparaiso	120.4	103.2	104.3	90.2	93.8	81.2	90.0	103.4	106.0	117.2	112.5	118.1	103.4
Maguare	143.8	119.6	110.1	92.0	95.7	87.9	92.6	104.6	107.3	115.5	113.1	128.0	109.2
Mono La	100.2	89.7	87.0	80.3	78.7	74.4	81.4	87.1	92.0	92.0	89.7	96.2	87.4

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016. Elaborado con información de estaciones IDEAM 13 abril 2018

Gráfica 28. Evaporación Media Mensual Registrada en las Estaciones del Área de Influencia de la Cuenca del Río Hacha

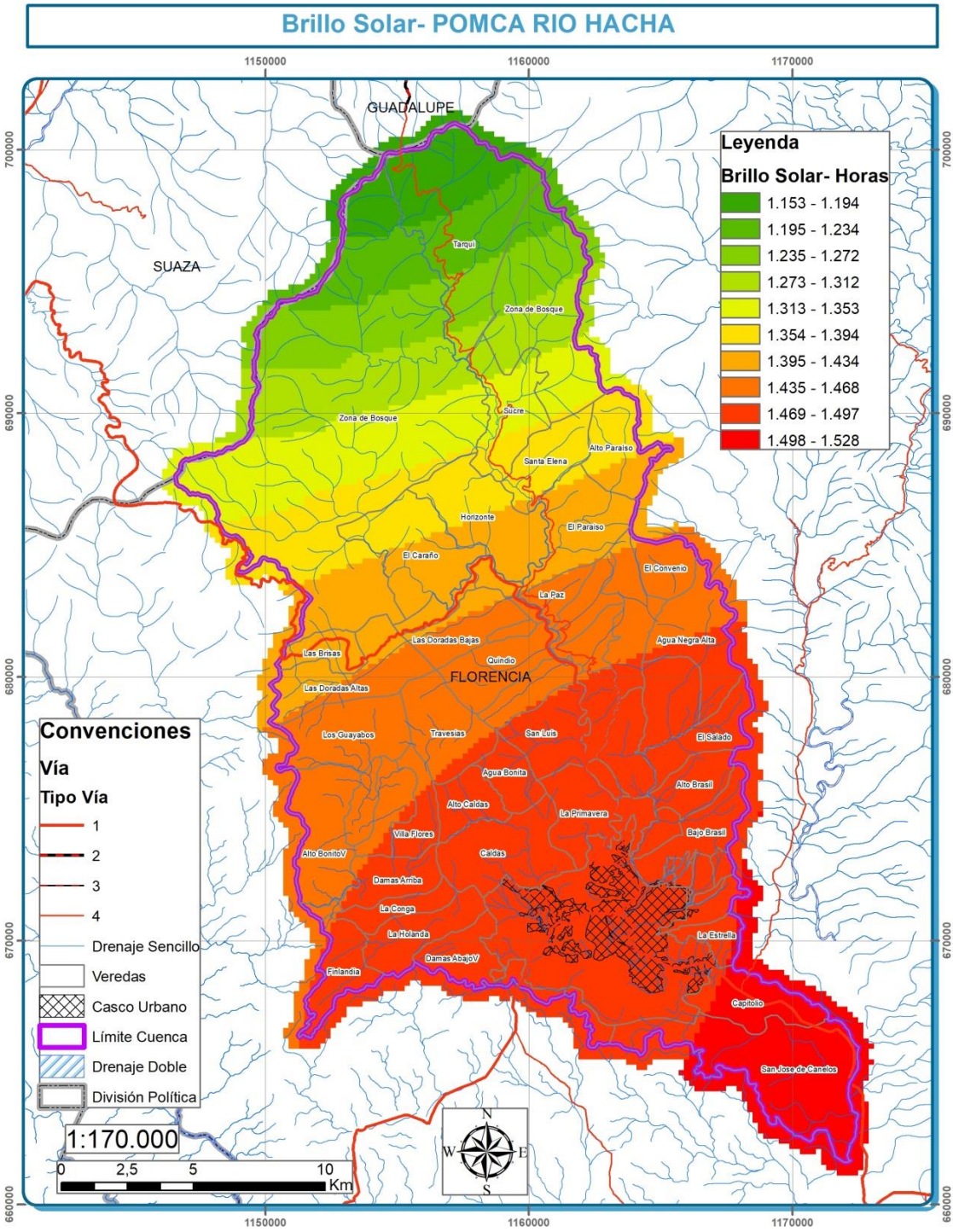


Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016. Elaborado con información de estaciones IDEAM 13 abril 2018.

- **Análisis espacial de evaporación**

El análisis espacial de evaporación se obtuvo mediante la interpolación con el IDW usando datos de siete (7) estaciones climatológicas del IDEAM que se encuentran dentro y/o cerca de la cuenca (ver Figura 21). Los mapas completos de evaporación se encuentran en la carpeta insumos de la sección de cartografía.

Figura 21. Evaporación media anual en la cuenca del río Hacha



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.1.4.8 Evapotranspiración real y Potencial. La información meteorológica disponible de las estaciones es muy reducida condicionando el uso de métodos que no incluyen un campo de radiación neta. La cuenca se caracteriza por una topografía compleja que agrega adicionalmente la incertidumbre de los métodos físicos y geoestadísticos, si la incertidumbre se compara con la asociada a los campos de temperatura media mensual aplicados. Para el cálculo de la evapotranspiración se consideran metodologías ampliamente usadas, que incluyen variables como la temperatura y altitud como independientes:

- **Evapotranspiración potencial media anual y mensual de largo plazo**

1. Metodo de Thornthwaite. La ecuación de Thornthwaite, bastante antigua, se basa en los numerosos experimentos efectuados con los lisímetros y da una estimación de la evapotranspiración potencial en función de la temperatura media mensual de la siguiente manera:

$$ETP = 16 \cdot \left(10 \cdot \frac{T}{I}\right)^{a}$$

Dónde:
ETP , es la evapotranspiración potencial en mm/mes;
T, es la temperatura media mensual en °C,
I, es el índice calórico anual dado por:

$$I = 12 \cdot \left[\left(\frac{T_{anual}}{5}\right)^{1.514}\right]$$

a, es un exponente dado en función de I cómo se muestra a continuación:

$$a = (675x10^{-9}) \cdot I^3 - (771x10^{-7}) \cdot I^2 + (179x10^{-4}) \cdot I^4 + 0.492$$

2. Método de Cenicafé. La metodología de Cenicafe, relaciona esta variable de forma potencial mediante la configuración de alturas del terreno obtenida realizando una regresión por medio del método de Penman a los datos de sus estaciones climáticas en Colombia, a continuación se muestra la ecuación:

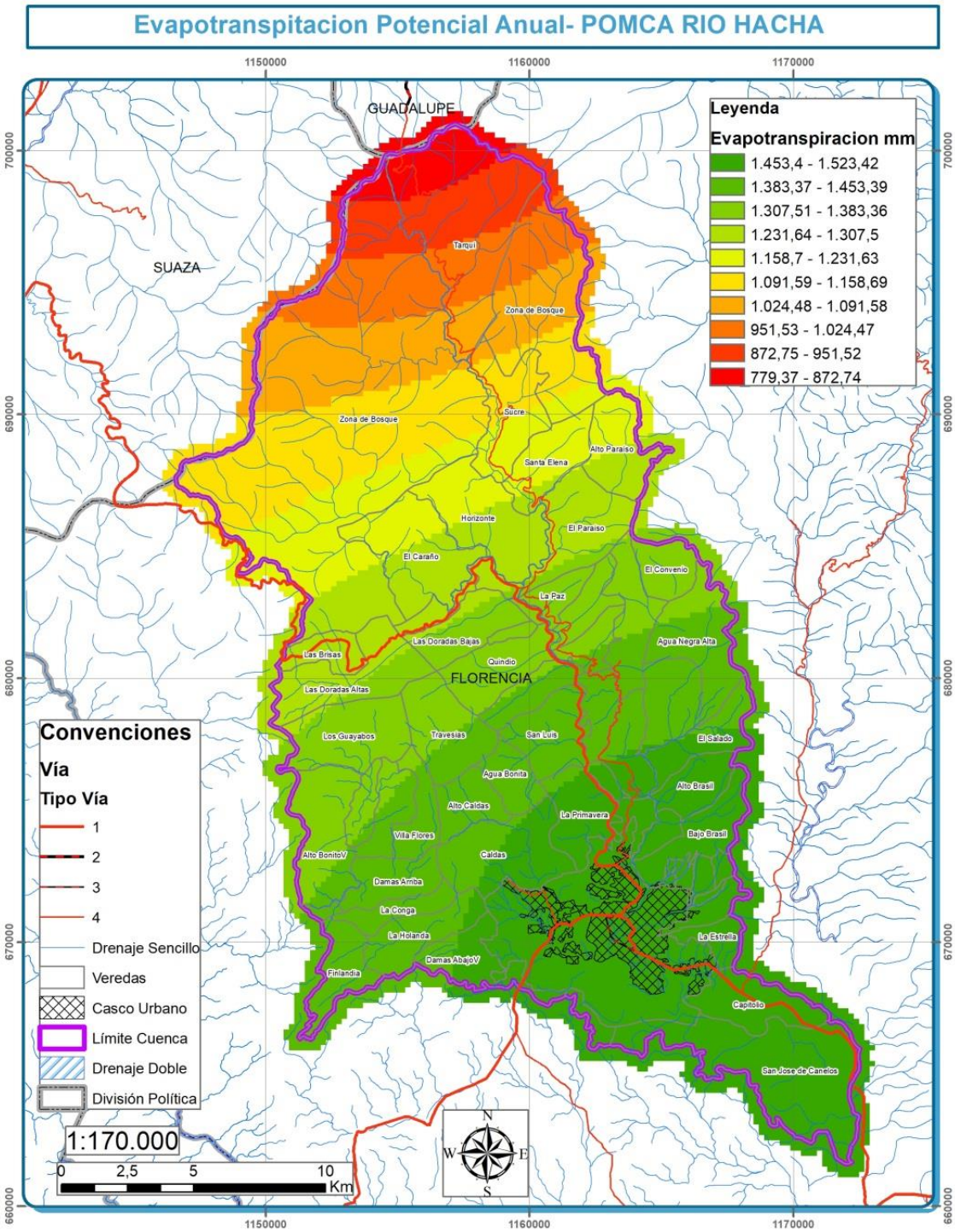
$$ETP = 1700.17 \cdot e^{-0.0002 \cdot h}$$

Donde ETP es la evapotranspiración potencial (mm/año) y h es la elevación (m).

De acuerdo a los análisis realizados con el balance hídrico de largo plazo en la cuenca del río Hacha que mejor se ajusta es la ecuación de Thornthwaite, por lo tanto, los mapas de evapotranspiración potencial se estimaron con esa metodología (

Figura 22).

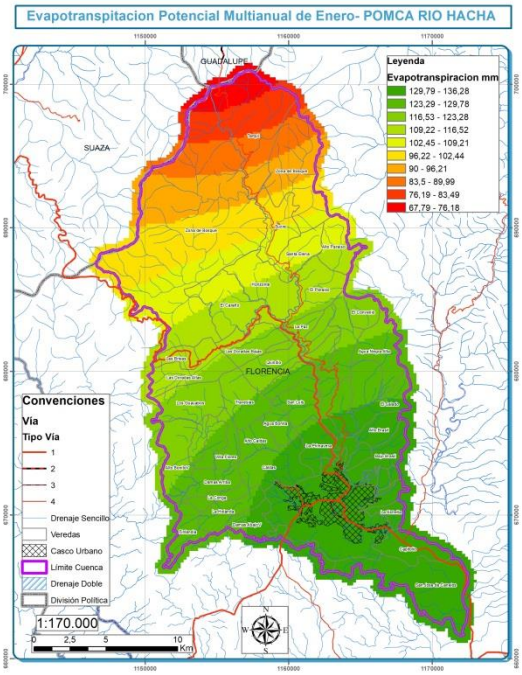
Figura 22. Evapotranspiración potencial anual Cuenca Hidrográfica Río Hacha



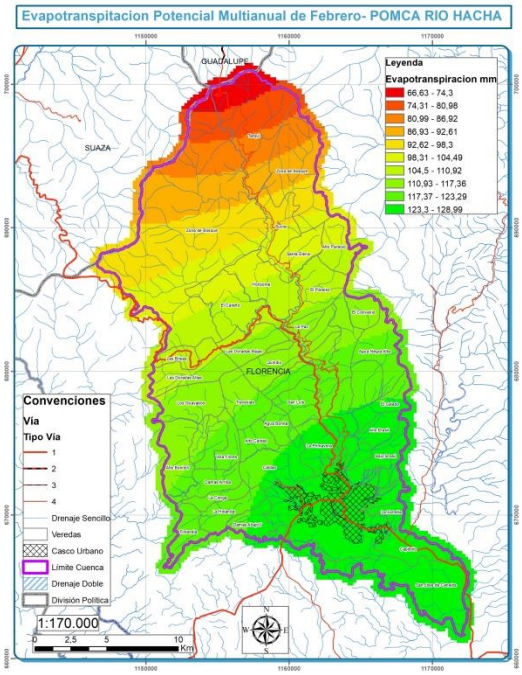
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Figura 23. Evapotranspiración potencial mensual, primer cuatrimestre del año.

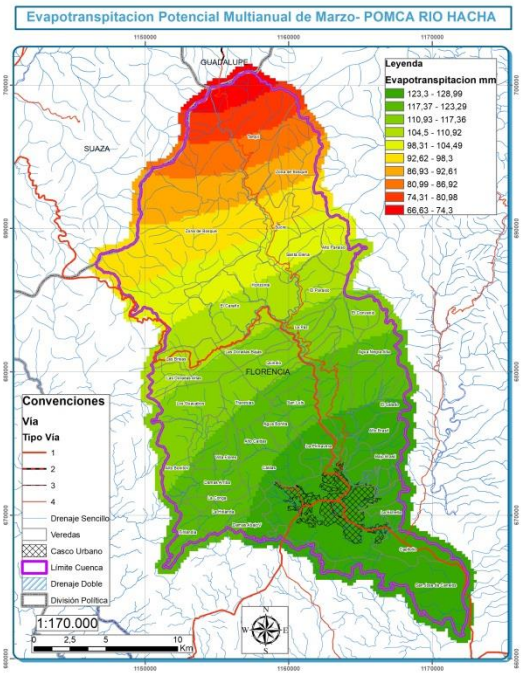
Enero



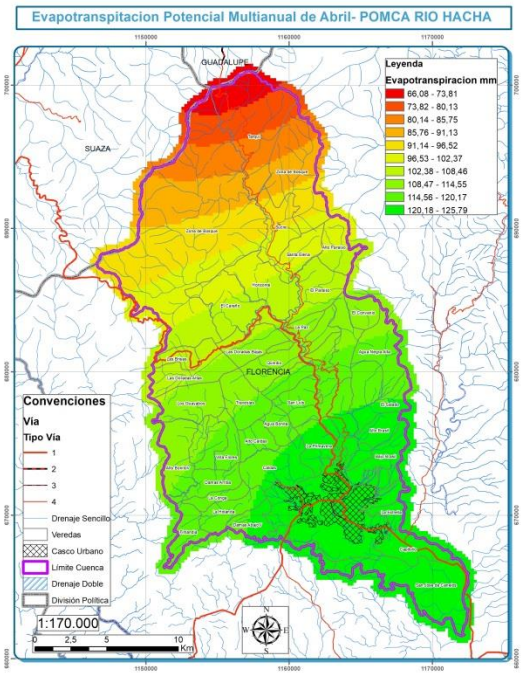
Febrero



Marzo



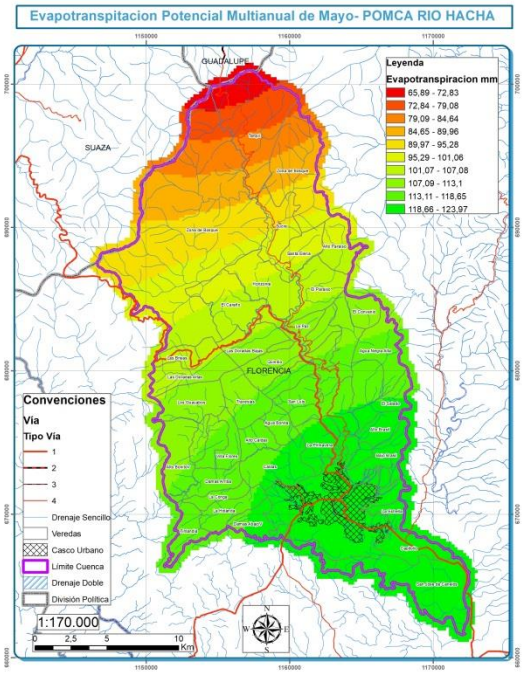
Abril



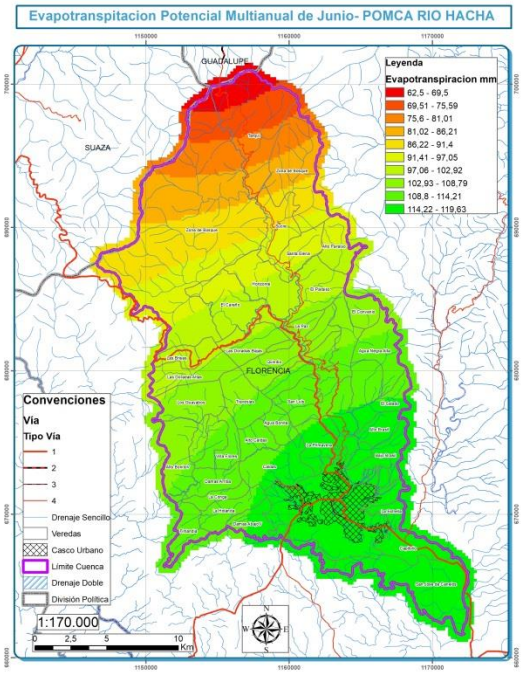
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Figura 24. Evapotranspiración potencial mensual, segundo cuatrimestre del año.

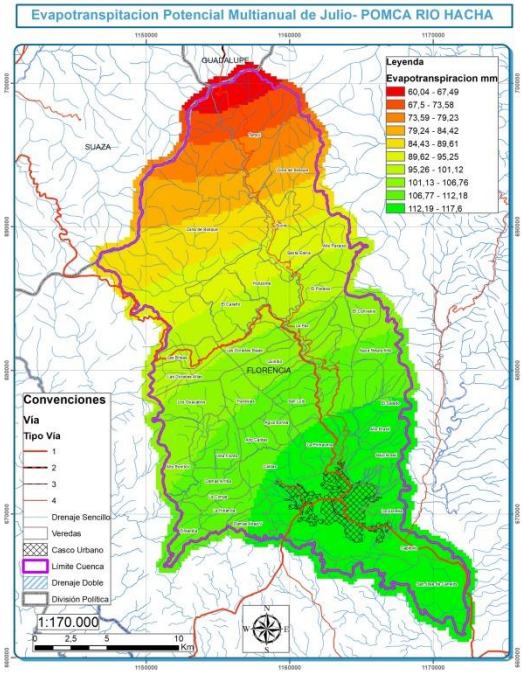
Mayo



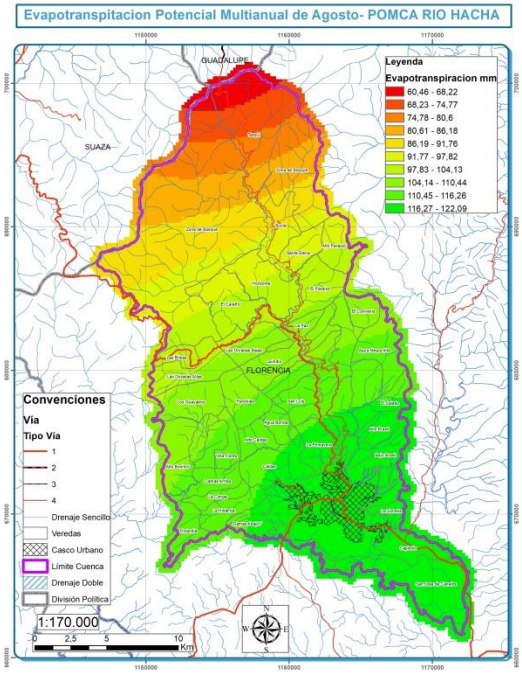
Junio



Julio



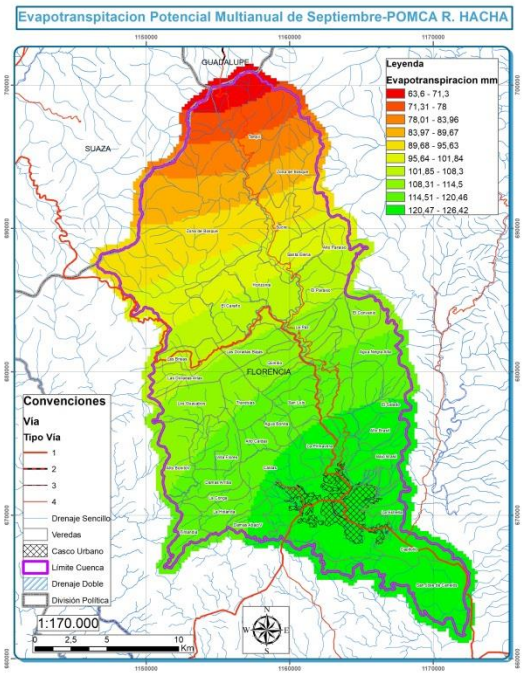
Agosto



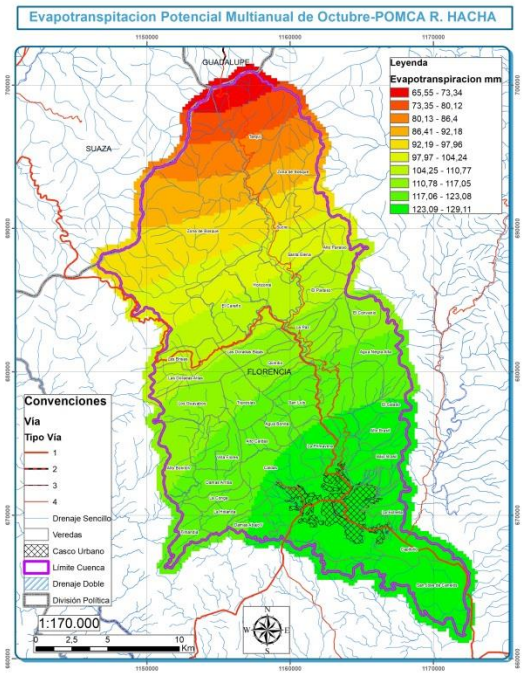
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Figura 25. Evapotranspiración potencial mensual, tercer cuatrimestre del año.

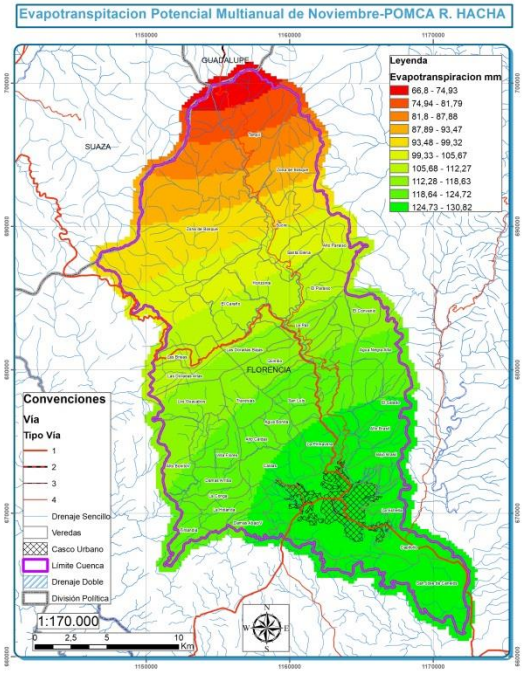
Septiembre



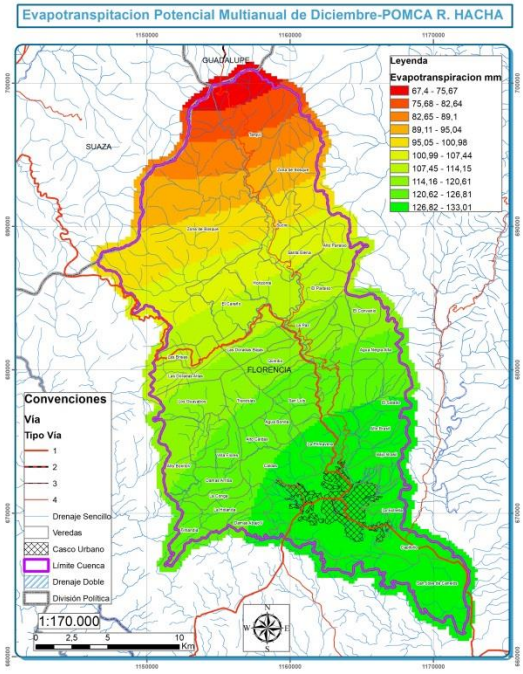
Octubre



Noviembre



Diciembre



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016.

- **Evapotranspiración real media anual y mensual de largo plazo**

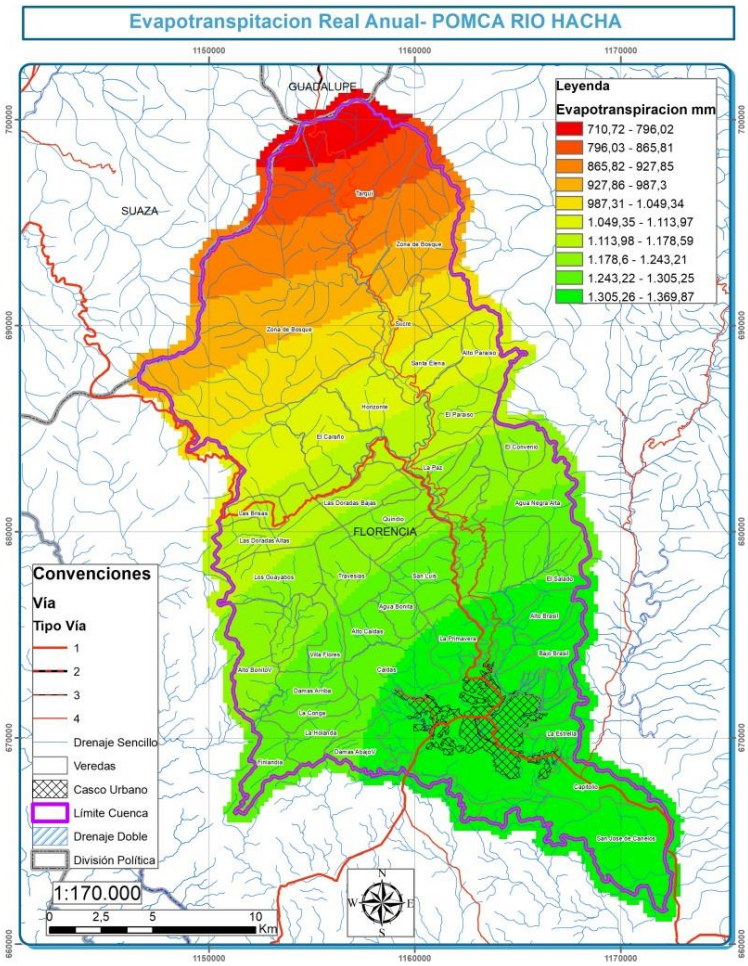
Para obtener la ETR es necesario disponer de la precipitación y la ETP de cada una de las estaciones de la zona de estudio. Para ello se utilizó el método de Budyco, empleado por el IDEAM en el ENA 2010, para hallar la ETR de las estaciones.

$$\mathrm{ETR} = \left[\mathrm{ETP}\cdot \mathrm{P}\cdot \mathrm{Tanh}\left(\frac{P}{ETP}\right)\left\{1 - \mathrm{Cosh}\left(\frac{ETP}{P}\right) + \mathrm{Senh}\left(\frac{ETP}{P}\right)\right\}\right]^{1/2}$$

Dónde:
ETR: Evapotranspiración Real (mm)
ETP: Evapotranspiración Potencial (mm)

Los mapas completos de evapotranspiración real se encuentran en la carpeta insumos de la sección de cartografía (ver Figura 26 a Figura 29Figura 27)

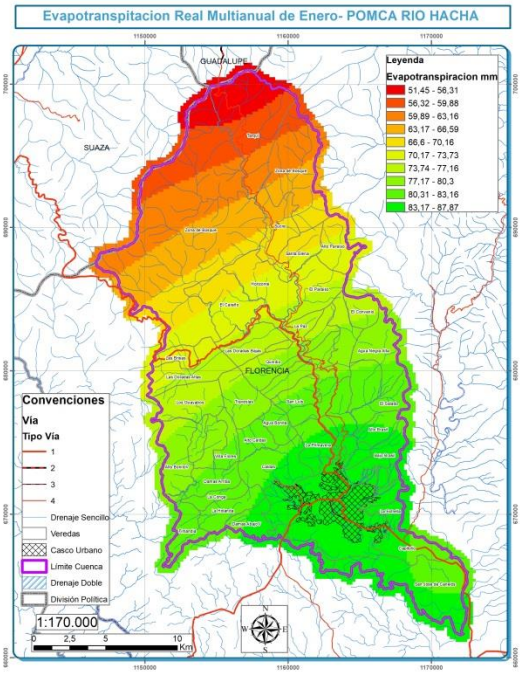
Figura 26. Evapotranspiración real anual.



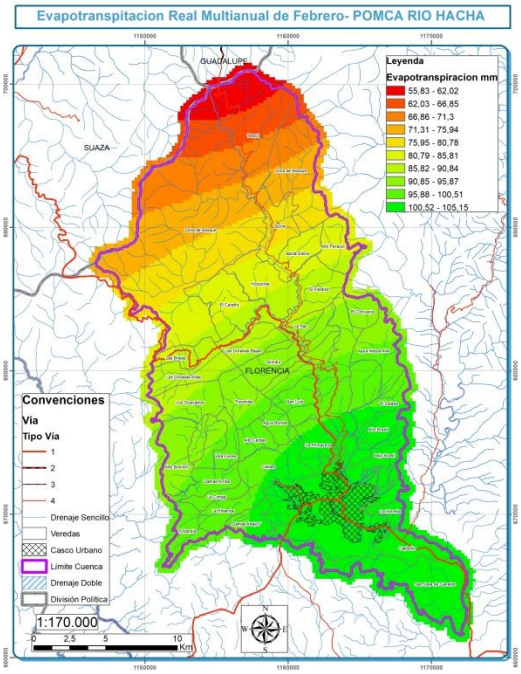
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016.

Figura 27. Evapotranspiración real mensual. Primer cuatrimestre del año

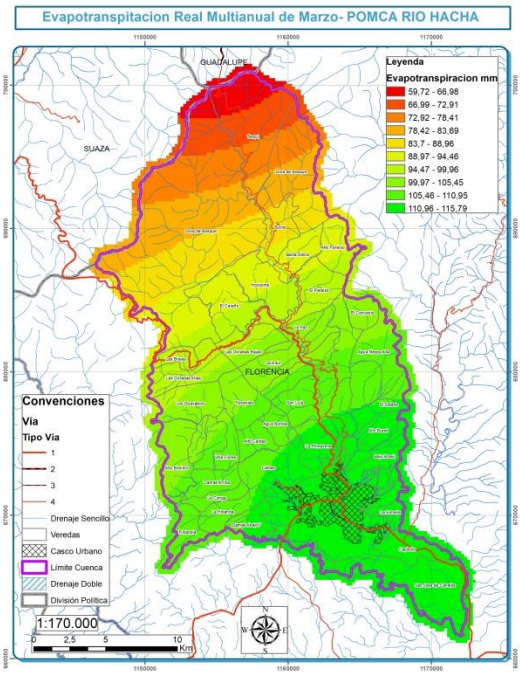
Enero Febrero



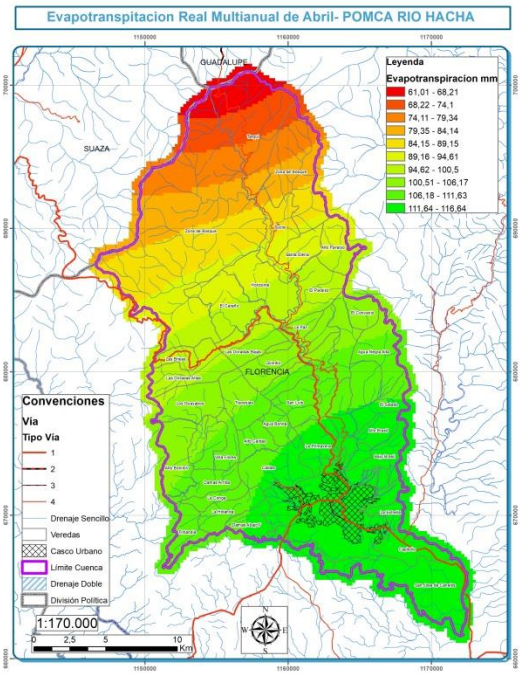
Marzo



Abril



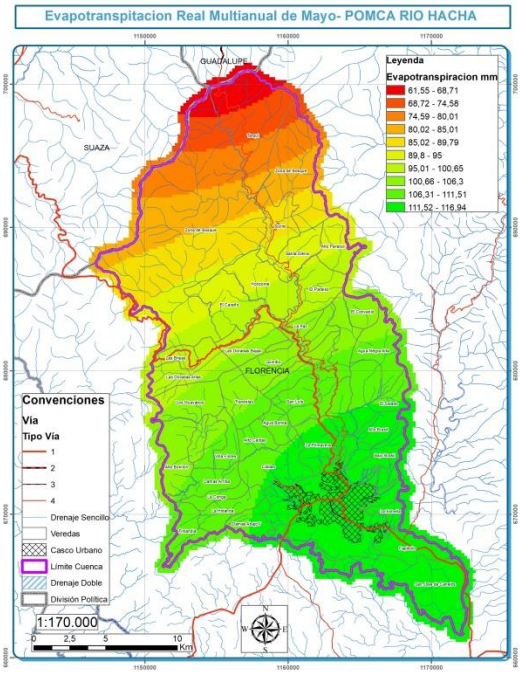
Mayo

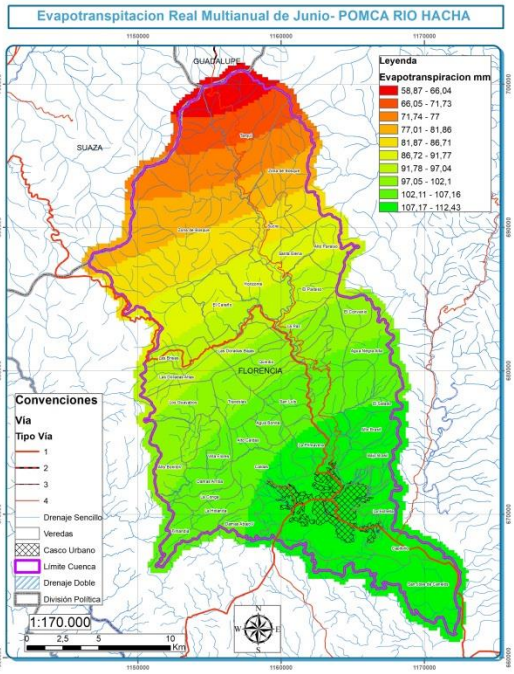


Junio

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

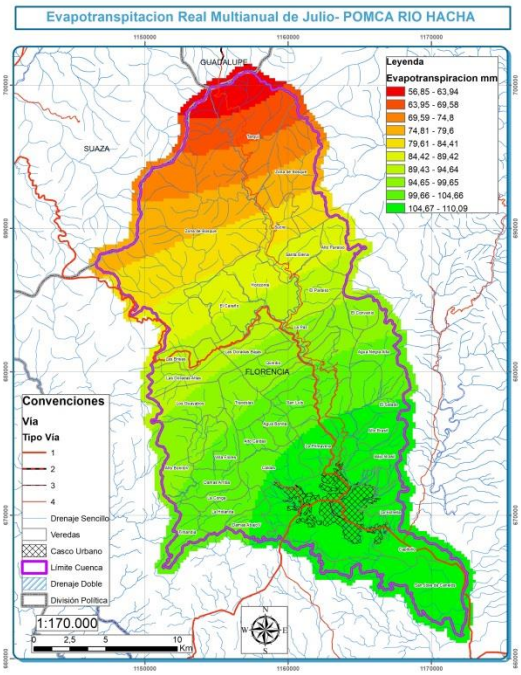
Figura 28. Evapotranspiración real mensual. segundo cuatrimestre del año

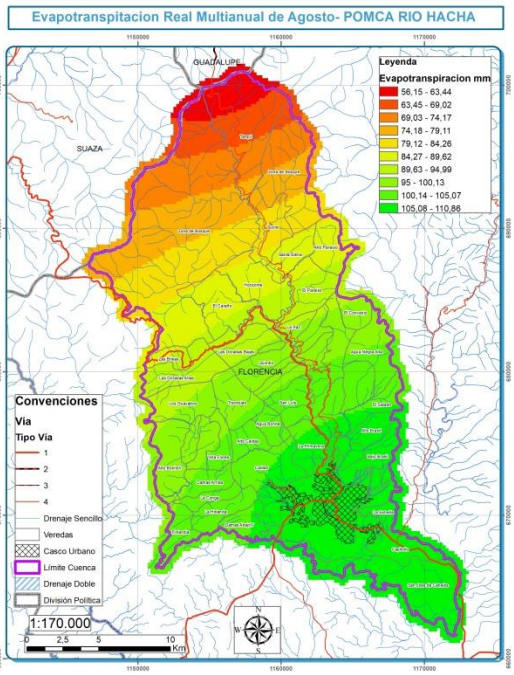




Julio

Agosto

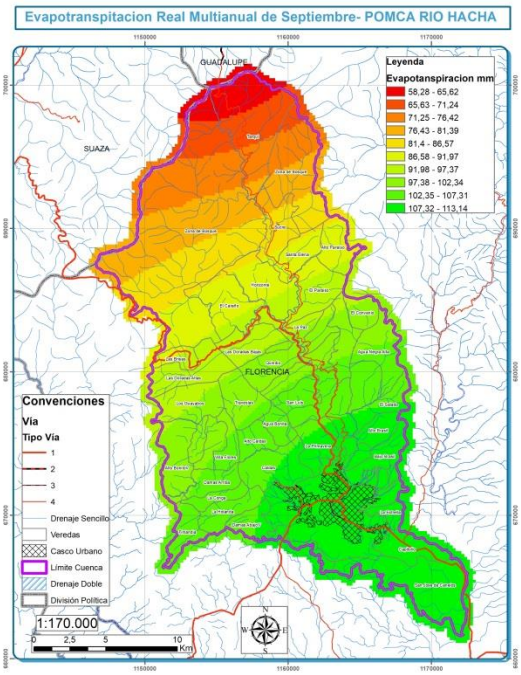




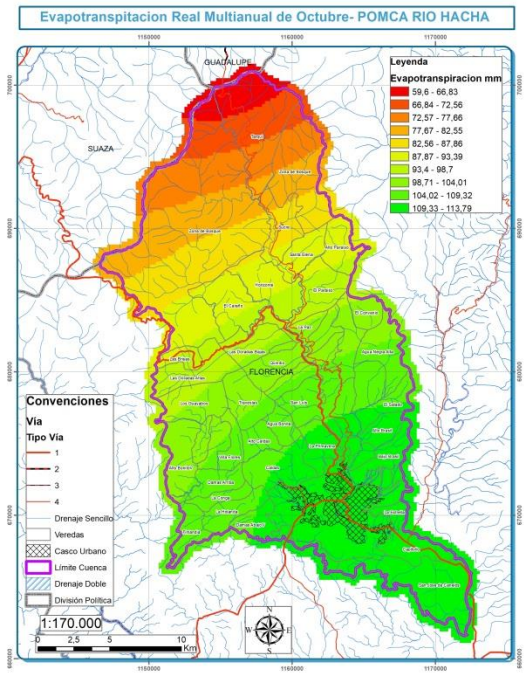
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Figura 29. Evapotranspiración real mensual. Tercer cuatrimestre del año

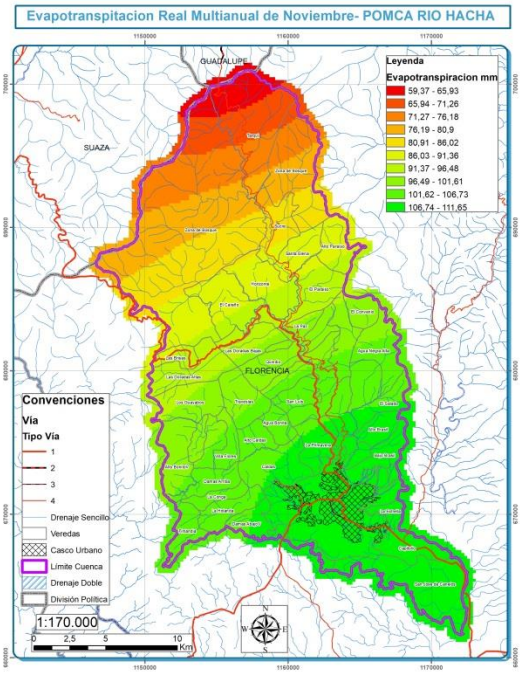
Septiembre



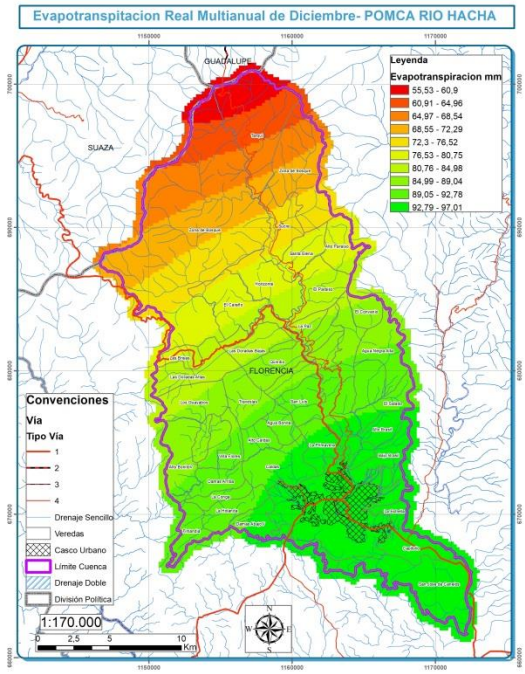
Octubre



Noviembre



Diciembre



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016.

3.1.4.9 Balance hídrico de largo plazo**.** El balance hídrico de largo plazo se soporta en la formulación de las ecuaciones de continuidad para volúmenes de control en columnas de suelo, atmósfera y la unión de ambas. Considerando la ecuación de continuidad dentro de una columna de suelo atmósfera, que es asimilable a una cuenca hidrográfica, se define W como el almacenamiento de agua en la atmósfera, en unidades de longitud (volumen por unidad de área), P es la precipitación, E es la evapotranspiración real, Q es el flujo neto de humedad en la atmósfera, S es el almacenamiento de agua en el suelo, también en unidades de longitud, R es el flujo de agua hacia afuera de la columna de suelo, constituido por la escorrentía superficial y/o subterránea.

Con las anteriores definiciones se obtiene una expresión de balance de agua para el volumen de control:

$$Q - R = \frac{d \cdot (W + S)}{dt}$$

Cuando la integración temporal se realiza sobre un intervalo de gran duración (del orden de décadas), los cambios en las cantidades almacenadas W y S son despreciables. Así, la ecuación de balance de agua para la columna quedaría así:

$$P - E = R$$

Esta relación es una aproximación a la escorrentía superficial que supone que el cambio en la cantidad almacenada en el suelo (o en la atmósfera) en el largo plazo es despreciable respecto a los demás términos. Esta aproximación es apropiada para el cálculo de los promedios de largo plazo puesto que conduce a errores que son de menor orden que los de medición de cada una de las componentes (Vélez et al., 2000).

Para verificar que los mapas de precipitación y de evapotranspiración calculados representen correctamente la distribución espacial de estas variables en la cuenca del río Hacha, es necesario recurrir a un balance hidroclimático en las estaciones hidrológicas que poseen caudales al interior de la cuenca, este balance consiste en calcular los caudales medios por el método del balance hidrológico a largo plazo y compararlos con los caudales medios históricos en cada una de las estaciones.

Esta metodología resulta ser efectiva para la corrección del mapa de precipitación, pues si se considera que es correcto realizar un balance hídrico a largo plazo, puede inferirse en que regiones se tienen precipitaciones mayores o menores que las reales. Esta operación solo puede efectuarse en las cuencas rurales, donde los efectos antrópicos no son tan notorios.

La Tabla 18 muestra un cuadro comparativo entre los caudales estimados por el método del balance a largo plazo utilizando los métodos de evaporación antes descrita, y los caudales reales medidos en la estación Florencia que se encuentran dentro de la cuenca baja del río Hacha.

Tabla 18. Caudales reales y estimados en las estaciones de medición de caudal al interior de la cuenca

Estación	Código	Área (km2)	Precipitación Media (mm/año)	Caudal medio medido (m^3/s)	Cenicafé	Thorntwaite	Cenicafé	Thorntwaite
					ETR (mm/año)	ETR (mm/año)	Caudal medio (m^3/s)	Caudal medio (m^3/s)
Florencia	4403706	453.52	2881.27	34.50	1413.58	1118.12	21.52	25.56

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016.

Teniendo en cuenta la Tabla 18, la metodología que representa mejor el caudal medio anual de las estaciones hidrológicas es el método de Thorntwaite. En la Tabla 19 y la Figura 30 se presenta el caudal obtenido por medio del balance hídrico de largo plazo para las subcuencas del río Hacha.

Tabla 19. Caudal medio de largo plazo para las subcuencas del río Hacha.

NOMBRE	CÓDIGO	ÁREA	PRECIPITACIÓN	ETR	ESCORRENTÍA	CAUDAL MEDIO
		km2	(mm/año)	(mm/año)	(mm/año)	(m^3/s)
Directos Parte Baja	4403-06-01	34.2	3669.3	1352.3	2317.1	2.52
Quebrada La Batea	4403-06-02	7.3	3647.9	1350.0	2297.8	0.53
Quebrada La Perdiz	4403-06-03	63.9	3452.7	1296.0	2156.6	4.37
Quebrada El Paraiso	4403-06-04	14.2	2864.7	1122.7	1742.0	0.78
Quebrada Sucre	4403-06-05	25.0	2441.2	963.7	1477.5	1.17
Quebrada Tarqui	4403-06-06	11.5	2230.2	849.3	1380.9	0.51
Quebrada La Ruidosa	4403-06-07	6.5	2156.6	773.3	1383.3	0.28
Directos Parte Alta	4403-06-08	40.6	2390.4	939.4	1451.0	1.86
Quebrada La Magola	4403-06-09	25.3	2202.2	921.8	1280.4	1.03
Rio Caraño	4403-06-10	70.8	2512.1	1045.8	1466.3	3.29
Quebrada Las Doradas	4403-06-11	27.9	2919.8	1160.5	1759.3	1.55
Quebrada La Yuca	4403-06-12	60.6	3305.7	1262.3	2043.5	3.90
Quebrada San Joaquin	4403-06-13	5.2	3642.2	1349.1	2293.1	0.38
Directos Parte Media	4403-06-14	25.5	3442.2	1294.6	2147.6	1.73
Quebrada Arenosa	4403-06-15	1.1	3392.1	1280.7	2111.5	0.07
Quebrada Palmichal	4403-06-16	3.4	3227.6	1234.4	1993.2	0.22
Quebrada La Paz	4403-06-17	4.0	3114.7	1202.0	1912.8	0.25
Quebrada Purgatorio	4403-06-18	1.7	3061.8	1187.7	1874.2	0.10
Quebrada Berlin	4403-06-19	0.8	2843.4	1119.6	1723.7	0.05

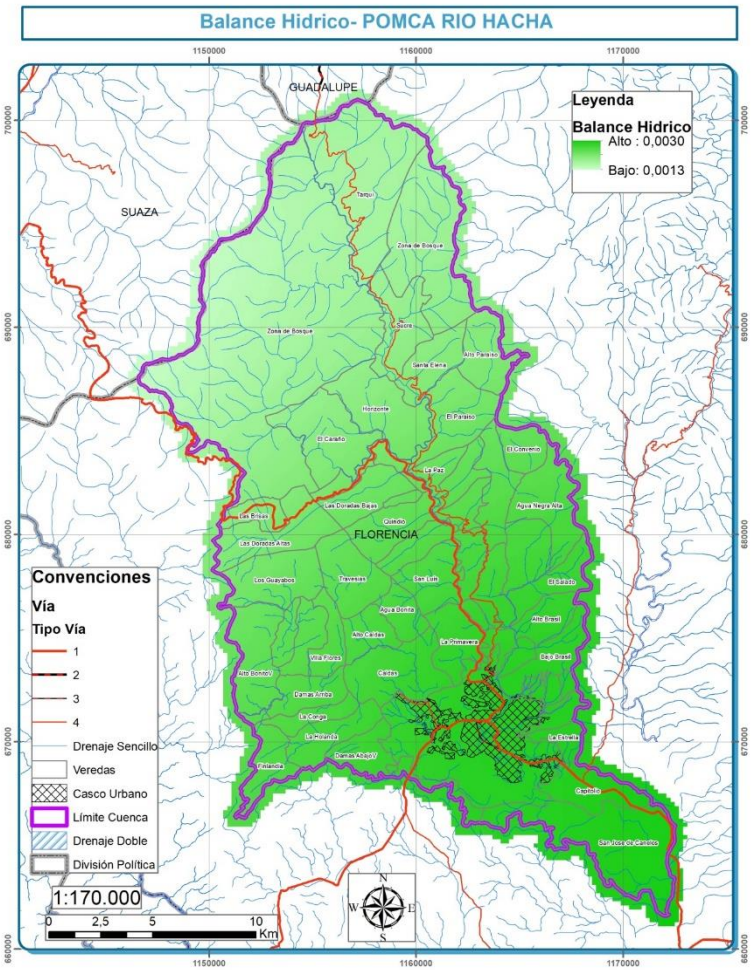
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016.

Tabla 19 (Continuación). Caudal medio de largo plazo para las subcuencas del río Hacha

NOMBRE	CÓDIGO	ÁREA	PRECIPITACIÓN	ETR	ESCORRENTÍA	CAUDAL MEDIO
		km2	(mm/año)	(mm/año)	(mm/año)	(m^3/s)
Quebrada La Revoltosa	4403-06-20	3.6	2772.1	1095.4	1676.8	0.19
Quebrada Santa Elena	4403-06-21	3.7	2694.4	1070.8	1623.5	0.19
Quebrada Portada	4403-06-22	2.2	2366.8	945.9	1420.9	0.10
Quebrada NN	4403-06-23	7.1	2523.6	1028.5	1495.0	0.34
Quebrada Travesias	4403-06-24	15.8	3157.2	1220.3	1936.9	0.97
Quebrada La Carbonera	4403-06-25	3.2	3251.1	1243.7	2007.4	0.21
Quebrada La Sardina	4403-06-26	6.1	3356.9	1272.6	2084.2	0.40
Quebrada El Dedo	4403-06-27	29.1	3470.9	1303.8	2167.2	2.01

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Figura 30. Balance hídrico de la cuenca del río Hacha



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016.

El análisis de los registros de caudales y las relaciones Área (A) contra caudales medios de largo plazo muestran buenos ajustes con coeficientes de correlación altos a partir de los datos obtenidos para todas las cuencas de la región; sin embargo algunas subcuencas presentan comportamientos en la media que no reflejan el caudal estimado en el capítulo de hidrología, cabe mencionar que este balance hidroclimático parte solamente de las variables climáticas como precipitación menos evapotranspiración real.

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

En desarrollo del presente estudio se calculó el balance hidroclimático de largo plazo para las subcuencas que conforman la cuenca del río Hacha tomando como base la precipitación media mensual promedio de cada subcuenca, estimada a partir de los mapas de isoyetas mensuales y de evapotranspiración potencial mensual, en ambas casos teniendo en cuenta el comportamiento a lo largo del año, tanto de la precipitación como de la evapotranspiración potencial, los cambios de almacenamiento de humedad en el suelo, buscando conocer con mayor precisión el flujo del agua a través de los diferentes estados contemplados en un balance hidroclimático.

De igual forma, el balance hidroclimático además de cuantificar la evapotranspiración real a nivel mensual, cuantifica las insuficiencias o excedentes mensuales de agua, excesos que eventualmente pueden convertirse en escorrentía superficial o percolarse y recargar los acuíferos someros; no obstante en desarrollo del presente estudio los volúmenes de escorrentía a nivel de subcuenca se estimarán a partir de un modelo lluvia – escorrentía, el cual será explicado con mayor detalle en el capítulo de Hidrología.

El balance hidroclimático mensual utilizado en el presente estudio es del tipo implementado por Thornthwaite, modificado por la FAO para regiones tropicales, el cual busca modelar mejor el paso del agua a través del suelo con una capacidad de campo promedio de 100 mm.

Las variables utilizadas en el balance hidroclimático mensual son las siguientes:

- ✓ P: Precipitación
- ✓ ETP: Evapotranspiración potencial
- ✓ ETR: Evapotranspiración real

- ✓ Cambios de Almacenamiento de humedad en el suelo por entradas y salidas de agua
- ✓ Agua en el suelo
- ✓ Déficit
- ✓ Exceso

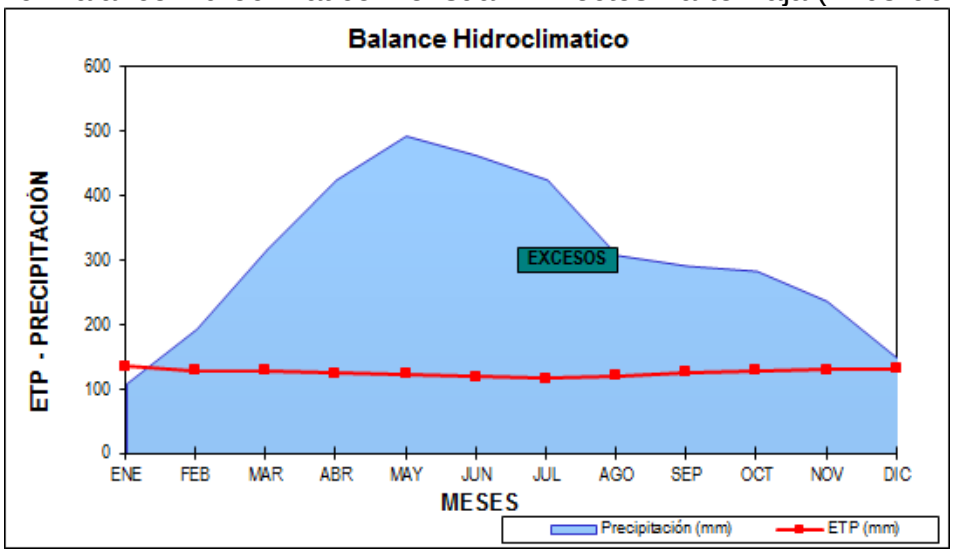
En la Tabla 20 a Tabla 21 y en la Gráfica 29 y Gráfica 30, se presenta el balance de la variación del agua en el sistema suelo - atmósfera a nivel mensual para las subcuencas Directos Parte Baja y Quebrada La Batea

Tabla 20. Balance hidroclimático mensual - Directos Parte Baja (4403-06-01)

BALANCE HIDRICO												
VARIABLES	**ENE**	**FEB**	**MAR**	**ABR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DIC**
Precipitación (mm)	109.6	192.4	315.0	422.7	491.0	460.1	422.0	306.3	289.0	280.5	236.0	144.8
ETP (mm)	134.5	127.6	127.6	124.3	122.7	118.2	116.1	120.5	124.8	127.5	129.2	131.3
Cambio Almacenamiento	24.9	24.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Agua en el suelo (mm)	75.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
ETR (mm)	134.5	127.6	127.6	124.3	122.7	118.2	116.1	120.5	124.8	127.5	129.2	131.3
Déficit (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Exceso (mm)	0.0	39.8	187.3	298.4	368.3	342.0	305.8	185.8	164.2	153.1	106.8	13.5
Alm. =0	0.0	64.7	100.0									
Alm.=100	75.1	100.0	100.0									
P-ETP (mm)	-24.9	64.7	187.3	298.4	368.3	342.0	305.8	185.8	164.2	153.1	106.8	13.5
Capacidad de campo (mm)	100.0											

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016.

Gráfica 29. Balance hidroclimático mensual - Directos Parte Baja (4403-06-01).



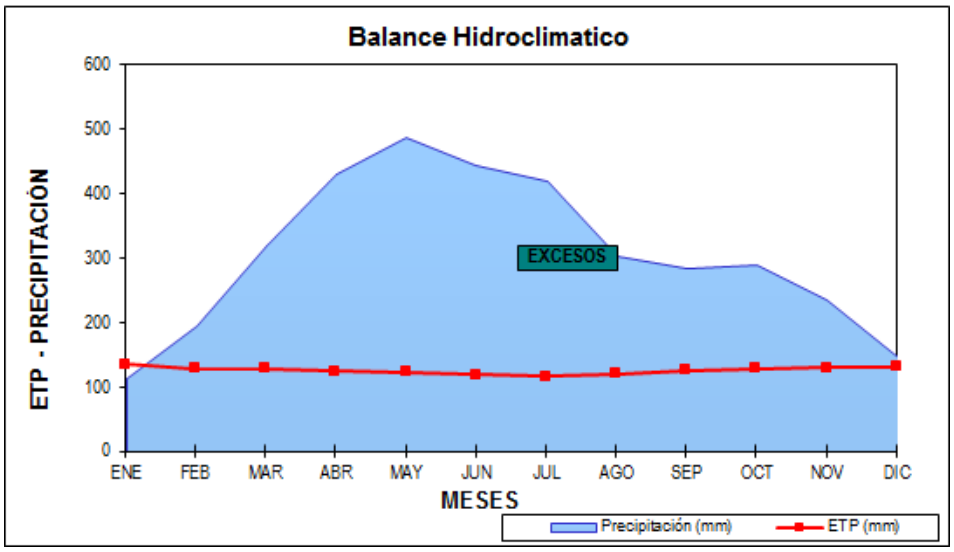
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016.

Tabla 21. Balance hidroclimático mensual - Quebrada La Batea (4403-06-02)

BALANCE HIDRICO												
VARIABLES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Precipitación (mm)	112.4	192.5	316.7	428.5	486.9	442.7	417.7	302.1	281.4	289.0	233.4	144.5
ETP (mm)	134.4	127.5	127.5	124.1	122.6	118.1	116.0	120.4	124.7	127.4	129.1	131.2
Cambio Almacenamiento	22.0	22.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Agua en el suelo (mm)	78.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
ETR (mm)	134.4	127.5	127.5	124.1	122.6	118.1	116.0	120.4	124.7	127.4	129.1	131.2
Déficit (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Exceso (mm)	0.0	43.0	189.2	304.3	364.3	324.6	301.7	181.8	156.7	161.6	104.4	13.3
Alm. =0	0.0	65.0	100.0									
Alm.=100	78.0	100.0	100.0									
P-ETP (mm)	-22.0	65.0	189.2	304.3	364.3	324.6	301.7	181.8	156.7	161.6	104.4	13.3
Capacidad de campo (mm)	112.4	192.5	316.7	428.5	486.9	442.7	417.7	302.1	281.4	289.0	233.4	144.5

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Gráfica 30. Balance hidroclimático mensual - Quebrada La Batea (4403-06-02).



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016.

De acuerdo a lo anterior, se observa que en todos los casos y teniendo en cuenta que las precipitaciones anuales efectivas y que los valores de ETP anuales a lo largo de la cuenca y sus tributarios, se presentan excesos hídricos durante gran parte del año con valores mayores a 300 mm tomando como referencia suelos con capacidad de campo promedio de 100 mm. En el Anexo 4 se presentan los

resultados del balance hidroclimático a nivel mensual para las 27 subcuencas de la cuenca del río Hacha.

3.1.5 Clasificación del clima por el método de Caldas Lang.

La metodología planteada por Caldas-Lang establece la clasificación climática para cada cuenca, teniendo en cuenta básicamente los parámetros de temperatura, altura y el factor de lluvia o índice de efectividad de la precipitación, los cuales cuando se cruzan, producen la clasificación final que determina la distribución espacial de la zonificación climática y que se resumen a nivel de la cuenca como un todo, a nivel de la zonas alta, media y baja.

De acuerdo con la metodología planteada por Caldas Lang (Eslava, y otros., 1986) se estableció la clasificación climática teniendo en cuenta los parámetros de temperatura, altura y el factor de lluvia o índice de efectividad de la precipitación.

De acuerdo al IDEAM 2007, la clasificación de Caldas fue ideada en 1802 por Francisco José de Caldas y sólo considera la variación de la temperatura con la altura (pisos térmicos) y su aplicabilidad es exclusiva para el trópico americano. El sistema Caldas establece cinco pisos térmicos de acuerdo a los rangos de altitud tal y como se indica en la Tabla 22.

3.1.5.1 Clasificación Climática de Caldas. La clasificación de Caldas considera la relación entre las variables temperatura y altura, es aplicable solo para el trópico americano. Para definir el clima según Caldas, se tiene en cuenta la altura (msnm) y la temperatura (°C), de acuerdo con la siguiente clasificación (Ver Tabla 22)

Tabla 22. Pisos térmicos de Caldas

PISO TÉRMICO	SÍMBOLO	RANGO DE ALTURA (m.s.n.m)	TEMPERATURA °C	VARIACIÓN DE LA ALTITUD POR CONDICIONES LOCALES
Cálido	C	0 a 1000	T ≥ 24	Límite superior ± 400
Templado	T	1001 a 2000	24 > T ≥ 17.5	Límite superior ± 500 Límite inferior ± 500
Frío	F	2001 a 3000	17.5 > T 12	Límite superior ± 400 Límite inferior ± 400
Páramo bajo	Pb	3001 a 3700	12 > T ≥ 7	
Páramo alto	Pa	3701 a 4200	T < 7	

Fuente: Eslava, J., & Olaya, O., 1986.

La clasificación de Richard Lang, establecida en 1915 (IDEAM 2007), utiliza la precipitación anual en mm y la temperatura media anual en °C. Los dos parámetros se relacionan mediante el cociente entre la precipitación (P) y la temperatura (T), llamado factor de Lang, y se obtienen seis clases de climas de humedad como se presenta en la Tabla 23.

Tabla 23. Grado de humedad Lang

FACTOR DE LANG (P/T)	CLASE DE CLIMA	SÍMBOLO
0 a 20.0	Desértico	D
20.1 a 40.0	Árido	A
40.1 a 60.1	Semiárido	Sa
60.1 a 100.0	Semihúmedo	Sh
100.1 a 160.0	Húmedo	H
Mayor que 160.0	Superhúmedo	SHu

Fuente: Eslava, J., & Olaya, O., 1986.

Schaufelberguer en 1962 (IDEAM 2007), unió la clasificación de Lang con la clasificación de Caldas con lo cual obtuvo 25 tipos de climas que tienen en cuenta la elevación del lugar, la temperatura media anual y la precipitación total media anual. Al unir estos dos métodos se obtienen los siguientes tipos climáticos ilustrados en la Tabla 24

Tabla 24. Tipos climáticos sistema Caldas Lang.

TIPO CLIMÁTICO	SÍMBOLO
Cálido superhúmedo	CSHu
Cálido húmedo	CH
Cálido semihúmedo	CsH
Cálido semiárido	Csa
Cálido árido	CA
Cálido desértico	CD
Templado superhúmedo	TSHu
Templado húmedo	TH
Templado semihúmedo	Tsh
Templado semiárido	Tsa
Templado árido	TA
Templado desértico	TD
Frío Superhúmedo	FSHu
Frío húmedo	FH

Fuente: Eslava, J., & Olaya, O., 1986.

Tabla 24 (Continuación). Tipos climáticos sistema Caldas Lang

Tipo climático	Símbolo
Frío semihúmedo	Fsh
Frío semiárido	Fsa
Frío árido	FA
Frío desértico	FD
Páramo bajo superhúmedo	PBSHu
Páramo bajo húmedo	PBH
Páramo bajo semihúmedo	PBsh
Páramo bajo semiárido	Pbsa
Páramo alto superhúmedo	PASHu
Páramo alto húmedo	PAH
Nieves perpetuas	NP

Fuente: Eslava, J., & Olaya, O., 1986

Una vez obtenidos los resultados de cada método propuesto, éstos fueron combinados y el resultado fue la siguiente clasificación:

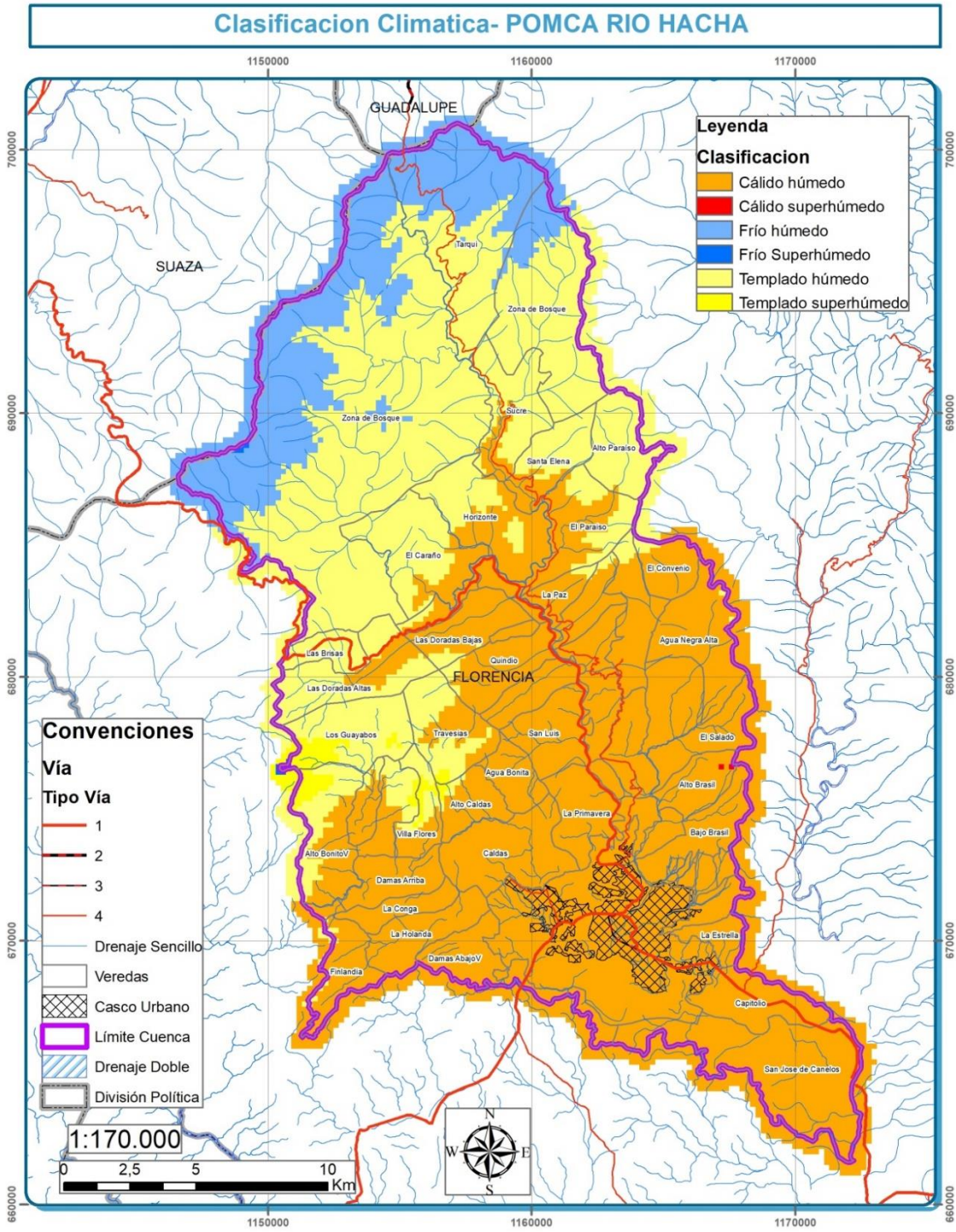
Tabla 25. Clasificación climática según Modelo De Caldas – Lang

NOMBRE	SÍMBOLO	PORCENTAJE ÁREA
Cálido superhúmedo	CSHu	53.51
Frío Superhúmedo	FSHu	33.64
Templado superhúmedo	TSHu	11.69
Frío húmedo	FH	0.01
Templado húmedo	TH	1.06
Cálido húmedo	CH	0.08

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016.

Como se muestra en la Figura 31, se observa en la parte alta de la cuenca, cubriendo aproximadamente un 33.65% del área, el tipo de clima Frío Superhúmedo y Frío húmedo. Luego, bajando un poco, se tiene un clima Templado superhúmedo y Templado húmedo, cubriendo el 12.75% del área; a continuación, presentándose el mayor cubrimiento, se encuentra un clima Cálido superhúmedo en un 53.51% del área. El mapa de Clasificación climática Caldas – Lang se encuentra en la carpeta insumos de la sección de cartografía (ver Figura 31).

Figura 31. Clasificación climática en la cuenca del río Hacha, según Caldas - Lang



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016.

3.1.6 Índice de aridez.

El índice de aridez es otro indicador del régimen natural y ha sido definido como una característica del clima que muestra, de manera cualitativa, los lugares con excedentes y déficit de agua. La evapotranspiración potencial representa, para este caso, un factor determinante en la obtención de este índice.

Los componentes de la ecuación del índice de aridez son la evapotranspiración potencial y la evapotranspiración real, aplicadas como se expresa en la siguiente formula:

$$I_a = \frac{ETP - ETR}{ETP}$$

Donde

Ia : Índice de aridez (adimensional)
ETP : Evapotranspiración potencial (mm)
ETR : Evapotranspiración real (mm)

La interpretación del índice de aridez se presenta en la Tabla 26

Tabla 26. Clasificación del Índice de Aridez

ÍNDICE DE ARIDEZ	CALIFICACIÓN CUALITATIVA	DESCRIPCIÓN
< 0,15	Altos excedentes	Altos excedentes de agua
0,15- 0,19	Excedentes	Excedentes de agua
0,20 – 0,29	Moderado y excedentes	Moderado y excedentes de agua
0,30 – 0,39	Moderado	Moderado
0,40 – 0,49	Bajo	Moderado y deficitario de agua
0,50-0,59	Deficitario	Deficitario de agua
>0,60	Altamente deficitario	Altamente deficitario de agua

Fuente: Estudio Nacional del Agua, 2010

Utilizando la ecuación, el índice de aridez se calculó y se espacializó en el mapa de la Figura 32. De acuerdo con los resultados observados en la Tabla 27, en las subcuencas existen Altos excedentes de agua, dado que el índice de aridez alcanza a lo mucho valores de 0.12, cómo se observa en el mapa. El mapa de índice de aridez se encuentra en la carpeta insumos de la sección de cartografía. Donde se puede apreciar que en la mayor parte de la cuenca se presentan condiciones de Altos excedentes de agua superficial, teniendo en cuenta que son estimaciones partiendo de las características del clima de una manera cualitativa, y que según este indicador no se logran identificar condiciones de críticas en la cuenca.

Tabla 27. Distribución del índice de aridez por subcuencas del río Hacha

NOMBRE	CÓDIGO	ÍNDICE DE ARIDEZ	CALIFICACIÓN CUALITATIVA
Directos Parte Baja	4403-06-01	0.10	Altos excedentes de agua
Quebrada La Batea	4403-06-02	0.10	Altos excedentes de agua
Quebrada La Perdiz	4403-06-03	0.10	Altos excedentes de agua
Quebrada El Paraiso	4403-06-04	0.11	Altos excedentes de agua
Quebrada Sucre	4403-06-05	0.11	Altos excedentes de agua
Quebrada Tarqui	4403-06-06	0.11	Altos excedentes de agua
Quebrada La Ruidosa	4403-06-07	0.10	Altos excedentes de agua
Directos Parte Alta	4403-06-08	0.11	Altos excedentes de agua
Quebrada La Magola	4403-06-09	0.12	Altos excedentes de agua
Rio Caraño	4403-06-10	0.12	Altos excedentes de agua
Quebrada Las Doradas	4403-06-11	0.11	Altos excedentes de agua
Quebrada La Yuca	4403-06-12	0.11	Altos excedentes de agua
Quebrada San Joaquin	4403-06-13	0.10	Altos excedentes de agua
Directos Parte Media	4403-06-14	0.10	Altos excedentes de agua
Quebrada Arenosa	4403-06-15	0.10	Altos excedentes de agua
Quebrada Palmichal	4403-06-16	0.11	Altos excedentes de agua
Quebrada La Paz	4403-06-17	0.11	Altos excedentes de agua
Quebrada Purgatorio	4403-06-18	0.11	Altos excedentes de agua
Quebrada Berlin	4403-06-19	0.11	Altos excedentes de agua
Quebrada La Revoltosa	4403-06-20	0.11	Altos excedentes de agua
Quebrada Santa Elena	4403-06-21	0.11	Altos excedentes de agua
Quebrada Portada	4403-06-22	0.11	Altos excedentes de agua
Quebrada NN	4403-06-23	0.12	Altos excedentes de agua
Quebrada Travesias	4403-06-24	0.11	Altos excedentes de agua
Quebrada La Carbonera	4403-06-25	0.11	Altos excedentes de agua
Quebrada La Sardina	4403-06-26	0.11	Altos excedentes de agua
Quebrada El Dedo	4403-06-27	0.10	Altos excedentes de agua

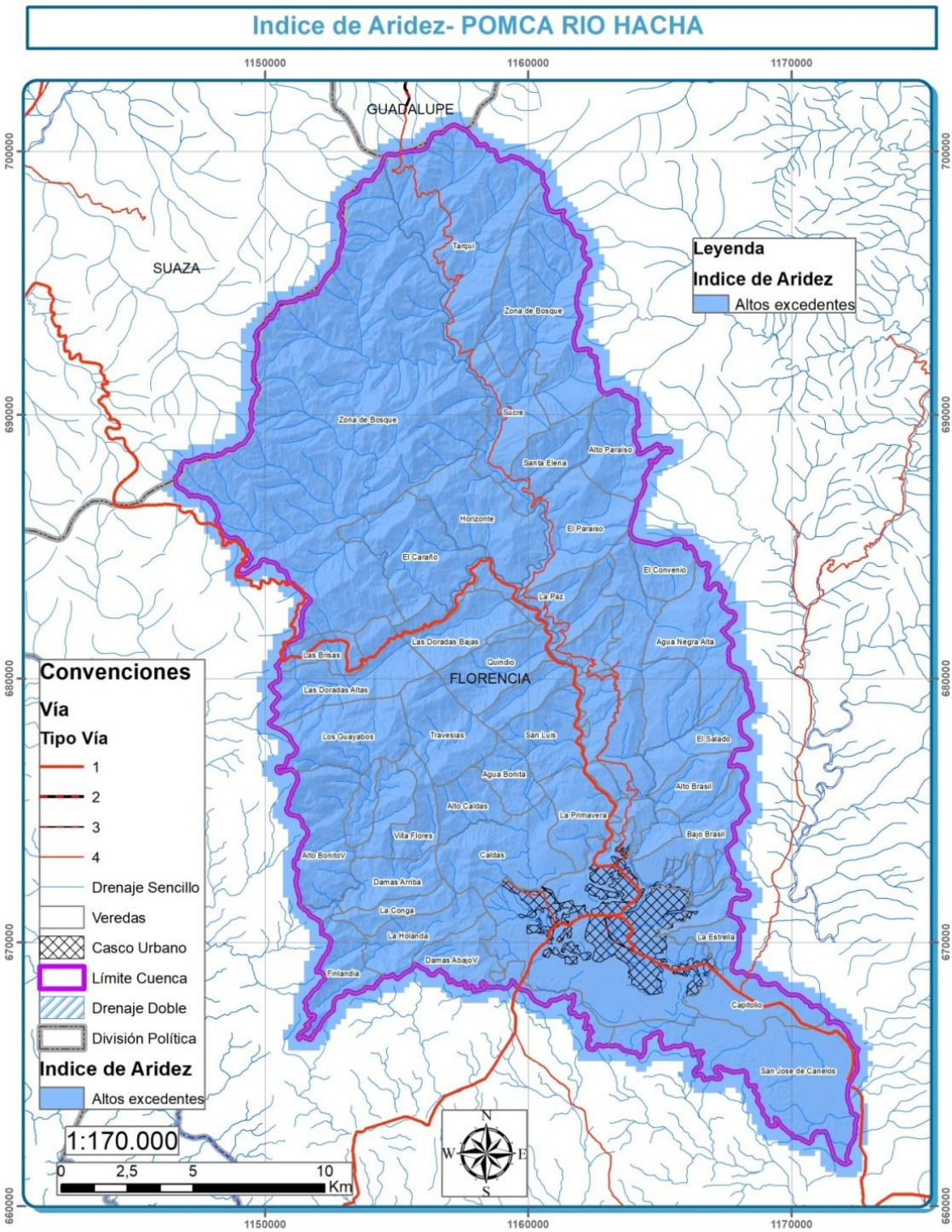
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

De acuerdo a los resultados presentados en la anterior tabla y teniendo en cuenta las condiciones climatológicas de la cuenca, con valores de precipitaciones altas con excesos de agua durante gran parte del año permite inferir condiciones de Índice de escasez anuales con valores menores de 0,15 y altos excedentes de agua en todas las subcuencas que conforman la cuenca hidrográfica del río Hacha, estimándose un valor promedio de 0,11 para toda la cuenca.

Espacialmente en la Figura 32, se presenta la variación del índice de aridez en la cuenca y subcuencas de estudio observándose que, salvo sitios puntuales,

predominan valores de IA menores de 0,11, en todos los casos correspondiendo a la categoría de Altos excedentes de agua.

Figura 32. Índice de aridez por subcuencas río Hacha



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.1.7 Identificación de Necesidades de Información.

En este numeral se ha realizado una descripción completa de varios componentes del clima en la cuenca del río Hacha, tales como lluvia, evapotranspiración real y potencial, temperatura, radiación, diferentes mapas de índices climáticos, mapa de balance de largo plazo. A continuación, se hace una descripción por cada proceso, sobre las falencias de información para cada variable.

Lluvia: Los campos de lluvia en la cuenca del río Hacha se construyeron con información de estaciones que se encuentran dentro de la cuenca y con información por fuera de esta. En este sentido los campos de precipitación se construyeron con información de 11 estaciones de las cuales solo una estación se encuentra dentro de la cuenca y 10 en su frontera. Es importante tener en cuenta que la cuenca del río Hacha tiene un área total de 500 km2 aproximadamente y su topografía hace que la precipitación sea altamente variable en la cuenca y, por tanto, la información con que se cuenta dentro de la cuenca es insuficiente y hace que se eleve la incertidumbre en la estimación de esta variable. Se recomienda mejorar la red de estaciones de medición de precipitación en toda la cuenca del río Hacha.

Evapotranspiración: No se cuenta con información de evapotranspiración potencial en la zona. Esta fue estimada con ecuaciones o métodos indirectos que han dado buenos ajustes en para la región andina en Colombia. Se recomienda medir mejor y con una red espacial de estaciones más densa, variables tales como temperatura y radiación para calcular evapotranspiración potencial por diferentes metodologías, las cuales luego se transformarán en evapotranspiración real y se validarán haciendo uso del mapa de balance de largo plazo. Se recomienda mejorar la red de medición de estaciones de esta variable.

Temperatura y radiación: Debido a que no se cuenta con una red de estaciones de medición de temperatura y radiación. Estas variables son de gran importancia por las razones anteriormente mencionadas, además porque es el indicador más importante de cambio climático a nivel local. Es importante fortalecer una red de estaciones que puedan medir estas variables de manera adecuada en la cuenca del río Hacha.

3.1.8 Conclusiones y Recomendaciones

Ante las evidencias de un cambio climático a escala global, los análisis de tendencia de variación climática se han convertido en un tema de gran interés para la mayoría de los países del mundo. Los expertos en la materia han señalado que para evidenciar la existencia de un cambio climático es necesario analizar las tendencias de variables climáticas tales como precipitación, brillo solar, temperatura, entre otras, considerando diferentes escalas de tiempo y espacio. Las tendencias son cambios graduales de incremento o disminución en el tiempo de las variables

estudiadas, asociadas comúnmente a factores climáticos (IDEAM, 2011, Castro-Llanos, 2013).

Estudiar la variabilidad del clima regional es fundamental, ya que se puede planificar el manejo de recursos naturales de un país; sin embargo, evaluar la variabilidad y los mecanismos que producen los cambios es algo complicado. La forma más fácil de analizar e interpretar el clima promedio de una región es con respecto a medías anuales o estacionales de temperatura o precipitación. (Castro-Llanos, 2013).

Por su configuración orohidrográfica, la cuenca del río Hacha presenta climas desde frío hasta cálido, y desde superhúmedos hasta muy húmedos. Los climas más fríos se encuentran en las partes deltas de la cordillera, próximas a la divisoria de aguas, y los climas cálidos se encuentran en la zona más baja del río Hacha. No obstante, la mayor parte de la cuenca presenta un Cálido superhúmedo, según la clasificación de Caldas Lang.

3.2 GEOLOGÍA

La caracterización geológica de la cuenca hidrográfica del río hacha con fines de ordenamiento de la cuenca sugiere el levantamiento de la información cartográfica de unidades litológicas aflorantes a escala 1:25.000, para lo cual se emplea información secundaria producida por el Servicio Geológico Colombiano (SGC) del cual se analizó el mapa geológico de Colombia escala 1:1´000.000, y las planchas 398 y 413 escala 1:100.000 que presentan una cobertura total sobre la cuenca hidrográfica del río hacha.

La caracterización estratigráfica estuvo basada en insumos generados por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) en estudios realizados sobre la cuenca sedimentaria Caguán- Putumayo con la que hay una afinidad estratigráfica estrecha, teniendo en cuenta que la cuenca del río Hacha hace parte de esta cuenca sedimentaria. De otro lado, se consultaron estudios de suelos desarrollados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) en los que se consigna información relacionada con geología estructural, estratigrafía, evolución geológica, geomorfología y caracterización de suelos del departamento de Caquetá.

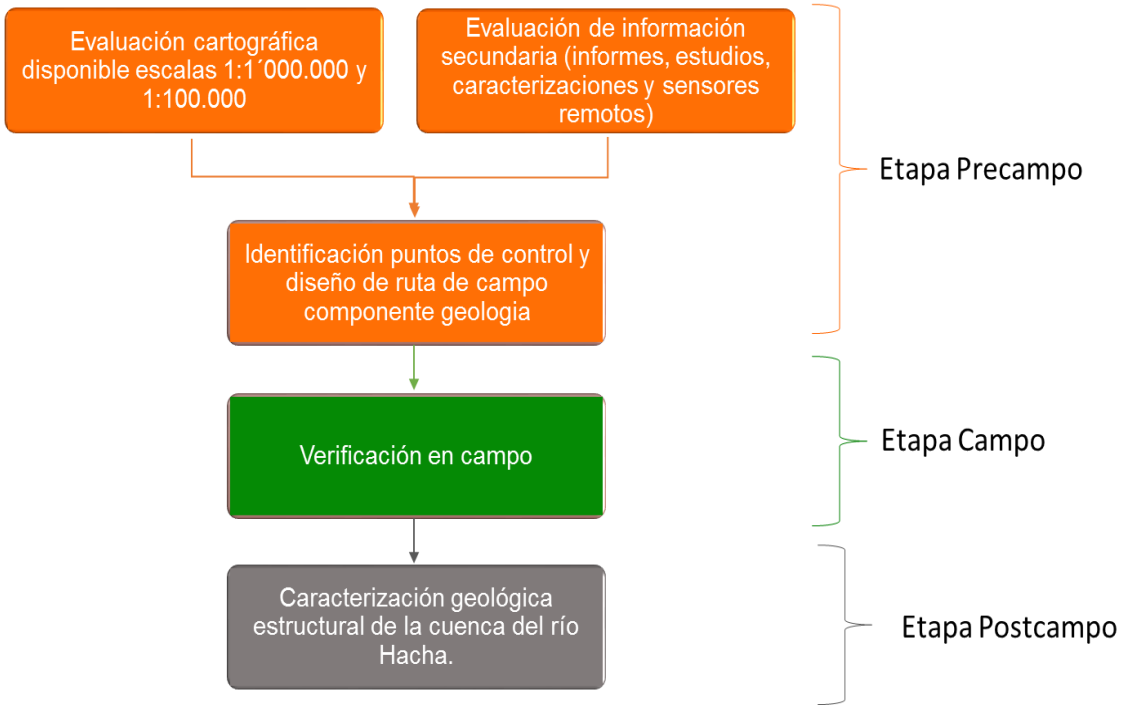
La información revisada y clasificada según su pertinencia, actualidad, fiabilidad y calidad, brindo la línea base con la cual se diseño y desarrollo la verificación en campo de las características geológicas de la cuenca hidrográfica del río hacha, donde se visitaron zonas de interés por sus inconsistencias en estudios anteriores o puntos de control para consolidar la cartografía geológica básica, a través de la definición de tipos de roca, disposición estructural, fallas, plegamientos, materiales

residuales transportados y depósitos producto de la dinámica interna de la corteza y la acción de agentes meteóricos.

3.2.1 Metodología

La Figura 33, muestra cada una de las fases realizadas para generar la caracterización geológica estructural de la cuenca (Ver Anexo 5-1).

Figura 33. Flujograma de actividades realizadas durante el desarrollo del componente geológico para la actualización del POMCA 2017.



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.2.1.1 Etapa de Pre Campo. Se configuran como actividades preparatorias para la verificación y levantamiento de unidades en campo, entre las cuales se encuentran.

- Revisión de información Disponible. Este análisis de información geológica existente sobre la cuenca del río Hacha, incluyen documentos y planchas cartográficas clasificadas según su nivel de cobertura: nacional, regional o local.

  – Información geológica nacional. Corresponde a la generada por INGEOMINAS hoy Servicio Geológico Colombiano – SGC.

- ✓ Mapa geológico de Colombia 2015. Escala: 1:1.000.000. Compilador por: José Gómez Tapias y María Fernanda Almanza Meléndez del Servicio Geológico Colombiano - SGC.

- ✓ Plancha 413 (Florencia) 2003. Ingeominas y Geo estudios modificado por Rodríguez G, Zapata G, Velásquez M. Escala: 1:100.000.

– Información geológica regional. Dentro del los estudios encontrados a nivel regional se encuentran:

- ✓ Plan de gestión ambiental de la región sur de la Amazonia colombiana - PGAR 2002-2011. Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia Colombiana – CORPOAMAZONIA, 2002.

- ✓ Cartografía geológica de 51.267,45 km2 en la cuenca Caguán- Putumayo a partir de sensores remotos, escala 1:100.000. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Tunja (UPTC), 2009.

- ✓ Estudio geológico- geotécnico en 10 sectores ubicados en el valle de Sibundoy, Mocoa (Putumayo) y Florencia (Caquetá), escala 1:700. Corporación para el desarrollo sostenible del sur Amazonia, Corporación autónoma regional de Caldas (CORPOCALDAS).

- ✓ Estudio general de suelos y zonificación de tierras departamento de Caquetá, escala 1.100.000. Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, 2014.

- ✓ Caquetá: características geográficas. Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, 2010.Este estudio presenta un capítulo sobre Geografía Física donde hay un subcapítulo sobre Aspectos Geológicos, el cual incluye: origen y evolución del relieve, estratigrafía, tectónica, geografía económica e hidrogeología.

– Información geológica local. Al igual que la información geológica regional a nivel local existe muy poca información.

- ✓ Diagnóstico del sistema territorial del municipio de Florencia: biofísico y base natural. Aspectos geológicos: contexto territorial rural y urbano. Corporación Ozono, 2015 (documento en construcción en el marco de la formulación del Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Florencia).

- ✓ Análisis fotogeológico con control de campo de los procesos morfo dinámicos y las unidades geológicas superficiales de la ciudad de Florencia, 2001. INGEOMINAS.

- ✓ POMCA del río Hacha, 2005. El diagnóstico realizado para el componente geológico arrojo como resultado una caracterización estratigráfica y estructural de la cuenca, tomando como punto de partida y en la parte basal estratigráficamente rocas datas del precámbrico, a las cuales se les conoce formalmente como Macizo de Garzón, las cuales se pueden encontrar en superficie como resultado de una serie de actividades tectónicas en un estilo estructural compresivo lo suficientemente fuerte para exhumar rocas del basamento y ponerlas en contacto con rocas Cretácicas y Cenozoicas.

  Esta cobertura sedimentaria hace parte de un periodo de depósito que refleja épocas en las cuales la acción de las mareas no tenía ningún tipo de restricción estructural (cordillera), razón por la cual es posible encontrar rocas sedimentarias con facies propias de línea de costa (deltas) o facies marinas en las cuales se da de manera adicional una depositación de materia orgánica, razón por la cual es posible encontrar sistemas de hidrocarburos en esta zona del país, hacia la parte norte de la cuenca del rio Hacha, estas rocas corresponden a rocas formalmente llamadas como Formación Caballos y Formación Saldaña, rocas que representan algún interés económico en cuencas como Valle superior y medio del Magdalena.

  En sectores más centralizados y orientales de la cuenca del rio Hacha, es posible observar Formaciones rocosas con facies sedimentarias un poco más características de ambientes continentales, donde se identifican principalmente tres miembros que comparten consigo mismos estratos de areniscas intercaladas con estratos de lodolitas y conglomerados, siendo esta la razón por la cual se divide la Formación Pepino en tres miembros principalmente.

  Estructuralmente la cuenca se encuentra afectada principalmente por la acción del sistema de fallas de Borde Llanero (Gaycaramo), la cual presenta una serie de ramificaciones menores que afectan principalmente la parte media y alta de la cuenca; con una tendencia principal NNE y un estilo estructural compresivo que da como resultado una serie de fallas inversas que permiten la exhumación de rocas del basamento y el contacto entre épocas con un intervalo de tiempo abismal.

A continuación, se consolida la información recopilada y analizada para el componente de geología (ver Tabla 28).

Tabla 28. Información consolidada para el componente de Geología – Geomorfología en la actualización del POMCA del río Hacha.

AUTOR	AÑO	TITULO	DESCRIPCIÓN	ANALISIS DE LA INFORMACIÓN
SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO	2015	Mapa Geológico De Colombia 2015	Geología Regional De Colombia	Pertinencia: Media Fiabilidad: Alta Actualidad: Alta Calidad: Media Aplicabilidad: Alta
SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO	2015	Compilando La Geología De Colombia: Una Visión a 2015	Memorias Explicativas De Mapa Geológico	Pertinencia: Media Fiabilidad: Alta Actualidad: Alta Calidad: Media Aplicabilidad: Alta
ALCALDIA DE FLORENCIA, CORPORACION OZONO	2015	Plan de Ordenamiento Territorial -POT- del Municipio de Florencia, Caquetá	Capitulo con Información del componente Geológico, Geomorfológico, Amenazas y Suelos del Departamento de Caquetá	Pertinencia, calidad, actualidad y fiabilidad alta. Por lo tanto, es un insumo importante en la construcción de información de línea base de la cuenca.
IGAC	2014	Estudio General De Suelos Y Zonificación De Tierras	Análisis general de los suelos que conforman el departamento del Caquetá, donde de manera general se realiza una breve estratigrafía y cartografía geológica.	Pertinencia, calidad, actualidad y fiabilidad alta. Por lo tanto, es un insumo importante en la construcción de información de línea base de la cuenca.
CORPOAMAZONIA	2011	Estudio Geológico-Geotécnico en 10 sectores ubicados en el valle de Sibundoy, Mocoa (Putumayo) y Florencia (Caquetá)	Análisis Geológico Geotécnico de zonas con alta influencia de procesos denudativos, tanto en municipios del departamento del Putumayo Como en el Departamento Del Caquetá	Pertinencia, calidad, actualidad y fiabilidad alta. Para el Departamento del Caquetá solo se realizaron ensayos en el sector conocido como Santo Domingo.
CORPOAMAZONIA	2011	Estudio Geológico-Geotécnico en 10 sectores ubicados en el valle de Sibundoy, Mocoa (Putumayo) y Florencia (Caquetá).	Contiene un Mapa de Formaciones geológicas Superficiales	Pertinencia, calidad, actualidad y fiabilidad alta. Mapa de formaciones superficiales del sector de Santo Domingo (charco azul), municipio de Florencia, donde se tiene una escala relativamente buena, aunque dicha información no es posible relacionarla con zonas aledañas por la falta de muestreos en el área.
Agencia Nacional de Hidrocarburos - ANH	2009	Cartografía Geológica de 51267.45 Km^2 en La Cuenca Caguán – Putumayo	Análisis geológico estructural de la cuenca Caguán, donde se realiza un análisis de la configuración geológica de manera regional	Pertinencia, calidad, y fiabilidad alta. Actualidad media. La Cuenca del Caguán cubre gran parte del departamento del Caquetá, por lo tanto, su información puede ser un referente para la cuenca del rio Hacha.

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Tabla 28 (Continuación). Información consolidada para el componente de Geología – Geomorfología en la actualización del POMCA del río Hacha.

AUTOR	AÑO	TITULO	DESCRIPCIÓN	ANALISIS DE LA INFORMACIÓN
CORPOAMAZONIA – U. de la Amazonia	2005	Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Rio Hacha	Informe geológico detallado	Pertinencia, calidad, y fiabilidad alta. Actualidad media. Corresponde a la información consignada en el documento objeto de actualización.
Hortua, Nadezhdy	2004	Geomorfología e Hidrología, combinación estratégica para el estudio de las inundaciones en Florencia (Caquetá)	Integra la información histórica, hidrometeorológica y geomorfológica, mediante el uso de series hidrológicas e interpretación de geoformas fluviales con imágenes de satélite, fotografías aéreas y validación en campo para determinar la torrencialidad del río Hacha.	Pertinencia: Alta Fiabilidad: Media Actualidad: Media Calidad: Media Aplicabilidad: Alta
INGEOMINAS	2001	Informe Técnico Sobre La Visita De Emergencia Cuenca Quebrada La Sardina, Municipio De Florencia, Departamento Del Caquetá.	Caracterización Geológica Y Geomorfológica Del Municipio De Florencia.	Pertinencia: Alta Fiabilidad: Baja Actualidad: Media Calidad: Baja Aplicabilidad: Media. Para el año en que se elaboró el estudio, la zona no se encontraba tan afectada por procesos geomorfológicos.
INGEOMINAS	2000	Informe Técnico Sobre La Visita De Emergencia En La Ciudad De Florencia, Departamento Del Caquetá	Zonificación Geomorfológica De Procesos Denudativos En El Departamento Del Caquetá	Pertinencia: Baja Fiabilidad: Baja Actualidad: Baja Calidad: Baja Aplicabilidad: Baja El informe data del año 2000, razón por la cual, a la fecha, seguramente algunos de esos procesos denudativos analizados ya no se encuentren o se trataron.

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

De acuerdo con el análisis realizado 81,81% de los documentos revisados contienen información que aporta a la actualización de la información geológica, es decir tienen una alta aplicabilidad.

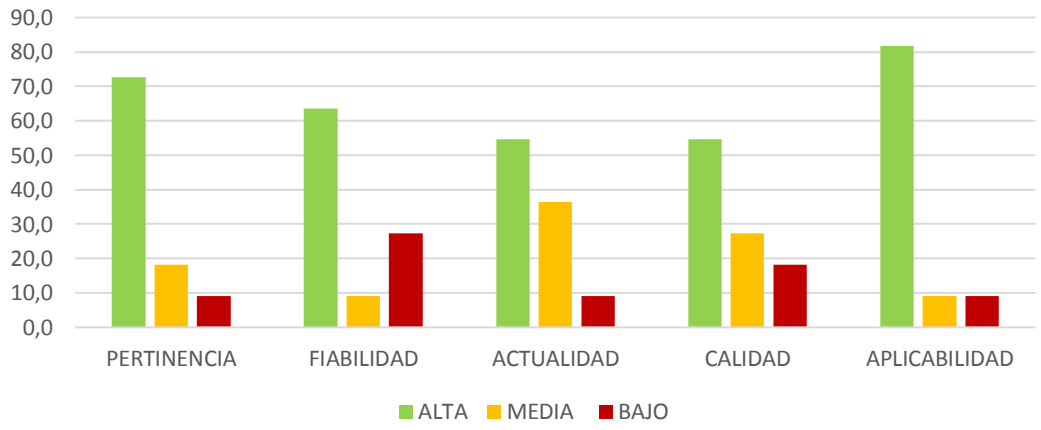
Al analizar cada uno de los criterios de valoración de forma independiente se encuentra que el 72,7% de los documentos revisados son evaluados como

pertinentes, debido a que suministran información oportuna y coherente para la actualización del POMCA, con datos espacializados en el sistema de coordenadas definido para el territorio colombiano y a escalas regional y local lo que facilita la extrapolación de información en caso de requerirse. Adicionalmente el 63,6% son valorados con fiabilidad alta, es decir las fuentes y procedimientos descritos en los documentos son confiables lo que da una alta credibilidad a estos documentos.

Otra característica importante en la revisión de documentos es la variable de actualidad, encontrando que el 54,5% de los documentos fueron publicados entre el 2011 y el 2015, es decir se cuenta con información actualizada que aporta en la complementación de la línea base existente para la cuenca del río Hacha; el 36,4% tienen fechas de publicación entre el 2001 y el 2009 que igual representan un insumo importante para el proceso de revisión que se adelanta, y tan solo un documento equivalente al (9,1%) se considera no reciente por tener fecha de publicación del año 2000, por lo que su aporte comparado con los demás estudios no es tan significativo.

La Calidad, considerada como una característica inherente del documento producto de la combinación de los criterios previamente mencionados (pertinencia, fiabilidad, y actualidad), permite identificar la información que cumple con las expectativas para la actualización del POMCA, de esta manera el 54,5% de los documentos revisados son considerados de alta calidad, 27,3% de calidad media y solo el 18,2% (2 documentos) valorados como de baja calidad (Ver Gráfica 31).

Gráfica 31. Resultados del análisis de evaluación documental para el componente de geología en el marco de la actualización del POMCA del río Hacha.

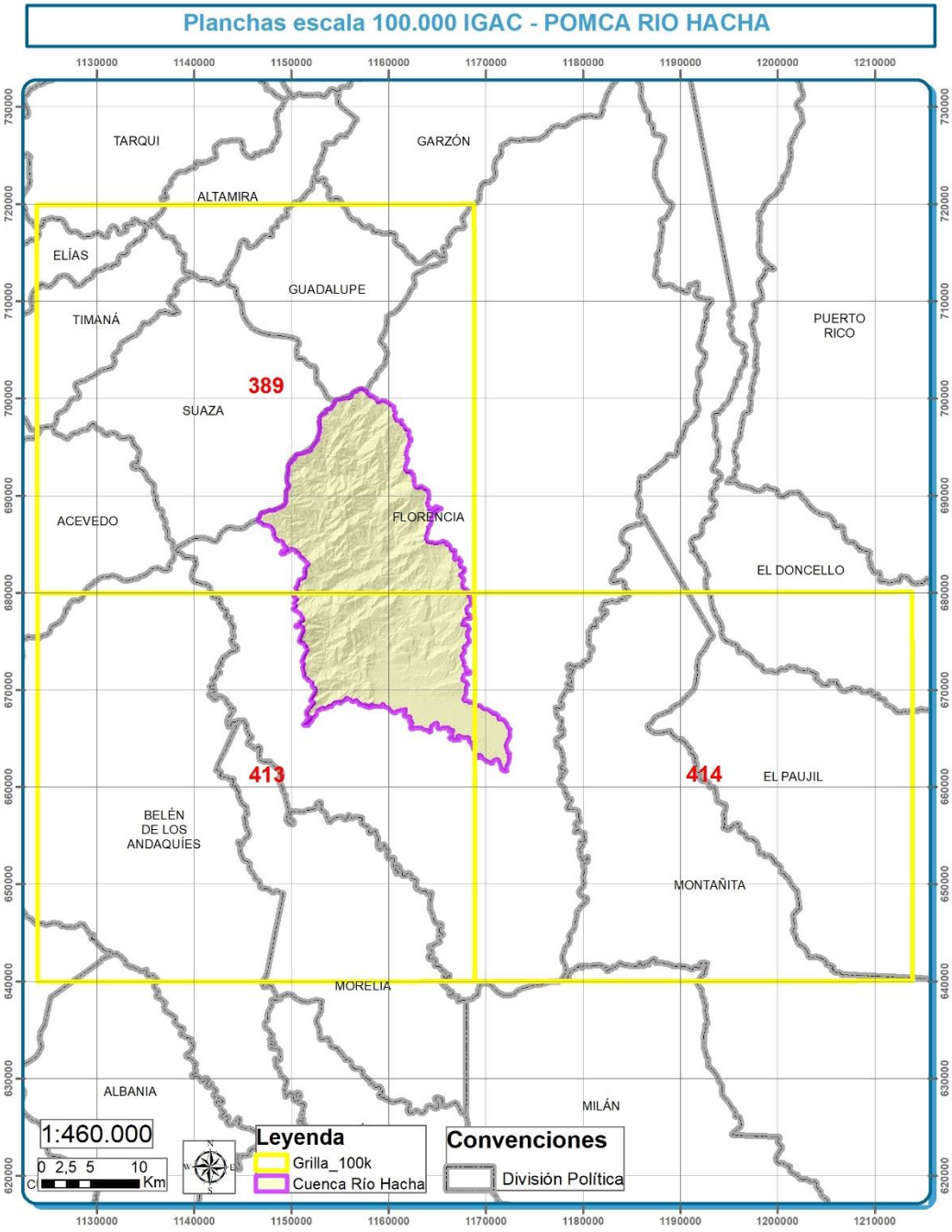


Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- Adquisición de cartografía base que corresponde a las Planchas cartográficas 389, 413 y 414 a escala 1.100.000; y, 389IVA, 389IVB, 389IVC,

389IVD, 413IIA, 413IIB, 413IIC, 413IID, 414IA y 414IC del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) a escala 1:25:000(Ver Figura 34).

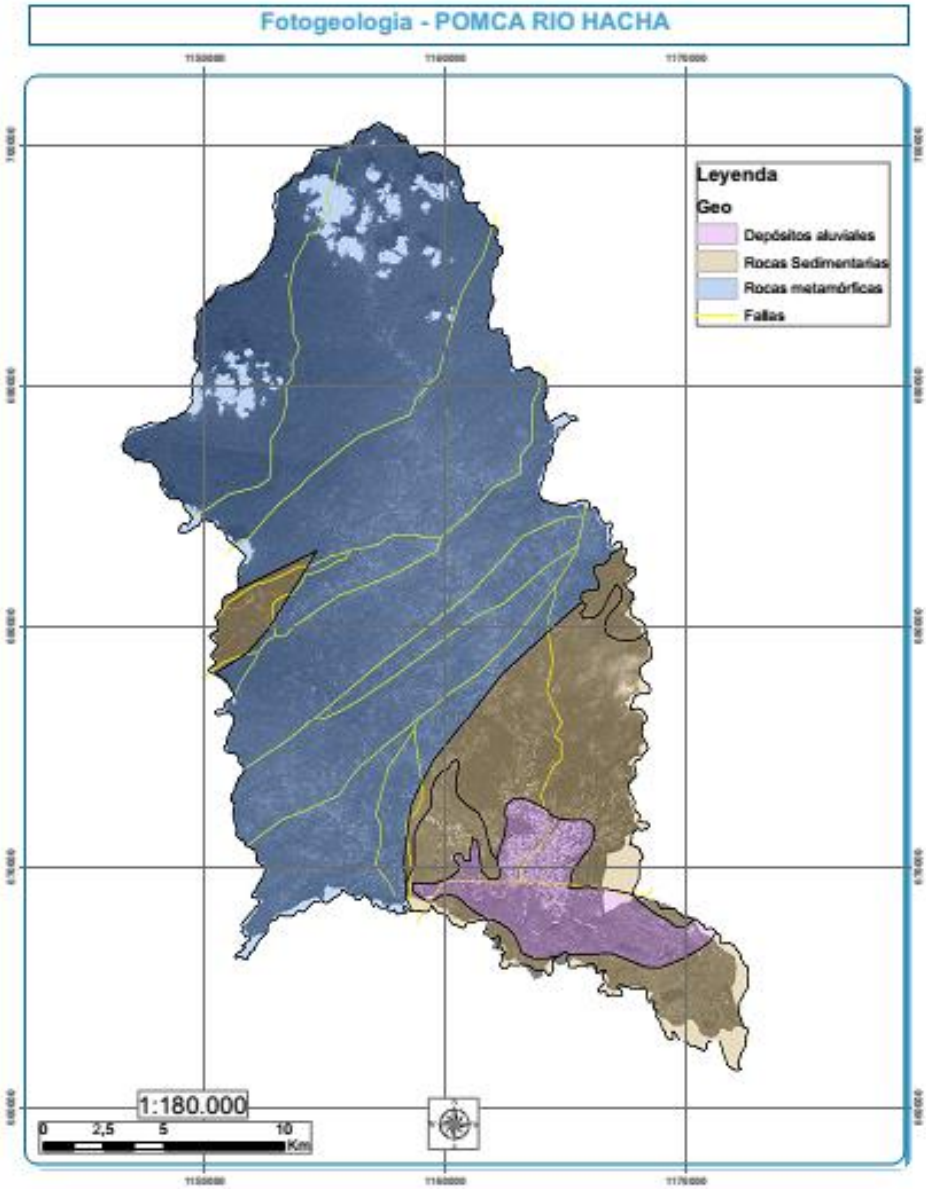
Figura 34. Distribución de la cuenca en las planchas cartográfica 100K del IGAC



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- Interpretación de Sensores Remotos. El análisis de sensores remotos se realizó mediante imágenes satelitales (Google Earth), modelos de elevación digital (DEM) entre otras, las cuales aportaron una cobertura total sobre el área de estudio. Esta interpretación de sensores remotos marca un punto de partida a la hora de la realización del trazado de una ruta de campo, puesto que dicho insumo permite realizar una fotointerpretación geológica y geomorfológica semi detalladas del área, dando como resultado la identificación de materias existentes, depósitos, fallas, lineamientos, entre otros (Figura 35).

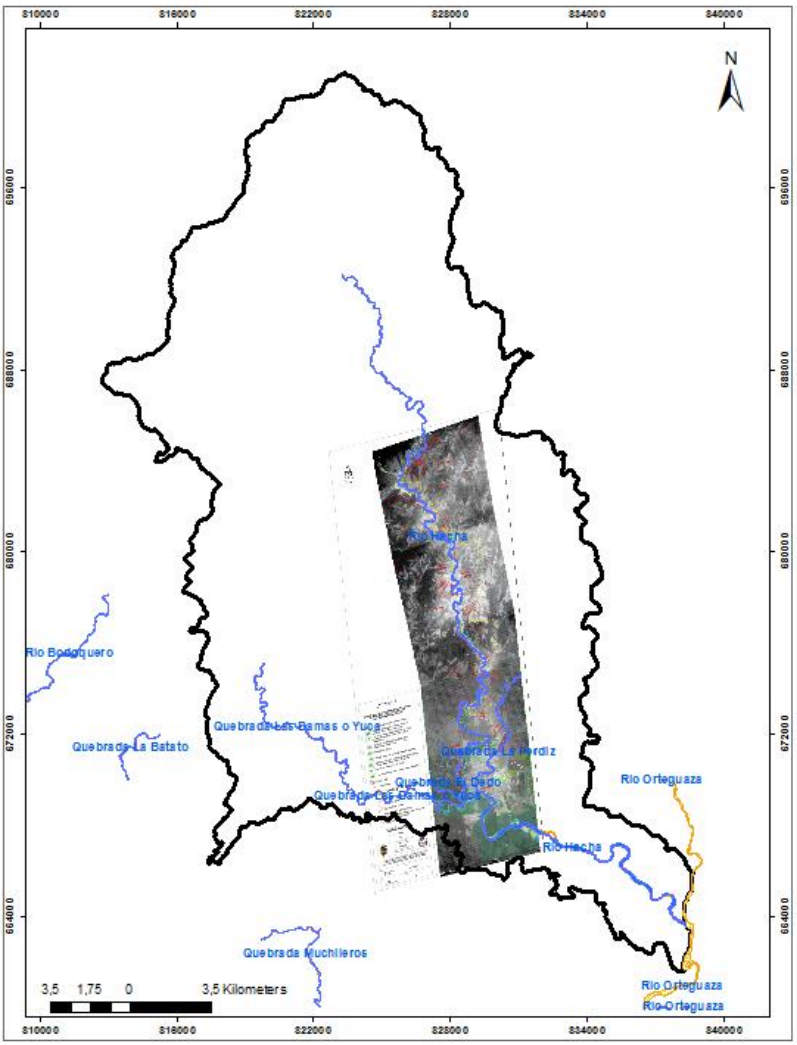
Figura 35. Fotogeología para geología básica.



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

La información generada a través de fotointerpretación es cruzada con información cartográfica a escala 1:100.000, permitiendo de esta manera una identificación de puntos de interés para su observación geológica o geomorfológica, basados principalmente en la localización de contactos litológicos, sectores con afectaciones estructurales (tectónicos), zonas potencialmente elevadas para garantizar buenos puntos de observación geomorfológica entre otras, de igual manera se revisó un mosaico de imágenes satelitales analizadas por el SGC sobre el cauce del río Hacha con una cobertura sobre la cuenca parcial, centrando el análisis en el cauce del rio Hacha desde los sectores Avenida el Caraño hasta el casco urbano del municipio de Florencia, donde se lograron identificar procesos morfo dinámicos algunos asociados a eventos tectónicos verificados en campo y el reconocimiento de unidades geológicas superficiales (Ver Figura 36).

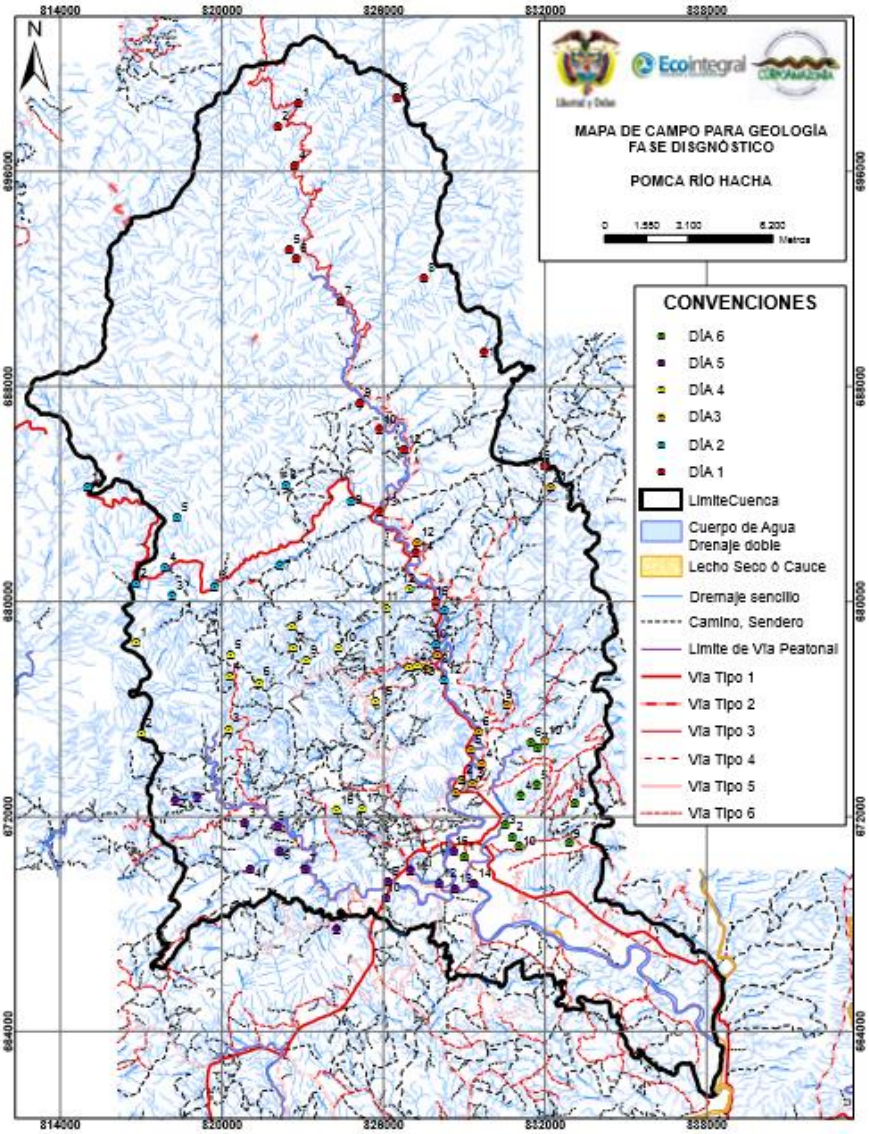
Figura 36. Cubrimiento de análisis fotogeológico de unidades geológicas superficiales (UGS) y procesos morfo dinámicos.



Fuente: Ecointegral, Contrato N° 0390 2016

- Identificación de puntos para verificación de campo. Sobre el mapa preliminar, se identificaron los puntos que requieren ser verificados en campo para consolidar el mapa geológico final a escala 1:25.000. Esta selección de puntos de observación se hizo a partir de los rasgos estructurales observados en imágenes satelitales y fotografías aéreas, así como la interpretación del DEM de la Nasa. Adicional a esto, la selección se soporta en la información analizada con anterioridad, donde se identificaron sectores de interés por la información geológica, geomorfológica o estructural que pueden brindar (Figura 37).

Figura 37. Distribución de puntos de observación geológica sobre la cuenca hidrográfica del río Hacha.



Fuente: Ecointegral, Contrato N° 0390 2016

- Descripción de la Ruta de Campo Propuesta. El trazado de la ruta de campo tuvo en cuenta las facilidades de acceso, considerando las vías, caminos veredales y afluentes hídricos por donde se puede realizar cartografía de superficies (Ver Anexo 5-1).

✓ DIA 1 Vía Florencia- Gabinete (antigua vía). La ruta inicia en la parte más septentrional de la cuenca del rio Hacha, la cual se encuentra cartografiada según el Servicio Geológico Colombiano, mapa geológico 2015, como una única unidad lito estratigráfica conformada principalmente como Grupo Garzón, correspondiente a rocas metamórficas de alto grado, con pequeñas variaciones laterales a cuerpos de grado medio y medio- alto, adicional a esto, se consideró la parte basal de la cuenca, sobre la cual reposa la secuencia sedimentaria que la conforma. En este sector se definieron los siguientes puntos de control (Tabla 29).

Tabla 29. Inventario de puntos para ruta geología día 1.

DIA 1. VÍA FLORENCIA- GABINETE (ANTIGUA VÍA).				
PUNTO	**COORDENADA E**	**COORDENADA N**	**FUENTE**	**VEREDA**
1	822830	698511	interpretación de imagen	Tarqui
2	822073	697670	interpretación de imagen	Tarqui
3	826500	698750	interpretación de imagen	Tarqui
4	822700	696200	interpretación de imagen	Tarqui
5	822500	693100	interpretación de imagen	Zona de bosque
6	822750	692750	interpretación de imagen	Zona de bosque
7	824407	691178	interpretación de imagen	Zona de bosque
8	827500	692000	interpretación de imagen	Zona de bosque
9	825121	687343	interpretación de imagen	Horizonte
10	825844	686403	interpretación de imagen	Horizonte
11	829721	689263	interpretación de imagen	El Paraíso
12	826751	685653	interpretación de imagen	El Paraíso
13	825865	683342	interpretación de imagen	El Paraíso
14	827198	681812	interpretación de imagen	Palmichal
15	827945	680007	interpretación de imagen	Palmichal
16	831966	685064	interpretación de imagen	El Convenio

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

✓ DIA 2 Vía Florencia- Suaza (Huila). Se continua con la verificación de los datos obtenidos en la jornada anterior, ya que si bien, la parte más septentrional de la cuenca del rio Hacha, puede estar conformada uniformemente por una única unidad lito estratigráfica, nombrada formalmente como Grupo Garzón, se espera encontrar “lentes” de roca sedimentaria sobre él basamento, posiblemente alojados, producto de eventos estructurales aun no identificados debido a la inmadurez del análisis de campo.

La verificación de campo se extiende hacia las zonas donde se ha definido el limite oeste de la cuenca del rio Hacha, lo que permitiría realizar una cartografía detallada de los alrededores, facilitando una correlación estratigráfica de la litología en el interior (Tabla 30).

Tabla 30. inventario de puntos para ruta geología día 2.

DIA 2. VÍA FLORENCIA- SUAZA (HUILA)				
PUNTO	**COORDENADA E**	**COORDENADA N**	**FUENTE**	**VEREDA**
1	815000	684250	interpretación de imagen	El Caraño
2	816807	680677	interpretación de imagen	Doradas Altas
3	818150	680221	interpretación de imagen	Doradas Altas
4	817884	681233	interpretación de imagen	Doradas Altas
5	818329	683139	interpretación de imagen	El Caraño
6	819718	680557	SGC	Doradas Altas
7	822145	681352	interpretación de imagen	Doradas Bajas
8	822368	684306	interpretación de imagen	El Caraño
9	824793	683709	interpretación de imagen	Avenida El Caraño
10	827944	678400	interpretación de imagen	San Luis
11	828259	679626	interpretación de imagen	El Limón
12	828249	677047	SGC	Vuelta Cigarrillo

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

✓ DIA 3 Vía Florencia – La Calera. El recorrido continua por la vía Florencia – La Calera, puesto que, según el análisis del mapa geológico de Colombia, 2015 (SGC), en este sector se encuentra la cobertura sedimentaria del Grupo Garzón, la cual, se esta descrita formalmente como Formación Pepino, constituida principalmente por intercalaciones de capas rojas de conglomerados, arenitas líticas y arcillolitas (Tabla 31).

Tabla 31.Inventario de puntos para ruta geología día 3.

DIA 3. VÍA FLORENCIA – LA CALERA				
PUNTO	**COORDENADA E**	**COORDENADA N**	**FUENTE**	**VEREDA**
1	828679	672868	SG	Suelo Urbano
2	828895	673363	SG	Suelo Urbano
3	829306	673226	SG	Suelo Urbano
4	829638	673929	SG	Sebastopol
5	829244	674498	SG	Sebastopol
6	829531	675117	Ruta de riesgos	Sebastopol
7	827600	677500	Ruta de riesgos	Nueva Jerusalen
8	828000	678000	Ruta de riesgos	
9	830571	676126	Ruta de riesgos	El Salado
10	831978	674808	Ruta de riesgos	Alto Brasil
11	832210	684250	SG	El Convenio- San Francisco
12	827250	682200	SG	San Francisco

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

✓ DIA 4 Vía Florencia- Alto Caldas- Travesías- los Guayabos. Las imágenes satelitales permiten evidenciar un lineamiento sobre el terreno que lleva a considerar el posible trazo de una falla regional, el área de influencia y la aparición de un grupo lito estratigráfico formalmente llamado Grupo Orito, constituido principalmente por arenitas líticas, conglomerados ferruginosos, capas de yeso y carbón. Por esta razón se definen los siguientes puntos de verificación en campo (Ver Tabla 32)

Tabla 32. Inventario de puntos para ruta geología día 4.

DIA 4. VÍA FLORENCIA- ALTO CALDAS- TRAVESÍAS- LOS GUAYABOS.				
PUNTO	**COORDENADA E**	**COORDENADA N**	**FUENTE**	**VEREDA**
1	816810	678438	SGC	Las Doradas Altas
2	817005	675054	Ruta de riesgos	Alto Bonito
3	820246	675239	Ruta de riesgos	Villa Flores
4	820275	677204	interpretación de imagen	Travesias
5	820310	678010	interpretación de imagen	Los Guayabos
6	821376	676969	interpretación de imagen	Travesias
7	822654	678264	interpretación de imagen	Travesias
8	822594	679057	interpretación de imagen	Travesias
9	823132	677777	interpretación de imagen	Travesias
10	824334	678296	interpretación de imagen	San Luis
11	826104	679757	interpretación de imagen	La Carbona
12	826959	680435	interpretación de imagen	La Carbona
13	827257	677578	interpretación de imagen	La Primavera
14	826947	677511	interpretación de imagen	La Primavera
15	825700	676250	interpretación de imagen	Alto Caldas
16	824250	672250	SGC	Caldas
17	825200	672300	SGC	Caldas

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

✓ DIA 5 Sección quebrada la Yuca y El Dedo. En la revisión de información existente, se encuentra que las Quebradas La Yuca y El Dedo son de interés geológico debido a que allí se localizan los contactos entre el basamento conformado por Grupo Garzón y Grupo Orito, posiblemente resultado de eventos tectónicos (fallamiento), adicional a esto, sobre estos sectores se encuentran capas de extensiones considerables de depósitos cuaternarios resultados de eventos torrenciales a causa de fuertes temporadas de lluvia. Los puntos definidos para este sector son los siguientes (Tabla 33).

Tabla 33. Inventario de puntos para ruta geología día 5.

DIA 5. SECCIÓN QUEBRADA LA YUCA Y EL DEDO				
PUNTO	**COORDENADA E**	**COORDENADA N**	**FUENTE**	**VEREDA**
1	819074	672721	SGC	Damas Arriba
2	818257	672585	SGC	Damas
3	820837	671727	SGC	La Conga
4	821040	670050	SGC	La Holanda
5	822064	671595	SGC	La Conga
6	822133	670665	SGC	La Holanda
7	823087	670014	SGC	Damas Abajo
8	824250	667800	SGC	Damas Abajo
9	826160	669580	SGC	Colombia
1	826080	668980	SGC	Colombia
11	827003	669991	SGC	San Juan Del Barro
12	828062	669501	SGC	San Juan Del Barro
13	828651	669283	SGC	San Juan Del Barro
14	829350	669489	SGC	San Juan Del Barro
15	828615	670686	SGC	Suelo Urbano

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

✓ DIA 6 Sección quebrada La Perdiz y La Sardina. Con el fin de fijar los límites de la Formación Pepino en la zona sur, se proyecta la ubicación de puntos de control sobre las quebradas La Perdiz y La Sardina, donde además se buscará evidencia de posibles eventos tectónicos que permitan una identificación clara del pinchamiento de dicha Formación poniéndola en contacto con el Grupo Orito y Grupo Garzón (Tabla 34).

Tabla 34. Iinventario de puntos para ruta geología día 6.

DIA 6. SECCIÓN QUEBRADA LA PERDIZ- QUEBRADA LA SARDINA				
PUNTO	**COORDENADA E**	**COORDENADA N**	**FUENTE**	**VEREDA**
1	828986	670471	SGC	Suelo Urbano
2	830780	671207	SGC	Suelo Urbano
3	830508	671697	SGC	Suelo Urbano
4	831081	672774	SGC	Bajo Brasil
5	831690	673178	SGC	Bajo Brasil
6	831475	674771	SGC	Ilusión
7	831711	674544	SGC	Ilusión
8	833100	672500	SGC	La Sardina
9	832900	671050	SGC	La Sardina
10	831020	670900	SGC	Suelo de expansión Urbana

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

✓ DIA 7 La falta de afloramiento sobre el sector de la vía Florencia – Montañita se hace evidente en imágenes satelitales y fotografías aéreas, razón por la cual se plantea para el día 7 buscar secciones estratigráficas donde se pueda llevar a cabo una correlación de la litología observada durante los días previos, razón por la cual se proyecta el trabajo sobre la vía Florencia- San Antonio de Atenas y zonas aledañas al aeropuerto; cabe destacar que sobre el sector se realizará un reconocimiento geomorfológico de formaciones superficiales **.**

3.2.1.2 Etapa de Campo. En terreno se realizará el análisis de muestras de mano y la identificación de tipos de rocas y sus disposiciones estructurales, fallas, plegamientos, materiales residuales o transportados, perfiles de los tipos de suelos y los depósitos producto de la dinámica interna de la corteza y la acción de los agentes meteóricos en los puntos de control identicados previamente. Apartir de lo que se consolida la cartografía geológica a escala 1:25.000 con fines de ordenamiento de cuenca.

Para el levantamiento de información se emplearon formatos de recolección de información geológica (Ver Anexo 6-1), donde se clasifica la información principalmente por dos ítems:

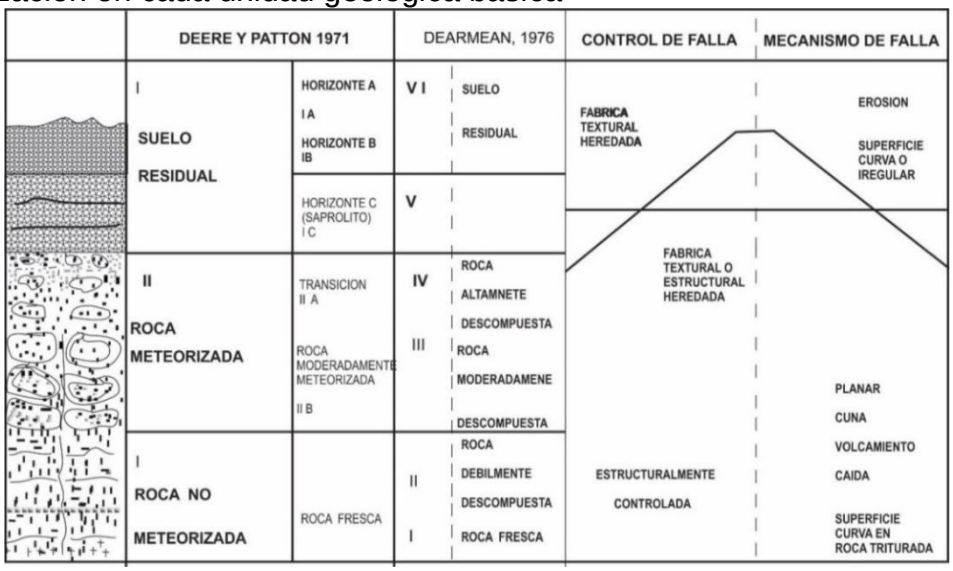
- Aspectos generales del sitio: fecha, numero de estación, localización geográfica, coordenadas, altura (GPS) y fotografías.

- Aspectos técnicos: tipo de roca, composición mineralógica, datos estructurales, grado de meteorización (Figura 38), observaciones técnicas y posible correlación a unidades estratigráficas formalmente identificadas.

Durante el desarrollo de esta etapa de campo fue posible realizar una actualización y corroboración a la información obtenida del análisis de sensores remotos e información secundaria producto de estudios realizados anteriormente con algún tipo de cobertura sobre la cuenca, logrando redefinir contactos de unidades litológicas, identificación de zonas con afectaciones tectónicas (fallas o lineamientos), así como la inclusión a la cartografía geológica del POMCA del rio Hacha, la Formación Orteguaza (N1n3or) , localizada en la parte baja de la cuenca, la cual no fue incluida en el POMCA 2005, objeto de esta actualización (Fotografía 1).

Durante la ruta se identificaron geoformas que siven de base para el análisis geomorfológico de la cuenca, al tiempo que se definen puntos para unidades geológicas superficiales (UGS), a partir de la identificación de zonas con afectaciones por movimientos de remoción en masa, así como zonas con posibles afectaciones por eventos pasados o posible ocurrencia de eventos a futuro (Ver Anexo 6).

Figura 38. Correlación entre los perfiles de meteorización de Deeere-Patton 1971 Dearmean 1976. Utilizada en la etapa de campo para la descripción del grado de meteorización en cada unidad geológica básica



Fuente: INGEOMINAS, 2004

Fotografía 1. Registro del desarrollo de la fase de campo sobre la Formación Orteguaza, sector aeropuerto. E 838531, N 664429.

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

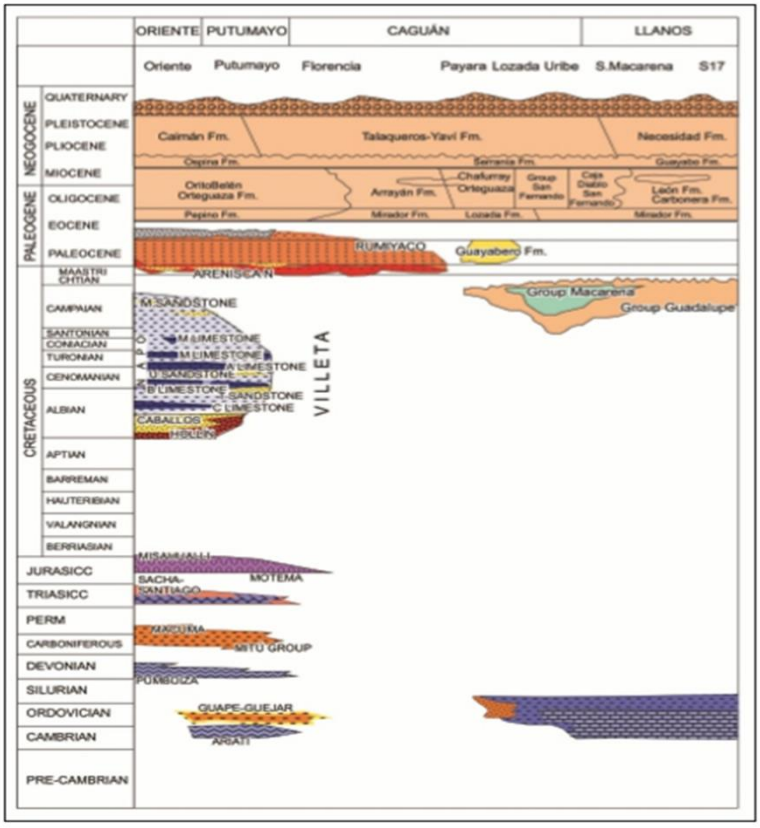
3.2.1.3 Fase de Post Campo. Esta fase representa la parte final de la caracterización geológica de la cuenca hidrográfica del rio Hacha, en la que se procede con el análisis de información correspondiente al diagnóstico de la cuenca desde el punto de vista geológico, generando la información cartográfica escala 1:25000 con fines de ordenamiento de cuenca.

3.2.2 Geología Regional

La cuenca hidrográfica del rio Hacha, se encuentra localizada principalmente en la parte noroccidental de la cuenca sedimentaria Caguán- Putumayo. Cuenca catalogada por su posición geológica como cuenca antepais (Foreland Basin), con una superficie aproximadamente de 110.000 km^2, las cuencas Caguán- Putumayo forman parte del sistema de cuencas sedimentarias subandinas que se extienden hacia el sur (Argentina); los procesos geológicos evidencian cuencas que incluyen de márgenes pasivos a cuencas antepais (Foreland) dominadas por tectónica trans-tensiva con reactivación trans- presiva (AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS - ANH, 2011).

Las cuencas sedimentarias que conforman dicha agrupación presentan una correlación crono estratigráfica entre sí (Ver Figura 39), tal es el caso que se presenta entre la cuenca sedimentaria de los llanos orientales, la cuenca Caguán, la cuenca Putumayo y la cuenca de oriente en Ecuador, dicha correlación crono estratigráfica se sustenta en similitudes litológicas, ambientes de sedimentación y posición estratigráfica.

Figura 39. Correlación estratigráfica de cuencas Subandinas aledañas (cuenca Llanos, Caguán, Putumayo y Cuenca Oriente)



Fuente: ANH, 2011. Petroleum Geology of Colombia. Vol. 4

La cuenca Caguán- Putumayo presenta diferentes etapas de desarrollo tectónico, desde el adelgazamiento de la corteza en sus etapas iniciales para formar la depresión estructural, hasta procesos de subsidencia debido a la tectónica de tipo compresiva, estas evidencias son posibles de observar principalmente en el registro estratigráfico, el cual está dado principalmente por tres mega secuencias de depósito: pre Aptiano, Cenozoica y Cretácica.

La identificación de estas mega secuencias de sedimentación, sugieren la diferencia tanto temporal como de ambientes de formación, ubicando de esta manera como las rocas más antiguas de la cuenca el Macizo de Garzón (mega secuencia pre Aptiano), el cual fue descrito inicialmente en los trabajos de Grosse, (1935) y (Royo & Gomez, 1942), los cuales asumen una edad precámbrica, corroborada de manera posterior por Alvares (1981), Alvarez y Linares (1984) y Priem (1989), dando como resultado la identificación de edades entre 1600 y 945 M.a (Leal, 1999).

Para la cuenca hidrográfica del rio Hacha, es posible observar parte de estas mega secuencias de depósito, dando como punto de partida en la mega secuencia pre Aptiano, la formación del Macizo de Garzón, el cual es una cuerpo alargado con una dirección aproximada de NNE/SSW con un área aproximada de 10.000 km^2, localizad hacia la parte basal de la cordillera oriental, exhumado tectónicamente durante el neógeno a través de sistemas de fallas inversas, algunas con movimientos de rumbo (Leal, 1999). Situación que actualmente se es posible observar sobre la cuenca, teniendo en cuenta que el sistema de fallas del Borde Amazónico pone en contacto el macizo de garzón con secuencias sedimentarias del Cretácico (Fanerozoico).

De igual manera la presencia de rocas datadas del cretácico, permite pensar en la presencia de una segunda mega secuencia de depósito representadas por la presencia de rocas de las Formaciones Caballos y Villeta descritas inicialmente por Grosse (1935), posteriormente por Miley y McGirk (1948) (en Baby et al, 2004), los cuales introdujeron el término Caballos y Villeta para describir rocas que en la parte basal de la secuencia presenta facies sedimentarias típicas de zonas fluviales, es decir facies de tamaño medio a grueso con estratificación plana paralela, con una transición a facies sedimentarias de ambientes estuarios o deltaicos producto de la progradación del nivel del mar que para la época apenas se registraban los primeros pulsos de levantamiento tectónico de la cordillera oriental[2].

La mega secuencia Cenozoica, está representada en la cuenca hidrográfica del rio Hacha por la presencia de secuencias sedimentarias como el Grupo Orito, el cual se encuentra constituido por la Formación Orteguaza y Orito- Belén, para el caso

[2] AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS, GUSTAVO MONTENEGRO, MARIO BARRAGAN. (2011). Petroleum geology of Colombia vol. 4

de la cuenca del rio Hacha, la presencia de la formación Orteguaza en la parte sur y sur oriental (parte baja), permite inferir ambientes de depósito tranquilo o restringido de condiciones salobres conformado por rocas principalmente sedimentarias de grano fino a muy fino (arcillas), con intercalaciones de capas de areniscas, esto para la mega secuencia Cenozoica de la cuenca Putumayo, para el caso de la cuenca Caguán, la presencia de la Formación Pepinos, la cual sugiere ambientes de depósito similares a los que transcurrieron en la cuenca Putumayo[3]

3.2.2.1 Unidades litoestratigráficas. La cuenca hidrográfica del río Hacha, presenta una amplia variedad en cuanto a edades se refiere, teniendo en cuenta que la parte basal corresponde a edades Proterozoicas, la parte media al Mesozoico (cretácicas) y la parte superior Cenozoicas (Paleógeno y Neógeno), cubiertas por unidades cuaternarias. Estas unidades son de origen metamórfico, sedimentario y depósitos inconsolidados, las rocas metamórficas están representadas por el Macizo de Garzón, las rocas sedimentarias están representadas por las Formaciones Pepino, Orito (Orteguaza), Caballos y Villeta (Figura 40).

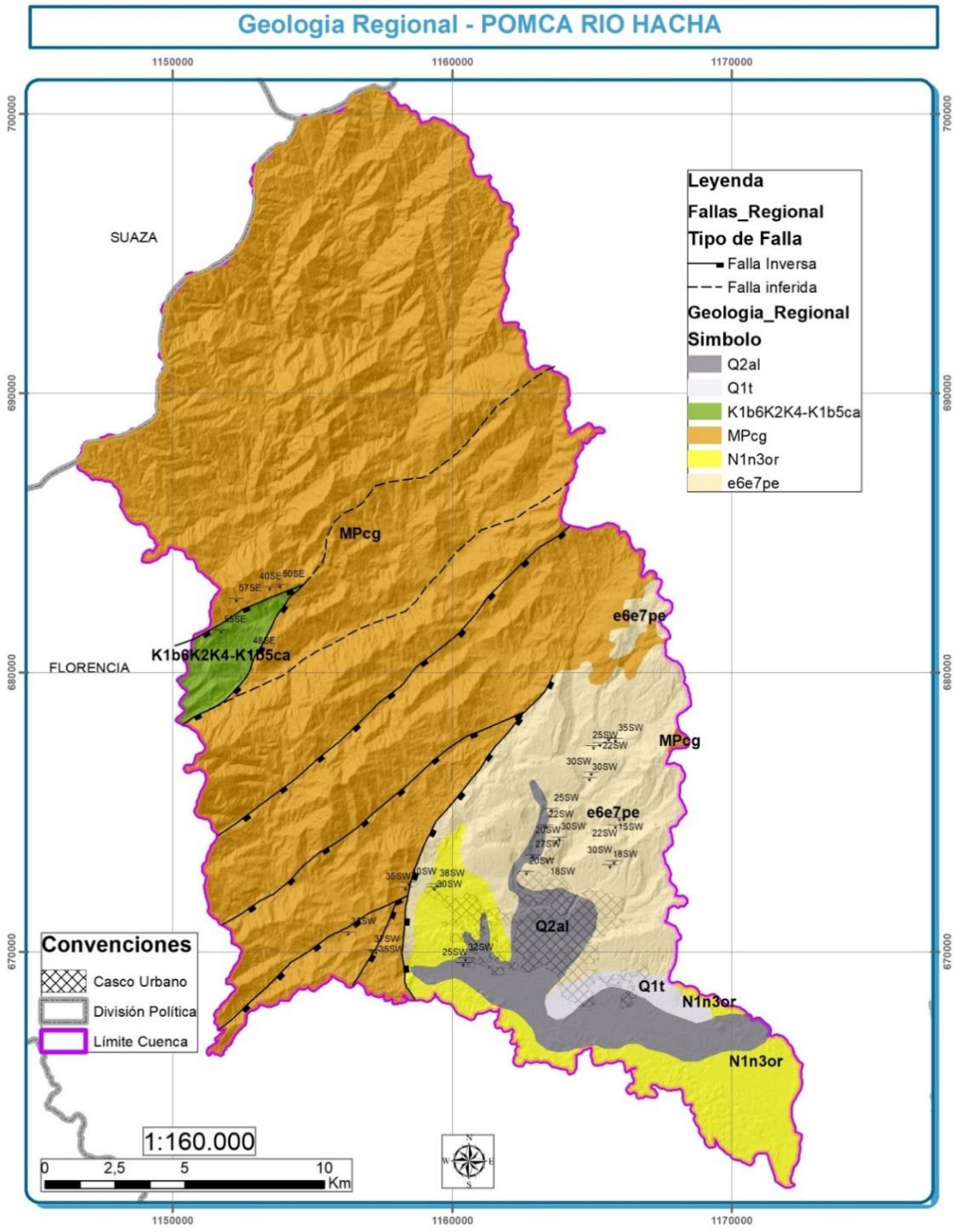
- Neoproterozoico

– Macizo de Garzón (Mpgc). El complejo metamórfico de Garzón corresponde a un cuerpo alargado en dirección NNE-SSW, localizando en la parte basal de la cordillera oriental con una cobertura sobre los departamentos de Huila, Caquetá y Putumayo. El Macizo de Garzón constituye el mayor afloramiento de rocas precámbricas en la Cordillera de Los Andes, las cuales han sufrido metamorfismo de alto grado, y alcanzaron las facies almandino - anfibolita y granulita según la clasificación de Winkler (1967). De acuerdo con las dataciones radiométricas reportadas por Priem et al. (1989), Álvarez & Linares (1984) y Álvarez (1981), los eventos orogénicos ocurrieron desde hace 1.600, 1.200 y 900 Ma, y estarían relacionados con los eventos Parguaza, Nickeriano y Carniano del Proterozoico (Murcia, 2002).

En la cuenca hidrográfica del río Hacha, la unidad geológica denominada Macizo Garzón, ocupa un 80 % del área hacia la parte norte y centro, está constituida por migmatitas (ver Fotografía 2 y Fotografía 3) que son rocas del alto grado de metamorfismo, las cuales presentan alternancias de rocas cuarzo feldespáticas con rocas máficas, peliticas y calcáreas posiblemente de origen sedimentario que sobre impone un bandeo migmatitico puesto que se es posible observar franjas centimetricas de melanosomas y leucosomas.

[3] Ibid., p 64

Figura 40. Geología regional con fines de ordenación de la cuenca hidrográfica del río Hacha



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Fotografía 2. Migmatitas del Complejo Garzón, vereda Tarqui, carretera antigua Florencia - Resina N: 6998801 E: 155427 foto (CDG001)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Fotografía 3. Rocas del complejo de Garzón, sector Berlín, N: 682857, E: 1157241 carretera nueva a Neiva (Foto CDG023).

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

De acuerdo a Priem et al., (1989) [4]: por dataciones radiométricas diferenciaron tres eventos metamórficos en el Macizo de Garzón, uno de 1,6 Ga., representado por los Neises de Guapotón, que corresponderían al basamento del Grupo Garzón, otro de 1,2 Ga. representado por el Grupo Garzón y un evento intrusivo caracterizado por la presencia de pegmatitas de 850 Ma. De acuerdo a dataciones radiométricas conocidas Velandia et al., (2001b; en Núñez, 2003) afirma que las rocas que conforman el Complejo Garzón y otras unidades del Macizo de Garzón, en el Departamento del Huila, fueron originadas y posteriormente metamorfizadas durante el Proterozoico.

- Mesozoico

– Formación Caballos (K1b5ca). La formación caballos hace parte de la cobertura sedimentaria que enmarca un periodo de depósito sobre el macizo de Garzón, siendo la interacción entre estas unidades de tipo discordante de bajo grado menos a 10°. El termino original se atribuye MacArthur (1938; en Flórez & Carrillo, 1994) para referirse a las areniscas superiores de la base del Cretácico en el Cerro Caballos, cerca de Ortega (Tolima).

Grosse (1935) diferenció en la cuenca alta del río Caquetá una unidad que denominó “Piso de areniscas blancas”. McGirk (1949; en Núñez, 2003) utilizó para ésta el término Formación Caballos. Olsson (1956) también describió esta sucesión al sur de la Sierra de Churumbelo, al este de Mocoa. Grosse (1935) diferenció en la cuenca alta del río Caquetá una unidad que denominó “Piso de areniscas blancas” (SGC, 2015).

La formación Caballos en la cuenca hidrográfica del río Hacha está constituida por capas medias a gruesas de arenitas cuarzosas de grano fino a grueso, color blanco a gris marrón, con laminación interna plano paralela localmente conglomeráticas, se observa en la vía nueva que comunica a Neiva, en la vereda las brisas. (Fotografía 4).

Edad[5]: Mora et al., (1998) indican que la edad de la Formación Caballos, con base en análisis palinológicos es Albano tardío a Cenomaniano. Sin embargo, en la plancha 143 –Florencia se hace un análisis de palinomorfos encontrando taxones de esporas, polen y algas datados como del Cretácico superior.

[4] Citado por el Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2015). Memoria explicativa de la plancha 413 escala 1:100.000, grupo sur zona A y zona B.

[5] Ibid.

Fotografía 4. Capas medias a gruesas de arenisca cuarzosas de color blanco de la Formación Caballos localizadas en la vía nueva a Neiva, vereda las brisas N: 682512 E: 826518 (Foto 2126).

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016.

- Formación Villeta (K1b6k2k4). La introducción del término Formación Villeta, en la Cuenca del Putumayo, se debe a Miley y McGirk (1948) y McGirk (1949; en Núñez, 2003). Este mismo autor señala además que tal como se hizo para la Formación Caballos, no es recomendable utilizar el término de Formación Villeta en la Cuenca del Putumayo, debido a que no se tienen criterios suficientes para extenderlo desde el Valle Superior del Magdalena (SGC, 2015).

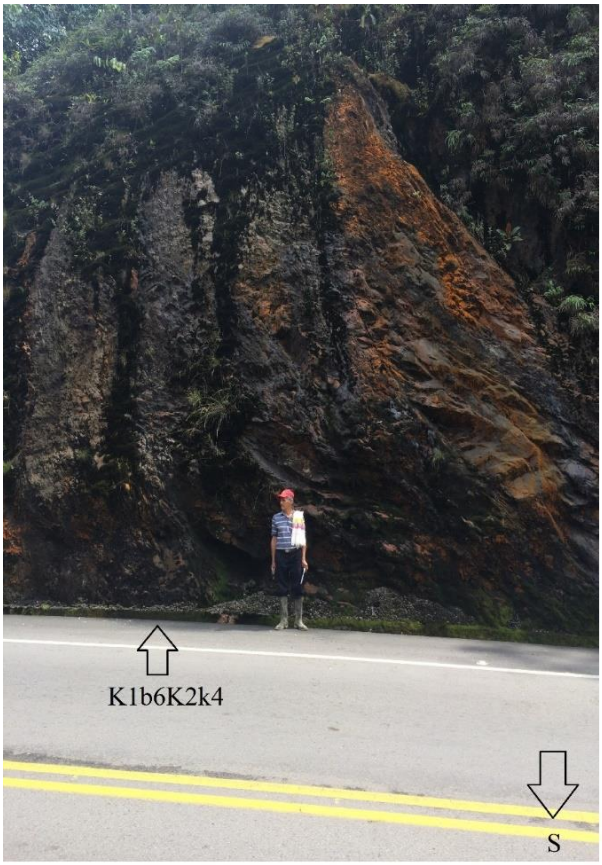
  La Formación se observa en forma de cuya en la parte occidental de la cuenca del río Hacha afectada por las fallas Santa Helena y Travesías, esta unidad se conforma de arcillolitas interestratificadas con shales negros en contacto neto y en algunos casos interestratificados con rocas de la Formación Caballos con intercalaciones de arcillolitas grises. Se puede observar sobre la vía nueva Florencia - Neiva a la altura de la vereda Brisas (Fotografía 5).

Edad [6]: Núñez (2003) señala que a través del análisis de palinomorfos se le asigna a esta unidad una edad Cenomaniano-Santoniano, Mora et al., (1998) establecen

[6] citado por el Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2015). Memoria explicativa de la plancha 413 escala 1:100.000, grupo sur zona A y zona B.

para las formaciones Masaya e Iglesias (correlacionables con la Formación Villeta) el mismo rango de edad mencionado.

Fotografía 5. Afloramiento de la Formación Villeta, vía entre Florencia- Suaza (Huila) sector las brisas.



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- Cenozoico

– Formación Pepinos (e6e7pe)[7]. La Formación Pepino fue definida por Saville, 1943 y Miley & McGirk (1948; en Rodríguez *et al.,* 2003), cerca de la Inspección de policía de Pepino en el Municipio de Mocoa. De acuerdo con Núñez (2003) está dividida en tres miembros: miembro inferior formado conglomerados con guijos y gránulos de cuarzo, miembro medio constituido de lodolitas con intercalaciones de capas delgadas de arenitas, el segmento superior está conformado por conglomerados con clastos de sublitoarenitas esporádicamente impregnadas de hidrocarburos.

[7] Ibid.

La Formación pepinos se encuentra localizada sobre la zona centro oriente de la cuenca hidrográfica del río Hacha ubicando el casco urbano de la ciudad de Florencia sobre dicha formación; el miembro superior es quien genera geoformas escarpadas claramente evidenciadas en la ciudad de Florencia, siendo este miembro el más constante en cuanto a sus características faciales como geomorfológicas. En términos generales la formación Pepinos se encuentra asociada ambientes de depósito de esta unidad se interpreta como depósitos de flujos de detritos, barras longitudinales o rezagos de canal, a partir de flujos de alta energía o abanicos aluviales (SGC, 2015).

Miembro inferior. conformado por capas muy gruesas a medianas, subtabulares de sublitoarenitas de grano grueso y medio, localmente conglomeráticas (Fotografía 6) con guijos y gránulos de cuarzo, chert gris y feldespato potásico (Núñez, 2003)[8]

- ✓ **Miembro medio.** Consiste de lodolitas grises con laminación plana paralela, frecuentes niveles bioturbados, restos carbonosos y costras de oxidación con intercalaciones de capas delgadas a muy gruesas de arenitas (sublitoarenitas y litoarenitas) de grano medio a grueso localmente con gránulos y guijos de chert gris y negro[9].

- ✓ **Miembro superior.** El segmento superior corresponde a un paquete de capas gruesas de conglomerados, sublitoarenitas y cuarzo arenitas, esporádicamente impregnadas por hidrocarburo; localmente con lentes de lodolitas gris oscuras[10].

Edad[11]: Geoestudios (1993a; en Núñez, 2003) señala que la edad de la unidad con base en palinomorfos es Eoceno-Oligoceno. Mora *et al.,* (1998) en base en palinomorfos establece una edad Eoceno tardío para la parte inferior de la unidad.

[8] Núñez 2003, citado por el Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2015). Memoria explicativa de la plancha 413 escala 1:100.000, grupo sur zona A y zona B.

[9] Ibid., p79

[10] citado por el Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2015). Memoria explicativa de la plancha 413 escala 1:100.000, grupo sur zona A y zona B.

[11] Ibid.

Fotografía 6. Miembro inferior de la Formación Pepino, vereda alto mirador N: 673320, E: 833488, (Foto 2136).

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

– Grupo Orito (Formación Orteguaza) (N1n3or)[12]. El Grupo Orito fue definido por Miley & McGirk (1948; en Núñez, 2003), al norte y oriente de la población de Orito, el cual cubre la mayor parte de la Llanura Amazónica (Rodríguez et al., 2003) y es conformado por las formaciones Orteguaza y Orito - Belén McGirk (1949; en Núñez, 2003).

En la cuenca Hidrográfica del río Hacha el Grupo Orito aflora al sur-oriente de la cuenca, está conformada principalmente por lodolitas con intercalaciones de capas delgadas, a veces gruesas de limolitas arenosas masivas de color gris claro verdoso (Fotografía 7).

Edad[13]: Las asociaciones fosilíferas del Grupo Orito corresponden al intervalo Oligoceno - Mioceno Medio McGirk (1949; en Núñez, 2003). En el área cercana al Municipio de Orito las unidades correspondientes a la secuencia que se considera como Grupo Orito tienen una edad que va del Oligoceno Medio al Plioceno. Higley (2001), con base en la información de diversos autores, incluye el Grupo Orito en el Oligoceno y la parte inferior del Mioceno. En la plancha 413 - Florencia el análisis de palinomorfos se determinaron taxones representativos de polen y esporas que determinan una edad Mioceno Temprano.

[12] Ibid.
[13] citado por el Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2015). Memoria explicativa de la plancha 413 escala 1:100.000, grupo sur zona A y zona B.

Fotografía 7. Limolitas arenosas, N: 667222, E: 1170158, vereda La Astilla carretera hacia San Vicente del Caguan, foto (CDG063).

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- Cuaternario

– Depósitos Cuaternarios (Q2al). Corresponden a los depósitos aluviales producto de la sedimentación constante o sedimentación repentina del río Hacha, se encuentran localizados en la parte baja de la cuenca (Fotografía 8). Están conformados por gravas en una matriz areno limosa, de color pardo a gris.

Fotografía 8. Depósitos aluviales del Rio Hacha, sector aeropuerto.

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.2.3 Geología Regional Estructural

Los andes del norte de Suramérica se produjeron principalmente a raíz de diversos movimientos tectónicos complejos desarrollados desde el Mesozoico, Cenozoico y parte del cuaternario (Noble et al, 1996)[14], estos movimientos pueden ser explicados si se tiene en cuenta a los andes como un bloque que sufre un movimiento noreste con respecto a la placa Suramericana, generando de esta manera un estilo estructural de tipo compresivo representado en un sistema de fallas de inverso-transcurrente de alto grado, a este sistema de fallas se le conoce como el sistemas de fallas del Borde Amazónico (IGAC, 2014); de igual manera dicho estilo estructural de tipo compresivo, permite la exhumación de la cordillera oriental, generando de esta manera un sistema de cuencas sedimentarias de tipo ante país (Forelad), la cual presenta una complejidad estructural puesto que el sistema estructural ha sufrido cambios a través del tiempo, con una configuración estructural basada principalmente en la acción de un sistema de fallas regionales (sistema de fallas del Borde Amazónico), de igual manera sobre la parte media y alta de la cuenca, se presenta una serie de fallas menores correspondientes a ramificaciones del sistema de fallas de Borde Amazónico o Guaycaramo como se conoce en el pie de monte llanero.

Estas ramificaciones menores, afectan principalmente la cuenca hidrográfica con una orientación preferencial SW-NE con un movimiento en buzamiento, dando de esta manera y de forma generalizada un sistema de fallas inversas que permite la exhumación del basamento en superficie de manera uniforme en gran parte de la cuenca, de igual manera permite el contacto entre rocas del basamento con rocas superficiales desde el punto de vista estratigráfico; así mismo, dicha configuración estructural (Ver Figura 41) se presenta de manera generalizada y uniforme sobre la cuenca sedimentaria Putumayo, cuenca de mayor orden a la que pertenece la cuenca hidrográfica del Rio Hacha.

3.2.3.1 Fallas. Se observa un sistema de fallas regionales con vergencia la este y dirección NE-SE NNE-SSW, las fallas son inversas con un alto ángulo de despegue en el zócalo metamórfico del Macizo de Garzón[15]. La más relevante es la Falla de Florencia que coloca el basamento precámbrico sobre las formaciones cretáceas.

- Falla de Florencia. Hace partede la configuración de las Fallas del Borde Amazónico, esta estructura esta al W de Florencia extendiéndose al sur hacia San

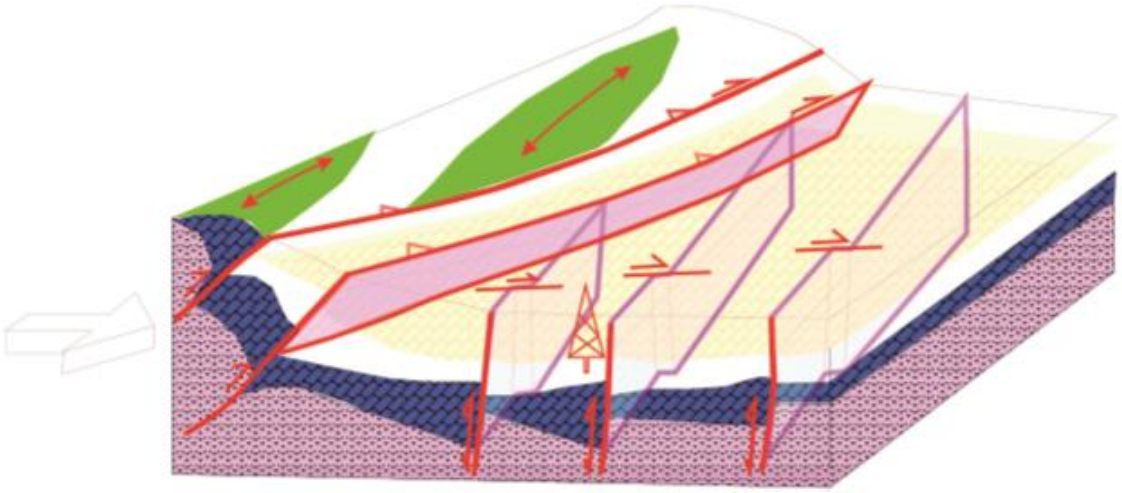
[14] Noble et al, 1996, Citado por UPTC (2009). Cartografía geológica de 51267.45km^2, en la cuenca Caguán. Putumayo a partir de sensores remotos a escala 1:100.000.

[15] Citado por el Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2015). Memoria explicativa de la plancha 413 escala 1:100.000, grupo sur zona A y zona B.

José de Fragua y al norte continua dentro del bloque de la Cordillera, entre Florencia y morales pone en contacto el complejo Garzón con la Formación Pepino (Orteguaza). La Falla Florencia tiene una dirección N30-40E y N10-30E y a la altura de Florencia adquiere una dirección próxima N-S.

- Sistemas de Falla del Borde Amazónico. Según Ingeominas[16] el nombre sistema de Falla del Borde Amazónico se le da a un grupo de fallas de cabalgamiento con dirección principal N45-60E y vergencia este que van desde Morelia hasta el extremo sur este de la plancha 413 –Florencia. Estas fallas afectan las rocas sedimentarias desde la formación caballos hasta la formación pepino.

Figura 41. Diagrama esquemático de configuración estructural generalizada de la cuenca Putumayo, donde se muestra un estilo estructural compresivo.



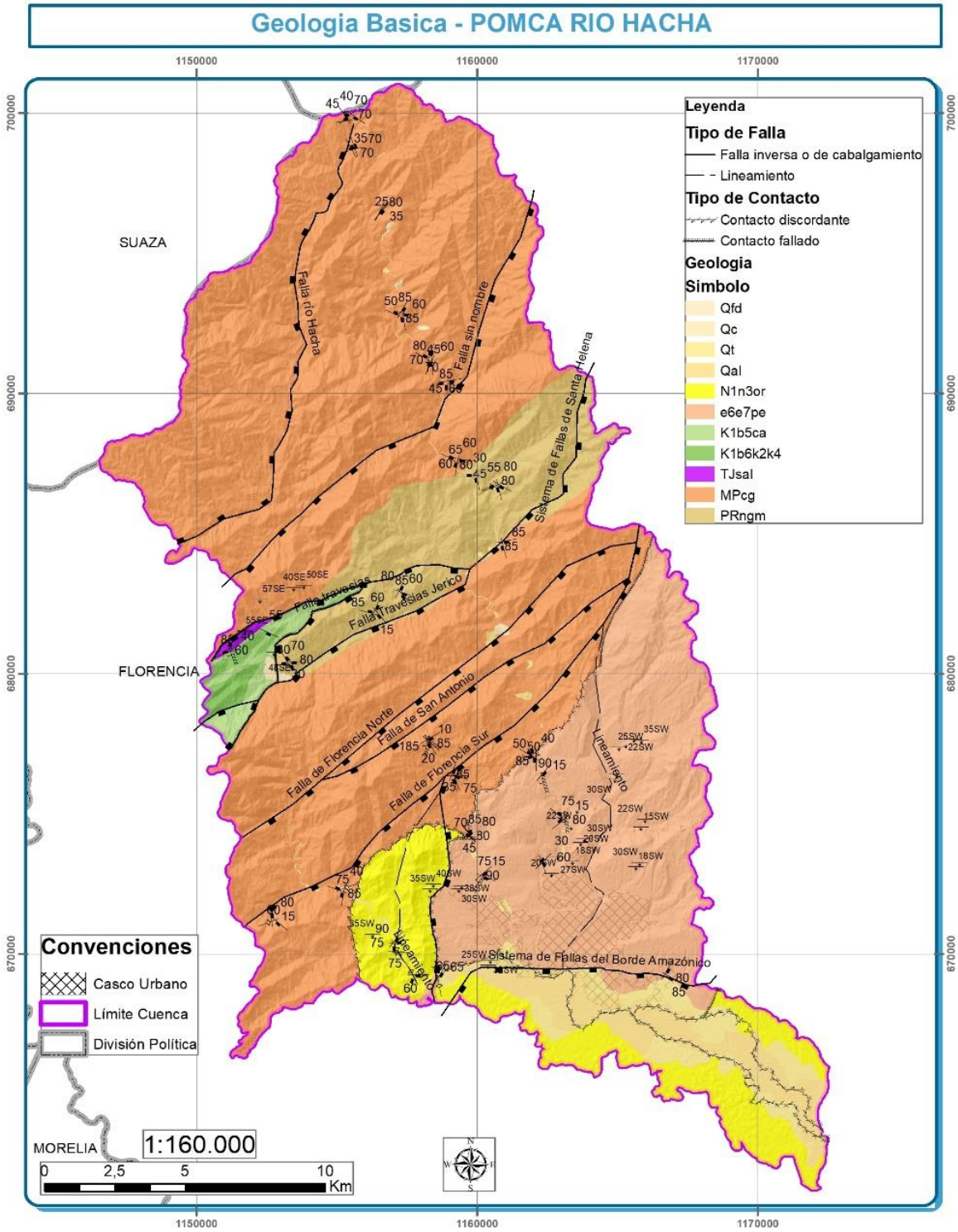
Fuente: ANH, 2011. Petroleum geology of Colombia, modificado de Rossero et al. 2006

3.2.4 Geología básica para cuencas.

La geología aflorante en la cuenca hidrográfica del rio Hacha presenta una variedad litológica, la cual empieza en edades Precámbricas hasta Neógenas, y cuaternarias, la recopilación bibliográfica, la interpretación de sensores remotos y revisión del componente geológico del POMCA, permitieron realizar una zonificación de las áreas y plasmarla en la cartografía IGAC. Se identificaron las unidades litoestratigráficas Macizo de Garzón, Formación Pepino, Formación Orito (orteguaza), Depósitos Cuaternarios (terrazas, plano de inundación, coluviones). En la cuenca del río Hacha se unifico la Formación Caballos y Villeta ya que macroscópicamente en campo no se lograron diferenciar (Ver Figura 42).

[16] citado por el Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2015). Memoria explicativa de la plancha 413 escala 1:100.000, grupo sur zona A y zona B.

Figura 42. Mapa geología básica para cuencas



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.2.4.1 Neoproterozoico.

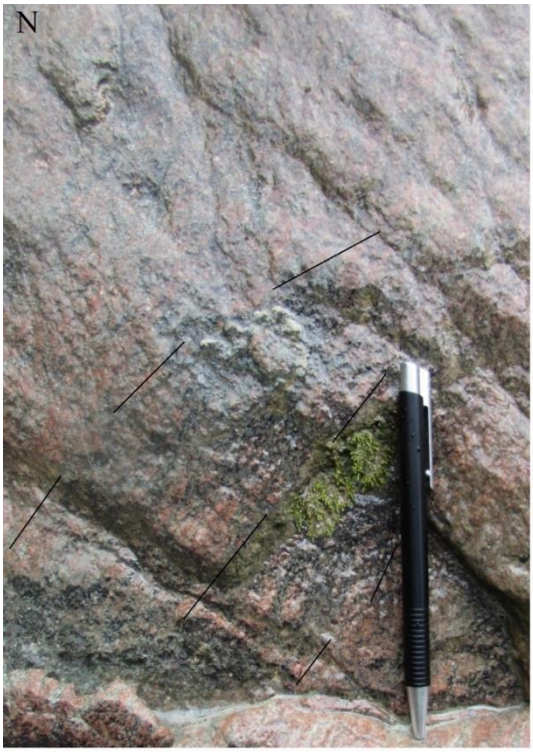
- Macizo de Garzón (Mpgc) - Migmatitas de Florencia Prmfl. Localmente el complejo de Garzón representa la parte basal de la secuencia estratigráfica de la cuenca del río Hacha, ocupa un área aproximada de 33.412,01 hectáreas, hacia la parte norte y centro de la cuenca, compuesta por migmatitas junto con neises cuarzo feldespáticos y anfibolitas sobre estas se observan sienitas y rocas pegmatitas compuestas por feldespato potásico con bandas de minerales máficos. Esta alternancia de migmatitas con neis y anfibolitas permite inferir condiciones de presión y temperatura elevada en el momento de su formación, puesto que dicho tipo de rocas corresponden a rocas de grados medio a alto de metamorfismo.

Las migmatitas presentan sectores claros (leucosomas) con la apariencia de roca intrusiva y partes oscuras (melanosomas) que presentan características de rocas metamórficas (Fotografía 9 y Fotografía 10). En la quebrada la yuca se observa una mezcla de melanosomas y leucosomas que forman, juntas una estructura agmática y diktyonítica. Las Migmatitas de Florencia forman un cuerpo alargado dentro del Macizo de Garzón en dirección NNE-SSW. Esta unidad está conformada por intercalaciones de melanosoma y leucosoma, que forman, en conjunto de estructuras migmatíticas como estromática, surreítica, El leucosoma y el melanosoma se disponen como bandas, láminas y zonas oscuras y claras intercaladas, las partes oscuras corresponden a granulitas máfica, anfibolitas, rocas calcosilicatadas y ocasionalmente granulitas ultramáficas, mientras las partes claras corresponden a granofels, neises, granulitas y cuarzofeldespáticas.

Fotografía 9. Apariencia de roca intrusiva de las migamtitas por la presencia de, leucosomas vereda Tarqui, N: 698793, E: 821851 (Foto 2107).

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016.

Fotografía 10. Identificación de melanosomas y leucosomas sobre rocas del complejo de Garzón, sector Tarqui, N: 696511, E: 823075 (Foto2122)

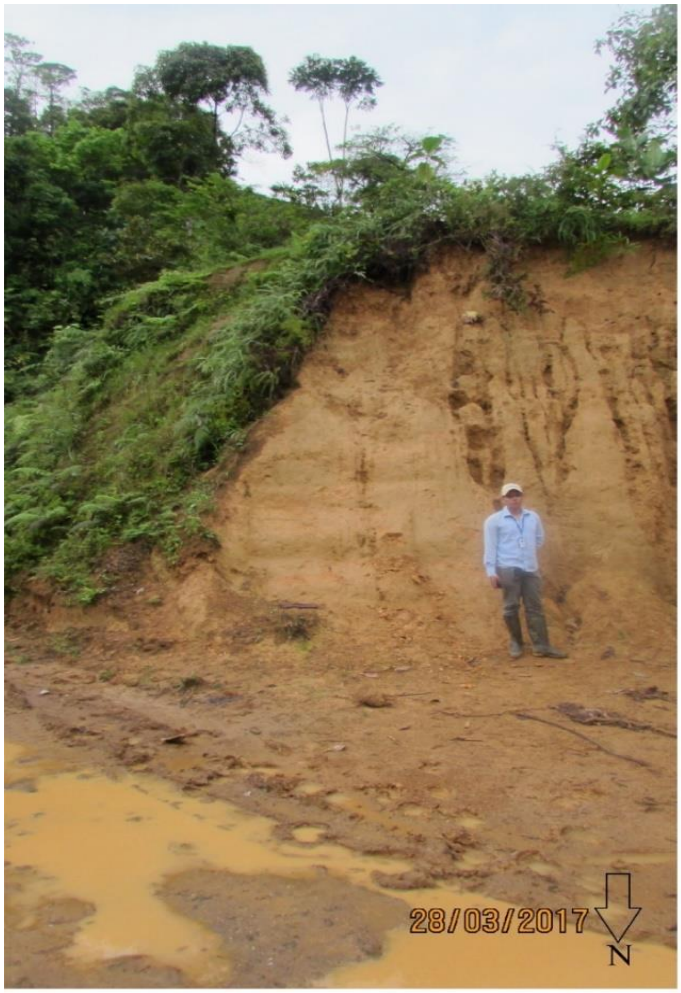


Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- El Neis de Guapotón - Mancagua: Está constituido por una roca característica de color rojo y rosado moteada de negro; fanerítica de grano medio a grueso, con estructura augen néisica y texturas granoblástica y granolepidoblástica; presenta estructuras migmatíticas incipientes. se encuentran sectores de rocas con estructura augen, de tonos rojizos, rosados, blancuzco y verdoso, y rocas con textura granoblástica a granular de color rojo intenso, con algunas laminillas de biotita y anfíbol (hornblenda), generalmente orientadas, que indican la foliación metamórfica

El macizo de Garzón presenta afectaciones físicas debido a la fuerte acción tectónica que tiene la cuenca por la presencia del sistema de fallas del borde amazónico, también hay afectaciones de tipo químico puesto que las condiciones climáticas de la cuenca generan una meteorización química, de forma que los silicatos que componen la roca generan minerales neoformados representados por minerales arcillosos de tipo caolín (Ver Fotografía 11).

Fotografía 11. Meteorizacion química sobre el Complejo de Garzón, espesores métricos de materiales de tipo arcilloso, sector Alto Bonito, N670997, E817941 (Foto 2141).



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

El perfil de meteorización desarrollado por el Macizo de Garzón basados en Dearmean 1976, tiene aproximadamente 15 m de espesor a partir del nivel III, se observan los horizontes I, II, III, IV, V y VI (Tabla 35).

La geomorforma de las rocas del Macizo de Garzón se encuentra enmarcada por un relieve de pendientes elevadas, algunos desarrollos de facetas triangules a causa de acción tectónica, escarpes de falla, silletas de falla y valles pronunciados (Fotografía 12).

Tabla 35. Perfil de meteorización Macizo garzón en la cuenca del río Hacha.

Horizontes	
	VI- arcillas limosas, de consistencia blanda densidad suelta.
	V- textura limosa arenosa
	IV- roca altamente meteorizada, con fragmentos de roca 20%
	III- roca meteorizada
	II-Roca levemente meteorizada
	I -Roca fresa

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Fotografía 12. Geomorfología enmarcada por una acción tectónica sobre el Macizo de Garzón, sector la Carbona, N678817, E826233 (Foto 2140)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.2.4.2 Mesozoico

- Formación Caballos (K1b5ca). Las rocas de la formación caballos se encuentran localizadas en la zona centro occidente de la cuenca, en forma de cuña, con una área de 570,20 Hectáreas, presenta una tendencia general en rumbo NE y una dirección de buzamiento principalmente hacia el SE, esta unidad está limitada al occidente con la cuenca del río Bodoquero (Morelia), estratificada en capas medias a gruesas subtabulares con contactos ondulados, laminación plano paralela, conformada principalmente por cuarzo areniscas de grano fino a medio (Fotografía 13), buena selección de granos y una madurez textural y composicional alta. Esta unidad genera geoformas de pendientes suaves (Ver Fotografía 14).)

La formación Caballos presenta en su estructura estratificaciones con cintas de carbón que indican un ambiente transicional continental a marino con predominancia en aporte continental (Fotografía 15), este ambiente transicional sugiere la no existencia de barreras estructurales (cordilleras), puesto que para la época y según los estudios realizados por el SGC[17] habría un libre tránsito de mareas hasta este sector del territorio.

[17] Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2015). Memoria explicativa de la plancha 413 escala 1:100.000, grupo sur zona A y zona B.

Fotografía 13. Composición mineralógica predominante de la Formación Caballos.

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Fotografía 14. Geoformas de la Formación Caballos, sector las brisas, N: 680869, E: 817311 (Foto 2128)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Fotografía 15. Estratificaciones de cintas de carbón con estratos de la Formación Caballos, sector las Brisas, N: 680869, E: 817311 (Foto 2126)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

La formación caballos en la cuenca de río Hacha expone un perfil de meteorización limitado a los horizontes II, V y VI (Tabla 36).

Tabla 36. Perfil de meteorización formación caballos en la cuenca del río Hacha.

Horizontes	
	VI- Suelo areno limoso, de color naranja amarillo oscuro.
	V- Arenas limosas con estructuras heredadas
	II- Roca arenisca cuarzosa levemente meteorizada, fracturada.

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

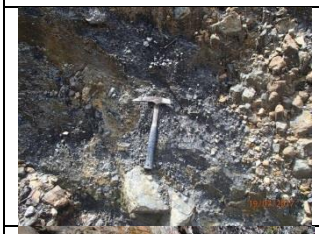
- **Formación Villeta (K1b6k2k4).** La formación Villeta se encuentra en la cuenca hidrografía del río Hacha en la zona centro occidente con una extensión aproximada de 318,58 hectáreas, en forma de cuña, en contactos interdigitados con la formación Caballos. La formación Villeta se observa en capas delgadas con laminación plano-paralela de arcillolitas y shales negros (Fotografía 16), altamente fracturadas, intercaladas con paquetes espesos de capas delgadas a medias de areniscas cuarzosas de grano grueso con laminación ondulosa y limolitas silíceas.

La formación Villeta en la cuenca tiene poca exposición de perfil de meteorización solo se observa los niveles II y III que corresponden a roca débilmente descompuesta y roca moderadamente descompuesta (Tabla 37).

Fotografía 16. Capas delgadas de arcillolitas y shales negros de la Formación Villeta, N: 680838 E: 1151177, vía nueva Florencia -Neiva a la altura de la vereda Brisas, foto (CDG019).

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Tabla 37. Perfil de meteorización formación villetas en la cuenca del río Hacha.

Horizontes	
	III- Roca moderadamente descompuesta, de arcillolitas y shales negros
	II- Roca débilmente descompuesta con fracturamiento moderado.

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.2.4.3 Cenozoico

- **Formación Pepinos (e6e7pe).** La Formación Pepinos, se encuentra al sur_ oriente de la cuenca con una extensión aproximada de 9.300,48 hectáreas, la unidad se encuentra divida en tres miembros; inferior, medio y superior, marcando claramente una gradación inversa en la secuencia estratigráfica (IGAC, 2014). En

la cuenca del río Hacha los miembros que conforman la unidad están constituidos por sublitoarenitas, lodolitas y conglomerados (Fotografía 17), con una orientación en rumbo predominante en sentido NW y en buzamiento SW, a continuación, se describe cada miembro.

Fotografía 17. Afloramiento de Formación Pepinos, sector de Villa Natalia (Florencia)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- **Miembro inferior.** Conformado por capas muy gruesas a medianas, subtabulares de sublitoarenitas de grano grueso y medio, localmente conglomeráticas con guijos y gránulos de cuarzo, chert gris y feldespato potásico (Ver Fotografía 18 y Fotografía 19).

- **Miembro medio.** Consiste de lodolitas grises con laminación plana paralela, frecuentes niveles bioturbados, intercalada con capas delgadas a muy gruesas de arenitas (sublitoarenitas y litoarenitas) de grano medio a grueso localmente con gránulos y guijos de chert gris y negro (Fotografía 19).

- **Miembro superior.** Conformado por conglomerados con niveles arenosos son capas muy gruesas de color gris, clasto soportado con cemento silicio, clastos de tamaño variado entre 0,3 a 8,0 cm, subredondeados a subangulares, de chert, líticos metamórficos y cuarzo lechoso

Fotografía 18. Miembro inferior de la Formación Pepinos, quebrada la Perdiz, sector Agua Negra, N677585, E831441 (Foto 2131)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Fotografía 19. Miembro medio y superior de la Formación Pepinos, vía Florencia-Caraño, sector la Carbona. N677585, E831441 (Foto 2132)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

La formación pepino desarrolla un perfil de meteorización a partir del Horizonte III, hasta el horizonte VI, este perfil se puede observar en el talud de corte sobre la carretera al aeropuerto Gustavo Artunduaga Paredes de la ciudad de Florencia (Tabla 38).

Tabla 38. Perfil de meteorización de la Formación Pepino.

	VI - Suelo lodo arenoso, de alta densidad
	V- Lodos arenoso de consistencia alta densa muy humeda con clastos de cuarzo
	IV- Roca altamente descompuesta transiciona a suelo
	III Roca moderadamente descompuesta cubierta por detritos y suelo de la parte superior del talud.

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- **Grupo Orito (Formación Orteguaza) (N1n3or)[18].** El Grupo Orito en la Cuenca Caguán – Putumayo, ha sido dividido en dos unidades: Formación Orteguaza y Formación Orito – Belén SGC (2015). Sin embargol, en la cuenca del río Hacha estas unidades no se logran diferenciar.

Esta unidad aflora al sur de la cuenca, con una extensión aproximada 3467.43 en forma de franja irregular constituida por una sucesión de capas delgadas de arcillolitas de color marrón grisáceo y rojo claro moteadas moderadamente consolidadas (Fotografía 20), intercaladas ocasionalmente con capas delgadas de lodolitas de color gris claro y capas de areniscas de grano fino a medio, con buena selección, de forma subangular a subredondeada, inmadura. Esta unidad forma colinas de punta redondeada principalmente que sobresalen del resto de la geoforma (Fotografía 21). Los datos estructurales tomados para la Formación Orteguaza, (Grupo Orito) presentan una tendencia en rumbo NW con un buzamiento SW siguiendo la misma tendencia con respecto a la Formación Pepinos

[18] Citado por el Servicio Geologico Colombiano (SGC). (2015). Memoria explicativa de la plancha 413 escala 1:100.000, grupo sur zona A y zona B.

Fotografía 20.Grupo orito. N: 667222, E: 1170158, Vereda Capitolio carretera hacia San Vicente del Caguan, Foto (CDG063)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Fotografía 21. Geoformas de la Formación Orteguaza (Grupo Orito), vía Florencia-San Antonio de Atenas

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.2.4.4 Cuaternario. En la cuenca del río Hacha, los depósitos cuaternarios, se dividen en traslocados y transportados, los traslocados corresponden a los Coluviones (Qc) y los transportados corresponden a las terrazas (Qt), aluviales (Qal) y flujos de detritos (Qfd), estas unidades ocupan una extensión aproximada de 2.957,18 hectáreas.

- Coluviones (Qc). Los depósitos coluviones se observan en diferentes sectores de la cuenca, son matriz soportados están constituidos por clastos en una matriz limo-arenosos, los clastos son subangulares de 40 a 50 cm de diámetro (Fotografía 22), los clastos son de composición variada dependiendo de la roca origen en la estación CDG006 los clastos son de migmatitas y cerca de la estación CDG020, los clastos son de arcillolitas y arenitas.

Fotografía 22. Depósitos Coluviales matriz soportados clastos subangulares de migmatitas, A) carretera antigua Florencia - Neiva N: 695795 E: 1156853 (foto CDG006). B) carretera antigua río - quebrada sucre N: 690348 E: 1159214 (foto CDG014).

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Estos depósitos generan suelos residuales (Horizonte VI- perfil de meteorización) limo-arcilloso, de densidad suelta, muy húmedos, con estructura de grietas, presenta gravas, estos depósitos generan suelos residuales de 3m de espesor (Fotografía 23)

- Depósitos de Terraza Aluvial (Qt). Los depósitos de terraza Aluvial, se encuentran relacionados al río Hacha, son depósitos agradacionales en la base son clasto soportado, clastos subangulares de tamaño variado van desde 5cm a 30cm

de diámetro en un matriz lodo arenosa de color marrón (Fotografía 24). En la parte media y superior son lodos arenosos de color marrón con gravas.

Fotografía 23. Perfil de meteorización de los depósitos Coluviales, constituidos por suelos arenosos de color pardo a marrón, carretera nueva Florencia – Neiva, N: 683442 E: 1159304 foto (CDG031)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Fotografía 24. Depósito clasto soportado embebido en una matriz lodo arenosa. Carretera antigua Florencia – Gabinete N: 698478 E: 1156600, (Foto CDG 003).

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Este depósito desarrolla un perfil de meteorización de 3 metros donde se identifican los horizontes V y VI. El horizonte V está constituido por limos arenoso de color marrón con un 15% de clastos, y un espesor de 2,7m. El horizonte VI está conformado por limos arenosos húmedo, consistencia blanda, densidad suelta, sin estructuras heredadas (Fotografía 25).

Fotografía 25. Perfil de meteorización de los depósitos de terraza

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- Depósitos de flujo de detritos (Qfd). Esta unidad está catalogada dentro de los procesos de remoción en masa, constituida por lodo agua y detritos (Fotografía 26). Son procesos formados súbitamente y se mmovilizan directamente en las quebradas o tributarios que llegan al río Hacha en la zona se pueden observar en la parte alta (carretera antigua Florencia – Gabinete-vereda Tarqui) y occidente (vereda Tarqui, sobre la carretera antigua a Neiva) de la cuenca.

Fotografía 26. Flujo de detritos, carretera antigua Florencia – Gabinete-vereda Tarqui. N: 695795 E: 695795 (Foto CDG006)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- Depósitos Aluviales. Los depósitos aluviales se observan principalmente en la parte baja de la cuenca están constituidos hacia la base por gravas clasto soportadas, hacia el techo arena limosa de color marrón.

La Tabla 39, sintetiza de manera clara las unidades litoestratigráficas presentes en la cuenca con sus respectivas características litológicas (Anexo Capitulo 11/ Mapas/ Mapa 05).

Tabla 39. Síntesis de unidades litoestratigráficas presentes en la cuenca del río Hacha

Eón	Era	Periodo	Época	Edad	Unidad Cronoestratigrafica	Descripcion litologica
Poterozoico	Mesoproterozoico-Neoproterozoico				MPcg	Metamorficas de alto medio a alto grado
Fanerozoico	Mezosoico	Cretacico	inferior/ Temprano	Albiano	K1b5ca	Cuarzo arenitas estratificadas areniscas conglomeraticas
	Mezosoico	Cretacico	Superior/ Tardio	Cenomaniano	K1b6K2k4	Arcillolitas con shales negros en estratificacion plana paralela

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Tabla 39 (Continuación). Síntesis de unidades litoestratigráficas presentes en la cuenca del río Hacha

Eón	Era	Periodo	Época	Edad	Unidad Cronoestratigrafica	Descripcion litologica
Fanerozoico	Cenozoica	Paleogena	Eoceno	Prioboniano	e6e7pe	sucesion estratigrafica de conglomerados, areniscas y arcillolitas en parte superior
	Cenozoica	Neogeno	Mioceno	Tortoniano	N1n3or	Arcillolitas intercaladas con capas de limolitas
	Cenozoica	Cuaternario	Holoceno		Q2al	Depositos del rio Hacha

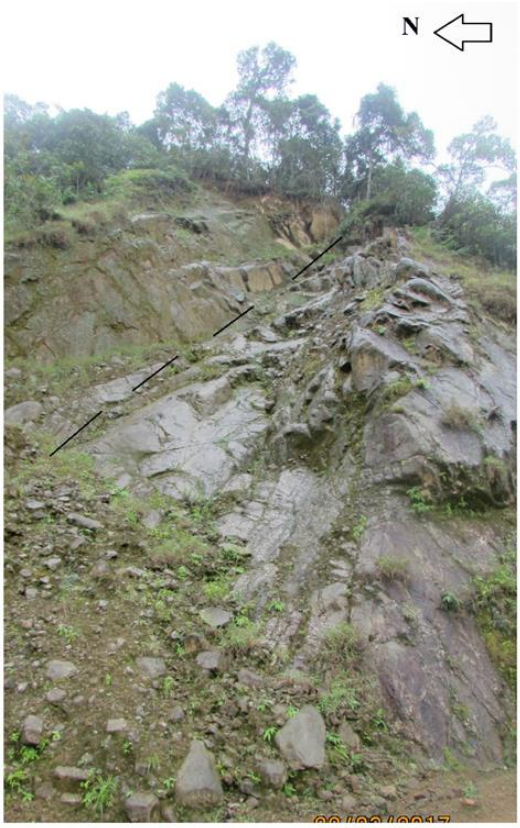
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.2.4.5 Geología Estructural Local. La configuración estructural de la cuenca hidrográfica del río Hacha se encuentra enmarcada principalmente por la presencia del sistema de fallas del Borde Amazónico (Caquetá y Putumayo) o sistema de fallas del Borde Llanero o Guaycaramos (llanos orientales de Colombia), la cual localmente se presenta como un sistema de ramificaciones de fallas regionales que tienen principalmente acción sobre la parte media a norte de la cuenca hidrografía del río Hacha (Figura 43).

Estas ramificaciones presentan la particularidad de conservar la misma génesis y estilo del sistema de fallas principal, dando de esta manera un sistema de fallas con movimiento en buzamiento de tipo inversa; este sistema de fallas inversas permite la exhumación de rocas del basamento (precámbrico) y poniéndolas en contacto con rocas de la parte superior de la secuencia sedimentaria presente en la cuenca hidrográfica del río Hacha. Esta ramificación está representada principalmente por las siguiente de fallas:

- Falla de Santa Helena. Se desprende de la Falla Las Doradas al norte de la plancha 413 - Florencia, levanta al Complejo Garzón, dando lugar a cizallamiento en los neises de este primero (Ver Fotografía 27) (SGC, 2015). En la cuenca la falla Santa Helena pone en contacto las rocas de la formación Caballos con el Macizo Garzón Es una falla inversa, tiene un trazo sinuoso, buza hacia el NW con vergencia al SE.

Fotografía 27. Trazo de falla asociado a la Falla Santa Helena que afecta al macizo de Garzón, sector de Santa helena, N: 696511, E: 823075 (Foto 2121)



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- Falla Travesías. Su nombre fue tomado de la quebrada Travesías afluente del río Hacha. Su trazo sigue el alineamiento de la quebrada que forma una depresión a lo largo de la falla. Es una falla de ángulo alto con una dirección NE – SW.

- Falla las Hermosas. Sistema de falla con una dirección N-S principalmente que permite el contacto en algunos sectores rocas del basamento (Macizo de Garzón) con rocas Cenozoicas (Formación Pepinos) localizada sobre la vía Florencia-vereda San Francisco.

- Falla las Doradas/ Falla Jericó/ Falla Florencia. Es una falla inversa y su trazo tiene una orientación NNE-SSW. Esta falla buza hacia el SE y su vergencia es al NW (Ver Fotografía 28). Levanta al Complejo Garzón sobre la Formación Saldaña y formaciones cretácicas al norte, mientras que al sur corta sólo al Complejo Garzón. Entre esta última falla y la Falla Santa Helena se desarrolla una zona triangular (triangular zone) (SGC, 2015).

Fotografía 28. Trazo de falla las doradas, pone en contacto rocas del Macizo de Garzón con Formación Caballos.

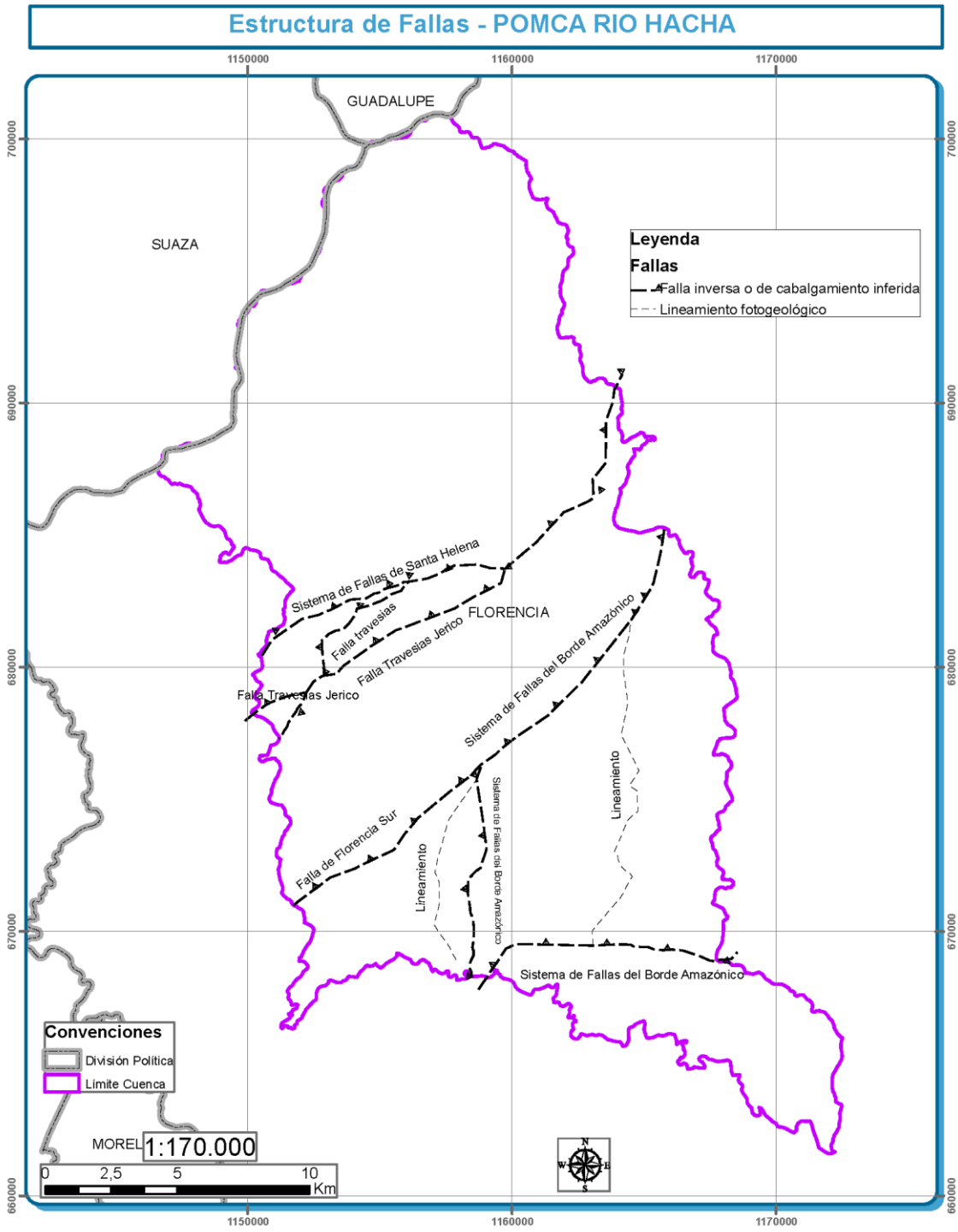
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- Sistema de Fallas del Borde Amazonico. Nombre que agrupa un conjunto de fallas de cabalgamiento presente en la plancha 413, desde morelia hasta el SE de la plancha (SGC, 2015). Estas fallas en la cuenca del río Hacha afectan las rocas sedimentarias de la Formacion Pepino y Orito (orteguaza), con una tendencia N45E (Fotografía 29).

Fotografía 29. Fallas del borde amazónico afectando las rocas sedimentarias de la formación Pepino, Florencia N: 668601 1168275, Foto (CDG064)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Figura 43. Fallas que afectan la cuenca del río Hacha



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.2.5 Geología Económica

Los ambientes geológicos de la cuenca hidrográfica del rio Hacha, permiten realizar un aprovechamiento económico sobre rocas precámbricas y cenozoicas, principalmente en rocas asociadas al macizo de Garzón que por su composición mineralógica proporciona minerales que pueden representar algún interés económico, tal es el caso de minerales silicatos (tectosilicatos y filosilicatos); en rocas Cenozoicas, principalmente en rocas de la Formación Pepinos, la cual facilita la explotación de materiales de construcción debido a su composición terrígena principalmente. las rocas Cretácicas de la cuenca hidrográfica podrían significar de gran interés por la industria de hidrocarburos puesto que su ambiente de depósito sugiere ambientes transicionales con buen aporte marino, lo que podría significar un importante desarrollo sistema petrolero, sin embargo, en esta zona del país, estas secuencias no han sido analizadas como seguramente lo han sido en zonas como valle superior y medio del Magdalena, donde de igual manera esta secuencia aflora.

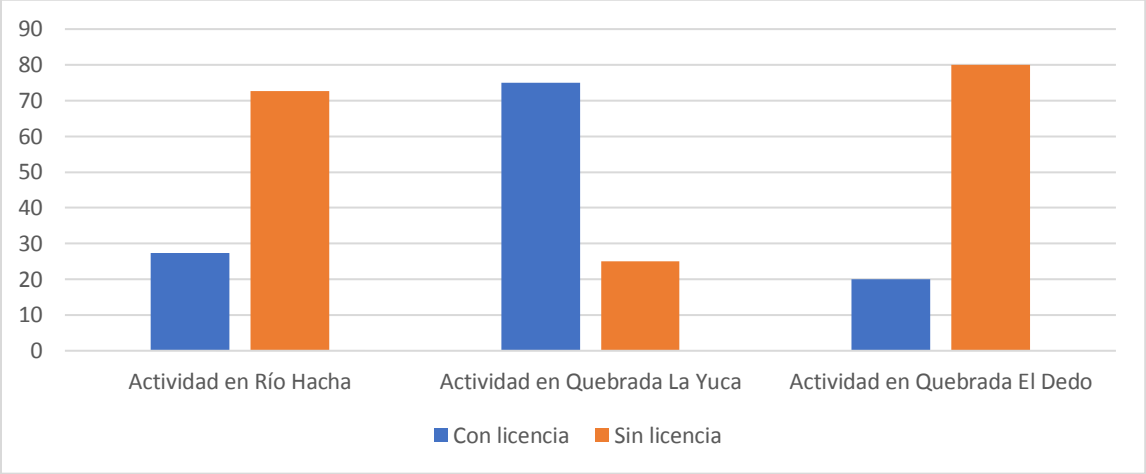
Actualmente la cuenca hidrográfica del río Hacha presenta intervención minera con un aprovechamiento principalmente sobre rocas Precámbricas (Macizo de Garzón); que por su composición mineralógica permite un aprovechamiento de minerales feldespáticos presentes en los leucosomas de las migmatitas de Florencia; Cenozoicas en la Formación Pepinos que sugieren un ambiente de depósito continental principalmente en barras de canal en zonas transicionales pero con una fuerte influencia continental, lo que permite tener un aprovechamiento sobre el material terrígeno presente en los tres miembros que se sugieren para la Formación Pepinos.

La actividad minera desarrollada es de aprovechamiento de materiales de construcción según lo reporta la Secretaria de Ambiente y Desarrollo Rural del gobierno municipal en conjunto con CORPOAMAZONIA, dichas intervenciones se realizan principalmente sobre los afluentes del río Hacha, quebrada La Yuca y quebrada El Dedo (Ver Anexo 7). Estas intervenciones tienen la particularidad que la mayoría no presenta la reglamentación adecuada, dando como resultado un aprovechamiento ilegal de los recursos naturales de la cuenca del río Hacha.

La explotación de este tipo de materiales sobre la cuenca del río Hacha se convierte en la actividad minera de preferencia, puesto que geológicamente se encuentran rocas con características de depósito aptas para la acumulación de materiales terrígenos apropiados para la construcción, tal intervención se hace preferiblemente sobre los cauces del río Hacha, quebrada La Yuca y quebrada El Dedo, las cuales realizan un lavado sobre la cuenca hidrográfica en rocas de la Formación Pepinos, la que composicionalmente se encuentra conformada por materiales terrígenos, como Cuarzo variedad Chert, fragmentos líticos (ígneos y metamórficos) y arcillas.

En la Gráfica 32, se reflejan las proporciones de actividad minera legal vs ilegal, evidenciando la tendencia de la ilegalidad que persiste en cada una de las intervenciones que se realizan sobre estos cauces, por supuesto cabe resaltar que dichas intervenciones al encontrarse en estado de ilegales no cuentan con ningún tipo de regulación ambiental, siendo la principal actividad de extracción el dragado de cauces, el cual de no realizarse de manera controlada puede ocasionar afectaciones ambientales posteriores.

Gráfica 32. Proporción de legalidad Vs ilegalidad de actividad minería de material de arrastre en la cuenca del rio Hacha



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.2.6 Geología para ingeniería

El objeto de la geología para ingeniería es definir el conjunto o unidades de materiales superficiales (rocas y suelos (depósitos) junto con sus rasgos estructurales y caracterizar su comportamiento geomecánico mediante estimaciones de propiedades índices (resultados de laboratorio) o a través de correlaciones de parámetros comparativos. Esta clasificación es muy útil en la estimación y el acondicionamiento del suelo en el ordenamiento territorial y es una herramienta útil para la evaluación de amenazas por remoción en masa.

3.2.6.1 Metodología. La Identificación de unidades geológicas superficiales (UGS), se realizó de mediante la metodología sugerida por la guía técnica para formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas[19] que corresponde a: IAEG (1981) y Montero, Gonzáles, Ángel (1982). En este sentido, para la identificación de las UGS, se siguieron unas etapas o fases las cuales se describen continuación (Ver Anexo 5-2):

[19] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2014). Guía técnica para formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas - POMCAS

- Fase de Planificación. Para poder iniciar con la fase de planificación, se tomó la recopilación bibliográfica consultada y la geológica básica obtenida para la cuenca escala 25K, se realizó una fotointerpretación (Ver Anexo Salida cartográfica fotogeología para UGS) de las unidades posibles de roca y suelo dependiendo de su génesis y relieve e identificación de procesos morfodinámicos. Basados en la información anteriormente mencionada se planificaron varios recorridos o transectos, para ser realizados en la etapa de campo donde se levantaron puntos de control o estaciones de campo y se obtuvo la salida cartográfica cualitativa de los materiales superficiales (Anexos Capitulo 11/ Mapas/ Mapa 06).

- Fase de campo. Para la caracterización de las unidades geológicas de superficie se ejecutó un programa de exploración directa sobre los materiales superficiales aflorantes, donde se identificaron los espesores de los horizontes constitutivos del sitio, tomando muestras inalteradas para determinar las propiedades geomecánicas de cada unidad. Los puntos de control y muestreo se ubicaron teniendo en cuenta los siguientes criterios (Ver Figura 44):

  - Pefil de Meteorización.
  - Acceso a la zona para tomar adecuadamente las muestras.
  - Que el afloramiento presente los suficientes datos.
  - Suelo residual.
  - Roca origen.
  - Zonas afectadas por procesos de remoción en masa.

1. La selección de puntos para verificación de campo se hizo atraves de la información generada de la fotointerpretación la cual fue cruzada con información cartográfica basica para cuencas. Se ubicaron donde se localiza contactos litológicos, sectores con afectaciones estructurales (tectónicos) y zonas con deslizamientos o procesos morfodinámicos. También se seleccionaron a partir de los rasgos estructurales observados en imágenes satelitales y fotografías aéreas, así como la interpretación del DEM de la Nasa.

2. En total, se realizaron 66 estaciones de campo donde se identificaron los perfiles de meteorización y se caracterizó el macizo rocoso, se tomaron 65 muestras para descripción de materiales (Representativas para análisis de laboratorio) realizando a su vez el ensayo de la resistencia con el penetrómeto de bolsillo (Fotografía 30), las muestras fueron distribuidas en las unidades previamente identificadas en la recopilación bibliográfica y en el campo (Ver Anexo 8).

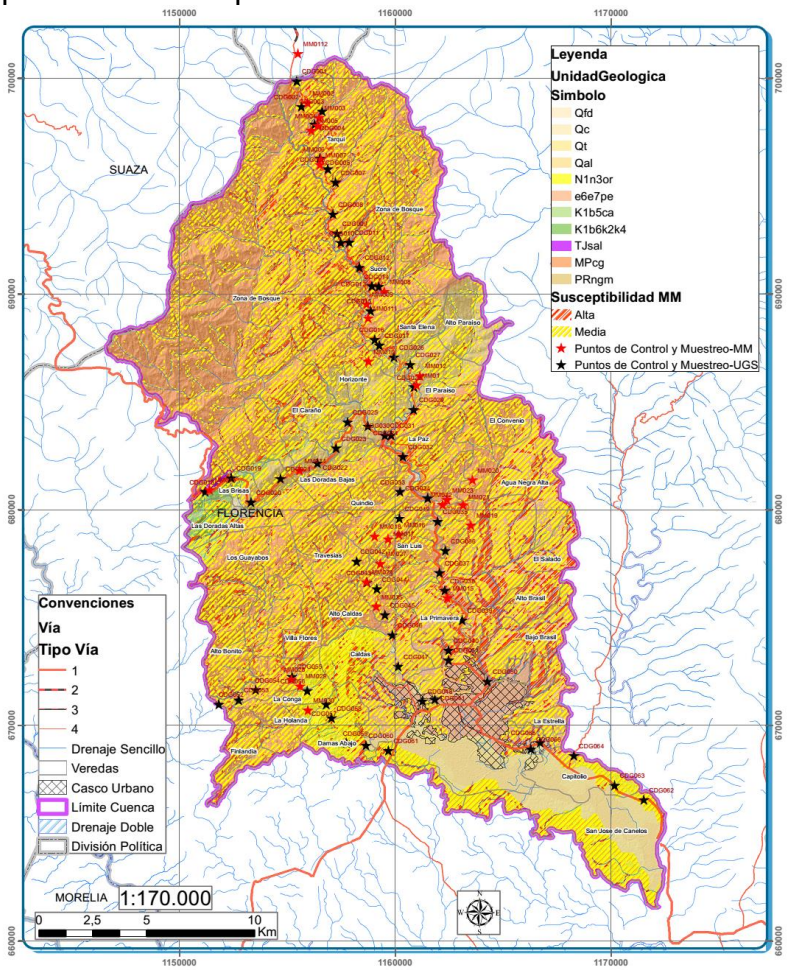
Las muestras fueron tomadas en los sectores de alta inestabilidad, en los sectores afectados por tectonismo (fallas) y en los sectores donde la roca desarrolla un perfil de meteorización amplio que permitiera evaluar la calidad de la roca, además de tener encuenta la escala de trabajo que corresponde a 25K, las muestras fueron tomada en taludes de corte de las vías o carreteras que dejaran expuesta la roca,

suelo residual o perfil de meteorización, los apique se realizaron donde existen la unidades geológicas que corresponden a los depósitos aluviales o de terraza.

Fotografía 30. Jornada de campo para la caracterización de las UGS

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

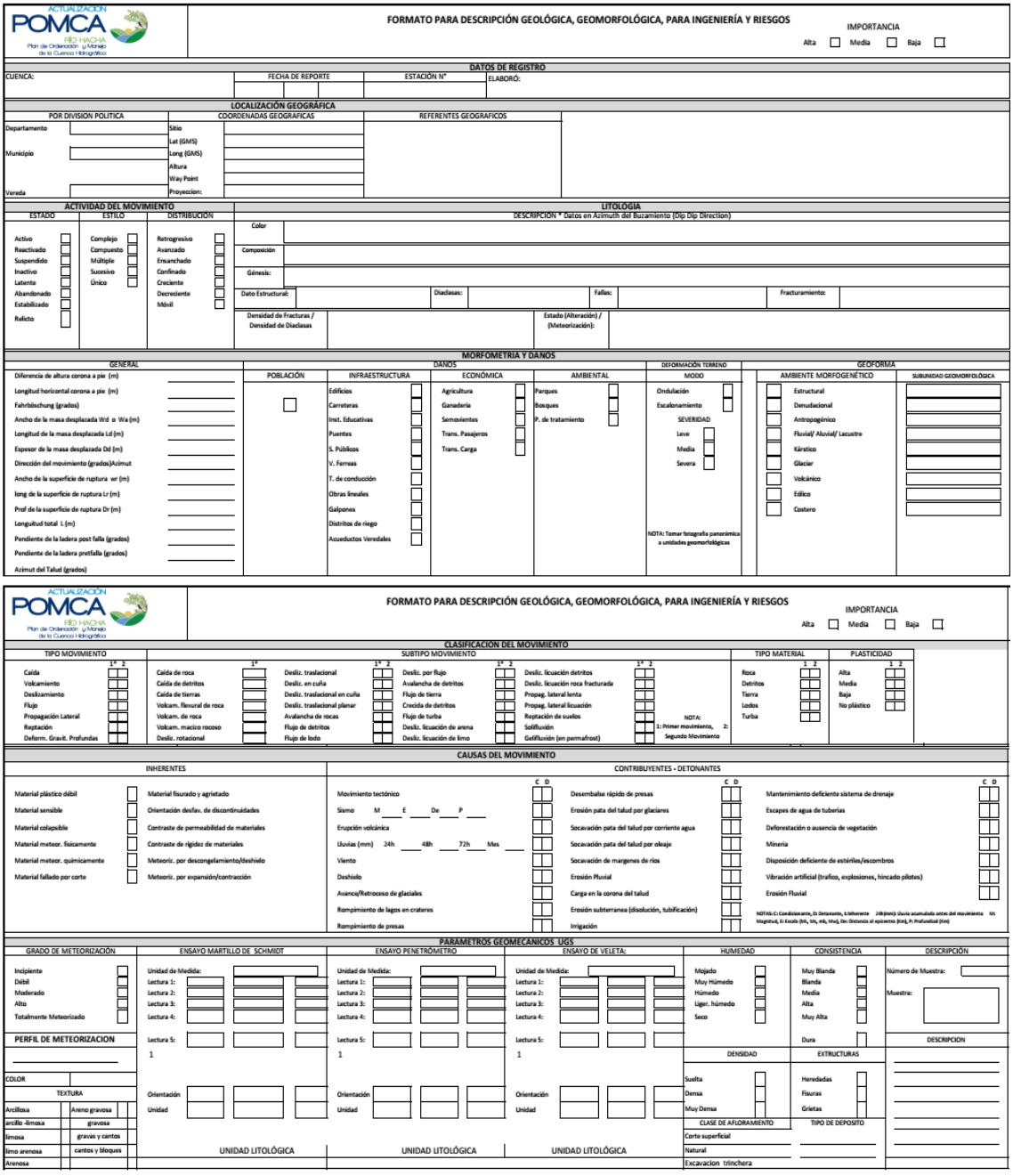
Figura 44. Mapa ubicación de puntos de muestreo en suelos residuales y roca



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

De acuerdo, al cronograma planteado y aprobado previamente por la interventoría en cada punto de control o estación de campo se levantó la siguiente información, la cual fue almacenada en formatos de campo suministrados por el proyecto (Figura 45 y Anexo 8-1):

Figura 45. Formato de campo para el levantamiento de información de geología para ingeniería*.



FORMATO PARA DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA, GEOMORFOLÓGICA, PARA INGENIERÍA Y RIESGOS

IMPORTANCIA Alta ☐ Media ☐ Baja ☐

DATOS DE REGISTRO

CUENCA: | FECHA DE REPORTE | ESTACIÓN N° | ELABORÓ:

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

POR DIVISION POLITICA: Departamento, Municipio, Vereda

COORDENADAS GEOGRAFICAS: Sitio, Lat (GMS), Long (GMS), Altura, Way Point, Proyeccion:

REFERENTES GEOGRAFICOS

ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO

ESTADO: Activo, Reactivado, Suspendido, Inactivo, Latente, Abandonado, Estabilizado, Relicto

ESTILO: Complejo, Compuesto, Múltiple, Sucesivo, Único

DISTRIBUCIÓN: Retrogresivo, Avanzado, Ensanchado, Confinado, Creciente, Decreciente, Móvil

LITOLOGIA

DESCRIPCIÓN * Datos en Azimuth del Buzamiento (Dip Dip Direction)

Color | Composición | Génesis: | Dato Estructural: | Diaclasas: | Fallas: | Fracturamiento: | Densidad de Fracturas / Densidad de Diaclasas | Estado (Alteración) / (Meteorización):

MORFOMETRIA Y DAÑOS

GENERAL

Diferencia de altura corona a pie (m)
Longitud horizontal corona a pie (m)
Fahrböschung (grados)
Ancho de la masa desplazada Wd o Wa (m)
Longitud de la masa desplazada Ld (m)
Espesor de la masa desplazada Dd (m)
Dirección del movimiento (grados)Azimut
Ancho de la superficie de ruptura wr (m)
long de la superficie de ruptura Lr (m)
Prof de la superficie de ruptura Dr (m)
Longuitud total L (m)
Pendiente de la ladera post falla (grados)
Pendiente de la ladera prefalla (grados)
Azimut del Talud (grados)

DAÑOS

POBLACIÓN

INFRAESTRUCTURA: Edificios, Carreteras, Inst. Educativas, Puentes, S. Públicos, V. Ferreas, T. de conducción, Obras lineales, Galpones, Distritos de riego, Acueductos Veredales

ECONÓMICA: Agricultura, Ganadería, Semovientes, Trans. Pasajeros, Trans. Carga

AMBIENTAL: Parques, Bosques, P. de tratamiento

DEFORMACIÓN TERRENO

MODO: Ondulación, Escalonamiento

SEVERIDAD: Leve, Media, Severa

NOTA: Tomar fotografía panorámica a unidades geomorfológicas

GEOFORMA

AMBIENTE MORFOGENÉTICO: Estructural, Denudacional, Antropogénico, Fluvial/ Aluvial/ Lacustre, Kárstico, Glaciar, Volcánico, Eólico, Costero

SUBUNIDAD GEOMORFOLÓGICA

FORMATO PARA DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA, GEOMORFOLÓGICA, PARA INGENIERÍA Y RIESGOS

IMPORTANCIA Alta ☐ Media ☐ Baja ☐

CLASIFICACION DEL MOVIMIENTO

TIPO MOVIMIENTO (1° 2): Caída, Volcamiento, Deslizamiento, Flujo, Propagación Lateral, Reptación, Deform. Gravit. Profundas

SUBTIPO MOVIMIENTO

Caída de roca, Caída de detritos, Caída de tierras, Volcam. flexural de roca, Volcam. de roca, Volcam. macizo rocoso, Desliz. rotacional

Desliz. traslacional, Desliz. en cuña, Desliz. traslacional en cuña, Desliz. traslacional planar, Avalancha de rocas, Flujo de detritos, Flujo de lodo

Desliz. por flujo, Avalancha de detritos, Flujo de tierra, Crecida de detritos, Flujo de turba, Desliz. licuación de arena, Desliz. licuación de limo

Desliz. licuación detritos, Desliz. licuación roca fracturada, Propag. lateral lenta, Propag. lateral licuación, Reptación de suelos, Solifluxión, Gelifluxión (en permafrost)

NOTA: 1: Primer movimiento, 2: Segundo Movimiento

TIPO MATERIAL (1 2): Roca, Detritos, Tierra, Lodos, Turba

PLASTICIDAD (1 2): Alta, Media, Baja, No plástico

CAUSAS DEL MOVIMIENTO

INHERENTES

Material plástico débil, Material sensible, Material colapsible, Material meteor. físicamente, Material meteor. químicamente, Material fallado por corte

Material fisurado y agrietado, Orientación desfav. de discontinuidades, Contraste de permeabilidad de materiales, Contraste de rigidez de materiales, Meteoriz. por descongelamiento/deshielo, Meteoriz. por expansión/contracción

CONTRIBUYENTES - DETONANTES (C D)

Movimiento tectónico, Sismo M E De P, Erupción volcánica, Lluvias (mm) 24h 48h 72h Mes, Viento, Deshielo, Avance/Retroceso de glaciales, Rompimiento de lagos en cráteres, Rompimiento de presas

Desembalse rápido de presas, Erosión pata del talud por glaciares, Socavación pata del talud por corriente agua, Socavación pata del talud por oleaje, Socavación de margenes de ríos, Erosión Pluvial, Carga en la corona del talud, Erosión subterranea (disolución, tubificación), Irrigación

Mantenimiento deficiente sistema de drenaje, Escapes de agua de tuberías, Deforestación o ausencia de vegetación, Minería, Disposición deficiente de estériles/escombros, Vibración artificial (trafico, explosiones, hincado pilotes), Erosión Fluvial

NOTAS: C: Condicionante, D: Detonante, I: Inherente | 24h (mm): Lluvia acumulada antes del movimiento | M: Magnitud, E: Escala (Ms, Mb, Mw), De: Distancia al epicentro (Km), P: Profundidad (Km)

PARAMETROS GEOMECANICOS UGS

GRADO DE METEORIZACIÓN: Incipiente, Débil, Moderado, Alto, Totalmente Meteorizado

ENSAYO MARTILLO DE SCHMIDT: Unidad de Medida, Lectura 1: 2: 3: 4: 5:

ENSAYO PENETRÓMETRO: Unidad de Medida, Lectura 1: 2: 3: 4: 5:

ENSAYO DE VELETA: Unidad de Medida, Lectura 1: 2: 3: 4: 5:

HUMEDAD: Mojado, Muy Húmedo, Húmedo, Liger. húmedo, Seco

CONSISTENCIA: Muy Blanda, Blanda, Media, Alta, Muy Alta, Dura

DESCRIPCIÓN: Número de Muestra:, Muestra:

PERFIL DE METEORIZACION

COLOR

TEXTURA: Arcillosa, Arena gravosa, arcillo -limosa, gravosa, limosa, gravas y cantos, limo arenosa, cantos y bloques, Arenosa

Orientación, Unidad

DENSIDAD: Suelta, Densa, Muy Densa

EXTRUCTURAS: Heredadas, Fisuras, Grietas

CLASE DE AFLORAMIENTO: Corte superficial, Natural, Excavacion trinchera

TIPO DE DEPOSITO

DESCRIPCION

UNIDAD LITOLÓGICA | UNIDAD LITOLÓGICA | UNIDAD LITOLÓGICA

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Nota: *pg 1-2. El formato completo se encuentra en el Anexo 5-2

- Para macizo rocoso:

  ✓ Características de las discontinuidades: Orientación, número de discontinuidades, frecuencia o espaciado de las juntas (distancia entre dos discontinuidades), grado de apertura o separación (abierto o cerrado), extensión, persistencia, continuidad, rugosidad o textura superficial (pulida, lisa o rugosa) y relleno (sin o con relleno, tipo de relleno).

  ✓ Formas de rotura en los taludes rocosos: Roturas planas, roturas en cuña, roturas por vuelco. roturas globales (tipo suelo).

  ✓ Determinación de la resistencia a compresión, por medio de medidas con el esclerómetro o martillo de Smith (Fotografía 31).

Fotografía 31. Toma de datos de resistencia a la compresión por medio del esclerómetro

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- Para suelos residuales, saprolito y depósitos:

  ✓ Toma de muestras, alteradas e inalteradas en las unidades geológicas identificadas en la recopilación bibliográfica y en la fotointerpretación.

  ✓ La toma de las muestras de material se realizó mediante exploración directa en taludes de corte y apiques.

  ✓ Se tomaron densidades, consistencias y húmedades in-situ.

  ✓ Para la toma de las muestras se aprovecharon los cortes de carreteras y taludes expuestos.

- ✓ Se diligenciaron las fichas descriptivas correspondientes al Anexo A[20] del protocolo (ficha suministrada por el proyecto), para cada lugar donde se realizaron descripciones, exploraciones y toma de muestras.

- ✓ Medida de resistencia en campo mediante el ensayo con penetrómetro de bolsillo para apoyar la evaluación geológico – geotécnica, este se entierra manualmente en la arcilla o limos a una profundidad predeterminada y se mide la presión requerida para su penetración, este ensayo da un valor muy crudo de la resistencia a la comprensión inconfinada y su utilización requiere correlaciones con otros ensayos (Fotografía 32).

Fotografía 32. Toma de resistencia con el penetrometro de bolsillo.

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- Análisis de laboratorio. Las muestras de suelo obtenidas durante la etapa de exploración fueron debidamente rotuladas y protegidas y posteriormente llevadas al laboratorio donde se ejecutaron pruebas de laboratorio necesarias para la identificación de propiedades físicas y mecánicas de los materiales (Fotografía 33). Se realizaron pruebas de laboratorio como: límites de Atterberg, peso unitario, compresión inconfinada, granulometría, humedad y corte directo. Los ensayos de laboratorio se efectuaron para complementar los atributos de cada una de las unidades cartografiadas (Ver Anexo 6-4).

[20] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2014). Guía técnica para formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas – POMCAS. Anexo A. Diagnóstico

Fotografía 33. Preparación de muestras de suelo para remisión a laboratorio.

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- Fase de Oficina. Luego de la recopilación de información en la etapa de campo, en oficina se obtiene la salida cartográfica de intensidad estructural (Anexo Capitulo 11/Salida_gráfica/26.Densidad_de_Fracturamiento), la cual proviene del método de medir los trazos de la fractura (fallas, lineamientos, diaclasas) contenidos en cada unidad de área, así:

$$F\mathit{f} = [\ \Sigma\ (\ li\ Aai\ )\ /\ a\ ],$$

Dónde:

F*f* = Factor o indice de fracturamineto

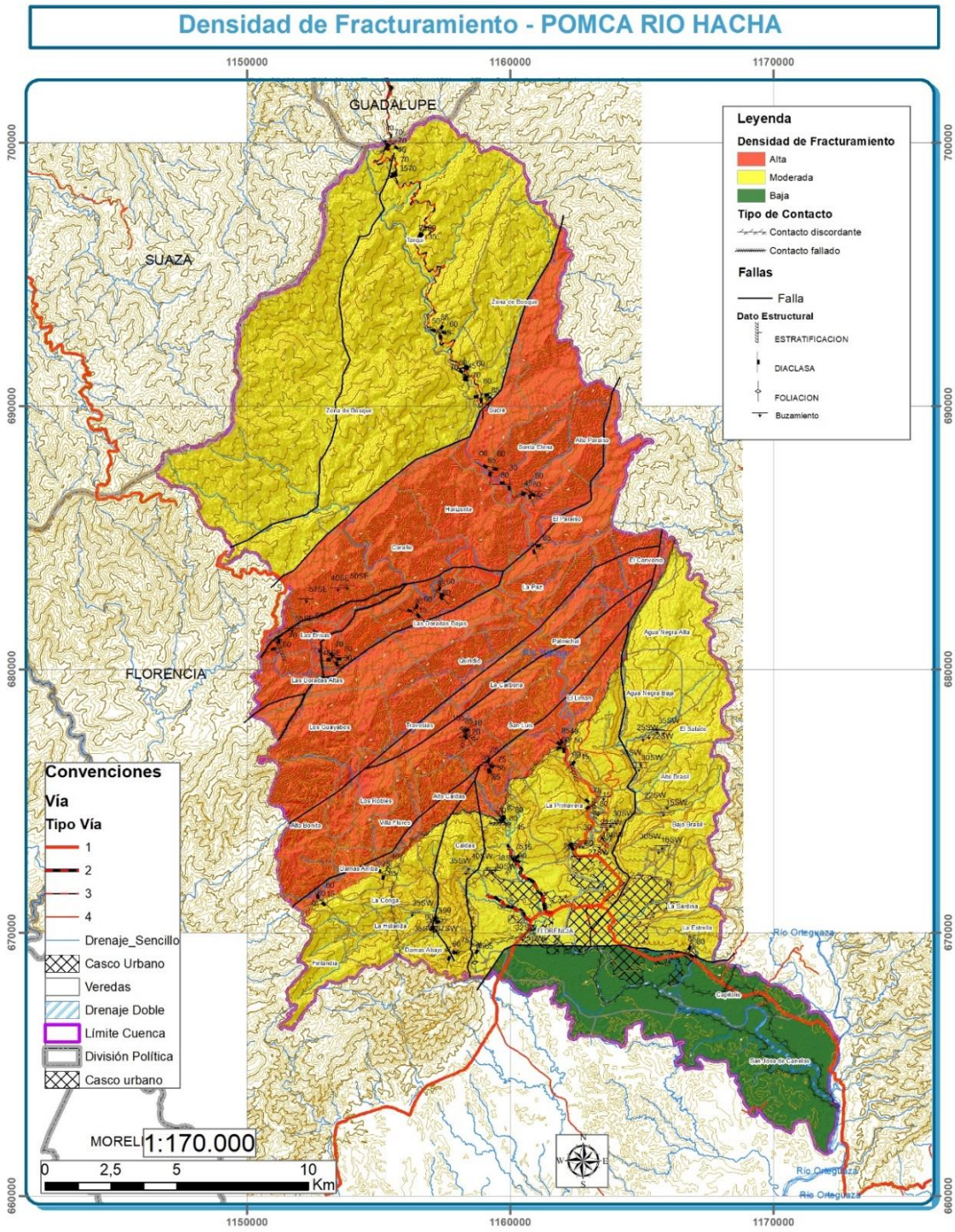
Ii = Longitud de cada trazo de fractura

Aai = Aceleracion maxima esperada

A = Area de cuadricula unidad de la malla de analisis

El metodo consiste en medir y sumar los trazos de fracturas que hay en una cuadricula y multiplicarlos por la aceleracion respectiva, el resultado se divide por la unidad de àrea de cada cuadricula. (INGEOMINAS 2001); una vez realizado este método se definen 3 zonas de intensidad estructural (Alta, Media, Baja) a través de los rangos de valores obtenidos anteriormente (Ver Figura 46).

Figura 46. Salida cartográfica de la intensidad de fracturamiento presente en la cuenca del río Hacha



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.2.6.2 Análisis de la información recolectada y desarrollo del informe. Para la caracterización de las unidades Geológicas Superficiales, se siguió la metodología utilizada en el estudio "Cartografía Geológica Aplicada a la Zonificación Geomecánica de la Sabana de Bogotá"; Volumen II, (Padilla, Calderon , & et al, 2004/2005)[21], metodología sugerida por la Guia Técnica.

La nomenclatura para la representación de las Unidades Geológicas Superficiales (UGS) se basa principalmente en las características de los materiales cartografiados: tipo (génesis) de material superficial (roca, suelo, depósito, etc.); expresión superficial (característica del material, resistencia o dureza, roca blanda, roca dura y grado de meteorización). Los símbolos utilizados para las unidades son definidos por las letras iniciales de cada tipo de material correspondiente: roca=R; suelo=S, seguido del origen y características litológicas, y unidad geológica.

Se caracterizaron 26 unidades superficiales, teniendo en cuenta las características de la masa del suelo (compacidad, estratificación, discontinuidades, intemperización), características de los materiales constituyentes del suelo (color, forma y composición de la partícula, clasificación, tamaño del grano y plasticidad) además de formación geológica, (origen, era y tipo de depósito). Estas unidades se ubicaron sobre las Planchas cartográficas 389IVA, 389IVB, 389IVC, 389IVD, 413IIA, 413IIB, 413IIC, 413IID, 414IA y 414IC del IGAC a escala 1:25:000.

Las unidades geológicas superficiales se clasificaron en dos regiones masa rocosa y suelos y estos a su vez en cuatro unidades que corresponden a Roca, Suelos Residuales, Suelos Transportados y Suelos Coluviales. Las unidades de roca se clasificaron en duras, medias y blandas (según los criterios establecidos del nivel de resistencia – Tabla 40) y además de su génesis, litología, color, alterabilidad, grado de meteorización y resistencia.

Para las unidades de suelos, su clasificación se basó de acuerdo a su génesis y composición, textura, consistencia, resistencia (indicador), húmeda d, densidad relativa, corte directo (Anexo 8-4. resultados laboratorio), peso unitario, perfil del suelo y espesor, estructuras, discontinuidades, clasificacion de casagrande y limittes (Tabla 41). Por medio del penetrometro de bolsillo se determinó específicamente la resistencia a la penetración de las capas superiores del suelo (profundidad de medición 5 mm)- (Tabla 42). Discriminando así entre suelos muy blandos a duros, entre arenas muy sueltas a muy densas, entre arenas y arcillas limosas, arcillas arenosas

[21] Metodologia sugerida por la Guía técnica para formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas – POMCAS - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2014).

Tabla 40. Clasificación de las unidades geológicas de roca de acuerdo a su dureza

Rocas muy blandas (Resistencia muy baja)	Corresponde a rocas sedimentarias generalmente del terciario de baja consolidación diagenètica o pobremente litificada, con estratificación laminar o de capas delgadas o rocas cristalizadas intensamente fracturadas de moderadamente a altamente descompuestas comprende entre otras las arcillolitas y lodolitas areniscas y conglomerados friables a rocas generalmente descompuestas.
Moderadamente Blandas (Resistencia baja intermedia)	Esta categoría comprende rocas como las anteriormente mencionadas, pero un poco más litificadas y con estratificación gruesa en el caso de las sedimentarias o moderadamente descompuestas en el caso de las cristalinas. Comprende en general arcillolitas, limolitas, lodolitas shales y areniscas friables en estratificación muy delgada en general moderadamente fracturadas En el caso de las rocas clasificadas como muy blandas y blandas la falla de estas rocas en excavaciones no está estructuralmente controlada, es decir que la falla se propaga predominantemente a través del material rocoso.
Rocas moderadamente duras o intermedias (resistencia intermedia a alta)	Esta categoría comprende rocas sedimentarias del cretáceo o más antiguas bien estratificadas o de lata consolidación diagenètica, con estratificación delgada a gruesa o rocas cristalinas en general débil a moderadamente descompuestas y poco fracturadas. Comprende rocas como calizas areniscas y conglomerados bien cementados, limolitassilicieas, lutitas; esquistos y otras rocas foliadas y las rocas ígneas en general. Igualmente comprenden las secuencias sedimentarias donde alternan a rocas duras y blandas con capas delgadas.
Rocas Duras a Muy duras (resistencia alta a muy alta)	Comprende rocas cristalinas de consistencia muy dura y alta resistencia, o las rocas sedimentarias de la más alta consolidación o mitificación; en general masivas, sanas y frescas o solo débil mente descompuesta. En el caso de las rocas clasificadas como duras y muy duras la falla de estas rocas en excavaciones están controladas predominantemente por las discontinuidades estructurales. Se trata en general de rocas con edades del precámbrico a paleozoico y cretácico.

Fuente: Ingeominas 2004

Tabla 41. Resumen de los limittes de atterberg y clasificación de Casagrande

No. De Control	LOCALIZACIÓN	Muestra No.	Fecha Muestreo	Profundidad (m)		Clasificación SUCS	PASA 200	LL%	IP%	CLASIFICACION NSR-10
1	Vereda Tarqui	CDG004	18-jul-17	0,30	0,70					
2	Vereda Tarqui	CDG004	18-jul-17	0,30	0,70	ML	74,4	36,7	4,1	H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
3	Vereda Tarqui	CDG007-01	18-jul-17	0,30	0,70					
4	Vereda Tarqui	CDG007-02	18-jul-17	0,30	0,70	ML	77,0	42,9	7,9	H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
5	Vereda Tarqui	CDG010-01	19-jul-17	0,30	0,70					
6	Vereda Tarqui	CDG010-02	19-jul-17	0,30	0,70	SM	35,3	30,4	4,3	H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
7	Vereda Sucre	CDG016	20-jul-17	0,30	0,70	ML	51,0	40,9	9,8	H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
8	Vereda Las Brisas	CDG018	20-jul-17	0,30	0,70					
9	Vereda Las Brisas	CDG018	20-jul-17	0,30	0,70	ML	75,9	49,6	19,0	H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
10	Vereda Las Doradas (Km 22)	CDG021	20-jul-17	0,30	0,70					
11	Vereda Las Doradas (Km 22)	CDG021	20-jul-17	0,30	0,70	ML	53,5	45,5	12,7	H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
12	Vereda Paraiso	CDG 029	20-jul-17	0,30	0,70	SM	46,3	48,0	14,9	H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
13	Vereda Av. Caraño	CDG 031	21-jul-17	0,30	0,70	SM	46,9	33,0	8,0	H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
14	Vereda San Luis	CDG 036	21-jul-17	0,30	0,70	SC	36,3	36,3	12,6	H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
15	Vereda Quindio (Q. Cordoba)	CDG 033	21-jul-17	0,30	0,70	ML	79,1	35,4	5,1	H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
16	Vereda Quindio (Q. Cordoba)	CDG 033	21-jul-17	0,30	0,70					
17	Vereda Travesias	CDG 042	22-jul-17	0,30	0,70					
18	Vereda Travesias	CDG 042	22-jul-17	0,30	0,70	ML	53,8	44,0	11,0	H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
19	Vereda Agua Bonita	CDG 043	22-jul-17	0,30	0,70	ML	58,1	36,4	9,1	H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
20	Vereda Agua Bonita	CDG 043	22-jul-17	0,30	0,70					
21	Vereda Caldas	CDG 047-1	22-jul-17	0,30	0,70					

Fuente: Laboratorio Sing Ltda. Análisis contratados por Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016.

Tabla 41 (Continuación). Resumen de los limittes de atterberg y clasificación de Casagrande

No. De Control	LOCALIZACIÓN	Muestra No.	Fecha Muestreo	Profundidad (m)		Clasificación SUCS	PASA 200	LL%	IP%	CLASIFICACION NSR-10
22	Vereda Caldas	CDG 047-2	22-jul-17	0,30	0,70	ML	66,0	37,2	9,6	H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
23	Vereda La Carbona	CDG 049	22-jul-17	0,30	0,70	MH	77,0	55,5	18,9	H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
24	Vereda La Carbona	CDG 049	22-jul-17	0,30	0,70					
25	Casco urbano Florencia	CDG 050	22-jul-17	0,30	0,70	MH	92,3	50,6	19,5	H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
26	Casco urbano Florencia	CDG 050-2	22-jul-17	0,30	0,70					
27	Vereda Villahermosa	CDG 052-1	23-jul-17	0,30	0,70					
28	Vereda Villahermosa	CDG 052-2	23-jul-17	0,30	0,70	ML	72,1	42,8	12,3	H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
29	Vereda Damas Arriba	CDG 054-1	23-jul-17	0,30	0,70					
30	Vereda Damas Arriba	CDG 054-2	23-jul-17	0,30	0,70	SM	34,2	N.L.	0,0	H.2.5.1.b - SUELO NO COHESIVO O GRANULAR
31	La Conga	CDG 056	23-jul-17	0,30	0,70	MH	67,3	78,0	34,2	H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
32	Vereda Holanda	CDG 057	23-jul-17	0,30	0,70	GM	18,1			H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
33	Damas Abajo	CDG 059	24-jul-17	0,30	0,70	MH	56,7	51,0	15,4	H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
34	Damas Abajo	CDG 060	24-jul-17	0,30	0,70	CL	61,5	29,0	10,9	H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
35	Damas Abajo	CDG 061	24-jul-17	0,30	0,70	ML	97,3	47,5	19,1	H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
36	Vereda Capitolio	CDG 063	24-jul-17	0,30	0,70					
37	Vereda Capitolio	CDG 063	24-jul-17	0,30	0,70	MH	87,8	59,2	22,7	H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
38	Vereda Capitolio	CDG 064	24-jul-17	0,30	0,70	CH	97,4	68,5	35,7	H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
39	Vereda Capitolio	CDG 064	24-jul-17	0,30	0,70					
40	Barrio La Cabaña	CDG 065	24-jul-17	0,30	0,70	MH	70,5	69,2	29,7	H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
41	Barrio Bruselas	CDG 066	24-jul-17	0,30	0,70	SM	19,3			H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
42	Barrio Bruselas	CDG 066	24-jul-17	0,30	0,70	ML	52,6			H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
43	Vereda Tarqui	CDG 068	25-jul-17	0,30	0,70	SM	30,7	N.L.	0,0	H.2.5.1.b - SUELO NO COHESIVO O GRANULAR
44	Vereda Tarqui	Control 2	25-jul-17	0,30	0,70	MH	58,6	55,5	14,0	H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
45	Vereda Tarqui	MM003	26-jul-17	0,30	0,70		0,0	30,8	6,6	
46	Vereda Tarqui	MM006	26-jul-17	0,30	0,70	ML	72,1	43,5	13,9	H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
47	Vereda Tarqui	MM007	26-jul-17	0,30	0,70					

Fuente: Laboratorio Sing Ltda. Análisis contratados por Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Tabla 41 (Continuación). Resumen de los limittes de atterberg y clasificación de Casagrande

No. De Control	LOCALIZACIÓN	Muestra No.	Fecha Muestreo	Profundidad (m)		Clasificación SUCS	PASA 200	LL%	IP%	CLASIFICACION NSR-10
48	Vereda Sucre	MM009	27-jul-17	0,30	0,70					
49	Vereda Sucre	MM010	27-jul-17	0,30	0,70	MH	53,6	54,0	19,7	H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
50	Vereda Sucre	MM011	27-jul-17	0,30	0,70	ML	57,8	47,4	11,2	H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
51	Vereda brisas	MM014	28-jul-17	0,30	0,70					
52	Vereda sanluis	MM015	28-jul-17	0,30	0,70		0,0	29,9	11,9	
53	Vereda sanluis	CTRL05 Fm Caballos Villeta	28-jul-17	0,30	0,70		0,0	46,0	19,3	
54	Vereda sanluis	CTRL11	28-jul-17	0,30	0,70	SM	49,7	40,7	13,4	H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
55	Vereda Paraiso	CDG029	28-jul-17	0,30	0,70					
56	La carbona	CDG034	28-jul-17	0,30	0,70		0,0	40,1	13,7	
57	Vereda San Luis	CONTROL	28-jul-17	0,30	0,70		0,0	40,0	9,5	
58	Vereda Travesias	MM017	29-jul-17	0,30	0,70					
59	Vereda Travesias	MM018	29-jul-17	0,30	0,70	MH	70,1	59,3	18,1	H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
60	Vereda San Francisco	MM020	29-jul-17	0,30	0,70	SM	27,7	41,3	13,3	H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
61	Vereda Palmichal	MM022	29-jul-17	0,30	0,70					
62	Vereda Alto Caldas	MM024	30-jul-17	0,30	0,70	ML	55,6	43,4	13,1	H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
63	Vereda Alto Caldas	MM025	30-jul-17	0,30	0,70					
64	Agua Bonita	MM026	30-jul-17	0,30	0,70	ML	72,5			H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
65	Damas Abajo	MM028	30-jul-17	0,30	0,70	ML	51,8	47,3	15,5	H.2.5.2 - SUELO COHESIVO
66	Vereda La Holanda	MM030	30-jul-17	0,30	0,70	MH	69,3	77,2	33,1	H.2.5.2 - SUELO COHESIVO

Fuente: Laboratorio Sing Ltda. Análisis contratados por Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Tabla 42. Lecturas de resistencia en suelos residuales obtenidas en campo por medio del penetrómetro de bolsillo.

ESTACIÓN	ENSAYO PENETRÓMETRO				
	LECTURA 1	LECTURA 2	LECTURA 3	LECTURA 4	LECTURA 5
CDG004	1,5	2,0	1,5	1,5	2,0
CDG007	3,0	2,5	3,0	3,0	2,5
CDG010	1,0	1,5	1,5	1,0	1,0
CDG016	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
CDG018	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
CDG021	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
CDG024	2,5	2,5	3,0	3,5	2,0
CDG025	2,5	3,5	3,0	3,5	3,5
CDG028	4,0	3,5	4,0	3,5	4,5
CDG029	2,5	2,0	2,5	2,5	2,0
CDG031	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5
CDG033	3,0	3,5	3,0	3,5	3,0
CDG034	3,0	3,0	3,0	3,5	4,0
CDG035	5,0	5,0	5,0	5,0	4,5
CDG036	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5
CDG042	1,5	1,0	2,0	1,5	1,0
CDG043	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
CDG045	2,0	2,0	2,5	2,5	2,0
CDG047	1,5	2,0	1,0	2,0	1,5
CDG049	1,5	1,0	1,0	1,5	1,5
CDG050	4,0	4,0	4,5	4,5	2,5
CDG051	3,0	1,0	2,0	3,5	
CDG052	2,0	2,0	2,0	2,0	1,0
CDG054	2,5	2,5	2,0	3,0	3,0
CDG056	1,5	1,5	1,5	1,0	1,5
CDG057	0,5	1,0	1,0	0,5	1,0
CDG059	2,0	2,0	1,5	1,5	1,0
CDG060	1,0	3,0	4,0	3,0	3,5
CDG061	4,0	4,0	3,5	3,3	4,0
CDG062	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5
CDG063	3,0	3,0	3,5	3,5	3,5
CDG064	2,0	2,0	2,5	2,3	2,0
CDG065	1,0	1,5	2,0	1,0	0,5
CDG066	2,0	2,0	2,0	2,0	1,5
CDG067	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

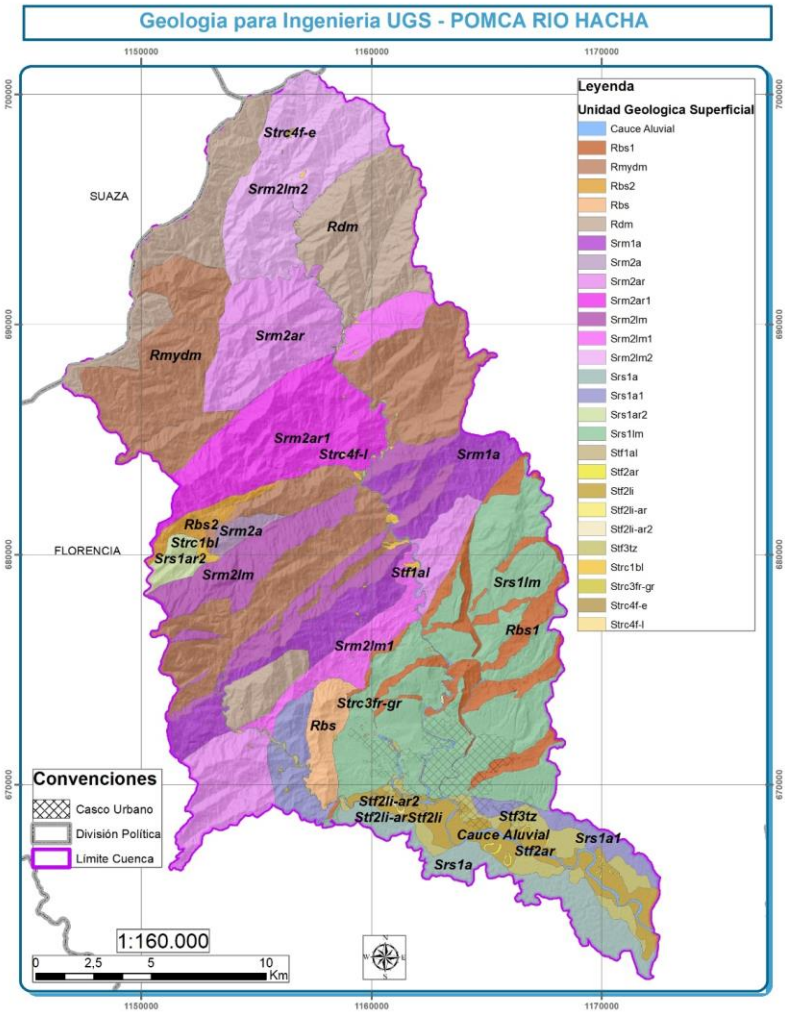
Los ensayos de laboratorio anteriormente mencionados, se realizan con el fin de determinar una caracteristica especifica como : el ensayo de húmedad, se realizó a suelos residuales arcillosos y arenosos para conocer la cantidad de humedad que presentan los suelos in situ, el ensayo de densidad relativa es una forma de determinar el grado de compacidad o compactación de un suelo, y se hizo a suelos residuales de cualquier categoría, el ensayo de corte directo arroja angulo de friccion y cohesion se realizo a todos los suelos residuales por unidad ya que la finalidad de este ensayo, es determinar la resistencia de una muestra de suelo, sometida a fatigas y/o deformaciones que simulen las que existen o existirán en terreno producto de la aplicación de una carga. Clasificacion de casagrande a todos

los suelos residuales para conocer su clasificaion y diferenciar unidad, limittes solo se raliza a arcillas. Los limittes de atterberg se hacen solo en arcillas con el finde concocer la plasticiadad de los suelos.

3.2.6.3 Clasificación Unidades Geológicas Superficiales. Para la clasificación de las unidades de suelo se complementó la información recopilada con descripción directa en afloramientos en visita de campo y toma de muestras a las cuales se les realizaron análisis de laboratorio anteriormente mencionados (Anexo 8-4. Resultados de Laboratorio).

Las unidades geológicas superficiales en la cuenca del río Hacha se clasificaron en unidades de roca, suelos residuales, suelos transportados y suelos translocados (Figura 47).

Figura 47. Mapa de Unidades Geológicas Superficiales o geología para ingeniería



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- Unidades de roca.

✓ Rocas Muy duras Metamórficas del Macizo de Garzón (Rmydm). Rocas migmatitas, neis con un nivel de meteorización incipiente, con una resistencia a la compresión promedio de 3.88 presenta fracturamiento en tres tipos de familias (diaclasas), con una superficie rugosa, sin flujo de agua, un Jv de 8.

✓ Rocas duras Metamórficas del Macizo de Garzón (Rdm). Rocas moderadamente duras neis anfiboliticos, débilmente meteorizados con una resistencia a la compresión promedio de 3,6 presenta fractuarmiento en cinco tipos de familia (diaclasas), con una superficie rugosa, húmeda d.

✓ Rocas blandas de la Formación Orteguaza (Rbs). Corresponde a rocas blandas lodilitas y arcillolitas, con un alto grado de meteorización, con una resistencia a la compresión promedio de 60.8, presenta fracturamiento en cinco tipos de familias (diaclasa), rugosas, seca con un Jv de 7.

✓ Rocas blandas de la Formación Pepino (Rbs1). Son rocas blandas sublitoarenitas de grano medio a grueso y lodolitas, con un bajo grado de meteorización, con resistencia a la compresión promedio de 26, presenta un fracturamineto en dos tipos de familias, rugosa, húmeda d con un Jv de 5.

✓ Rocas blandas de la Formación Caballos –villeta (Rbs2). Rocas blandas arcillotlitas interestratificadas con shales, con un moderado grado de meteorización, resistencia a la compresión promedio de 47.6 presenta un fracturamiento en cuatro tipos de familias, rugosa, con presencia de flujo de agua, con un Jv de 13.

- Unidades de suelos

– Suelos residuales. se originan cuando los productos de la meteorización se acumulan en el sitio en que se van formando o in-situ.

✓ Unidades de suelos residuales derivados del Macizo de Garzón (Srm2lm, Srm2lm1, Srm2lm2, Srm2ar, Srm2ar). Estas rocas generan varios tipos de suelos residuales, fueron catalogados en cinco categorías de acuerdo a sus características, Srm2lm, Srm2lm1, Srm2lm2, Srm2a, Srm2ar, Srm2ar1, la primera corresponde a suelos limosos micáceos inorgánicos elásticos, húmedos, consistencia alta, densidad suelta, de 2m de espesor (Srm2lm). Los suelos catalogados como Srm2lm1 consisten en suelos limos inorgánicos micáceos ligeramente plásticos, ligeramente húmedos consistencia alta, densidad suelta de 3m de espesor. Los suelos Srm2lm2 están conformados por limos inorgánicos

arenosos, ligeramente plásticos, muy húmeda d, consistencia media, densidad suelta con estructuras heredadas entre 2 y 3m de espesor.

Los suelos Srm2a, consisten en limos inorgánicos arenosos, ligeramente plásticos, muy húmedo, consistencia media, densidad suelta, con estructuras de grietas con espesores de 2 a 3m. Los suelos residuales Srm2ar, están constituidos por arenas limosas poco plásticas, suelos cohesivos, con un índice de plasticidad de 19. Srm2ar1 corresponde a suelos arenosos muy densos con estructuras heredadas, húmedo, consistencia alta, densa, con un espesor entre 0.5 a 1,5m.

✓ Unidades de suelos residuales derivados de la formación Villeta -Caballos (Srs1ar2). Suelos residuales derivados de arcillotlitas interestratificadas con shales, son suelos limo arcillosos inorgánicos ligeramente platicos, con tenacidad nula, ligeramente húmeda, consistencia muy alta, muy densa, con estructuras heredadas con un espesor no superior a un metro.

✓ Unidades de suelos residuales derivados de la formación Orteguaza (Srs1a, Srs1a1). Los suelos catalogados Srs1a, corresponden a suelos de limos inorgánicos arcillosos ligeramente plásticos, muy húmedos, de consistencia muy alta, densidad suelta, con grietas de 1.3m de espesor. Los suelos Srs1a1, son suelos residuales de limos inorgánicos elásticos con una consistencia ligera, húmedos, consistencia muy alta, densa de 1m de espesor.

✓ Unidades de suelos residuales derivados de la formación Pepino (Srs1lm). Suelos derivados de sublitoarenitas de grano medio a grueso y de lodolitas, son limos arenosos ligeramente plásticos de resistencia y húmeda ligera, de consistencia alta, de densidad suelta, con fragmentos, de 2m de espesor.

– Suelos traslocados. son generados a partir de los depósitos de gravedad como son los coluviones y detritos.

✓ Unidades de suelos traslocados derivados de depósitos Coluvilaes (Strc1bl). Son suelos constituidos por bloques embebidos en una matriz limo arenosa, húmedos, consistencia blanda, densa de color marrón de 3m de espesor.

✓ Unidades de suelos traslocados derivados de flujos de detritos (Strc4fe). Esta unidad de suelos es una mezcla de materiales finos (arena, limo y arcilla) y detritos de las rocas circundantes (neis), conteniendo flujo de agua.

✓ Unidades de suelos traslocados derivados de deslizamientos (Strc3fr-gr). Esta unidad se clasifico, teniendo en cuenta su geoforma y está conformado de materiales variados de pendiendo de la roca circundante, pueden ser gravas o bloques, con materiales fino s como limo sarcillas o arenas finas.

✓ Unidades de suelos traslocados derivados de flujos de lodo (Strc4f-l). Esta unidad de suelos es una mezcla de materiales finos, arena limo, arcillas y conteniendo flujo de agua.

– Suelos Transportados. Se refiere a suelos generados por sedimentos transportados que provienen de depósitos formados por desalojo, transporte y acumulación de detritos o materiales en los lechos de corriente.

✓ Unidades de suelos transportados originados a partir de barras (Stf1ar, Stf2ll-ar2, Stf2li-ar). Los suelos Stf2li-ar son suelos arenosos derivado de sedimentos erodados de la parte convexa del cauce. Su depósito está constituido por sedimentos arenosos finos y materiales arcillosos en las artesas. Los suelos Stf2ll-ar2, están relacionados a la acumulación de sedimentos durante grandes inundaciones, que luego de disminuir el caudal, quedan como remanentes que dividen la corriente. Su depósito está constituido principalmente por arenas y gravas finas. Los suelos Stf1ar se originan a partir del amalgamiento de varias barras, como resultado de múltiples eventos de erosión y sedimentación constituido principalmente por arenas y gravas finas.

✓ Unidades de suelos transportados originados a partir planos o llanuras de inundación (Stf3tz). Estos suelos se observan en áreas de superficie adyacentes al río Hacha, sujetas a inundaciones recurrentes. Constituido por arenas finas y gravas.

✓ Unidades de suelos transportados originados a partir de terrazas de acumulación (Stf3tz). Esta unidad de suelos se encuentra sobre sedimentos aluviales, se originan por erosión y acumulación aluvial, dentro de antiguas llanuras de inundación y están constituidos por gravas arenas, limos y arcillas, con disminución del tamaño a medida que se aleja del cauce del rio Hacha.

✓ Unidades de suelos transportados originados a partir de meandros abandonados (Stf2ar). Suelos transportados generados a partir de la migración lateral de la corriente hacia la parte contraria de la concavidad, constituidos por sedimentos finos arcillosos con intercalaciones de turba, producto del estancamiento de aguas.

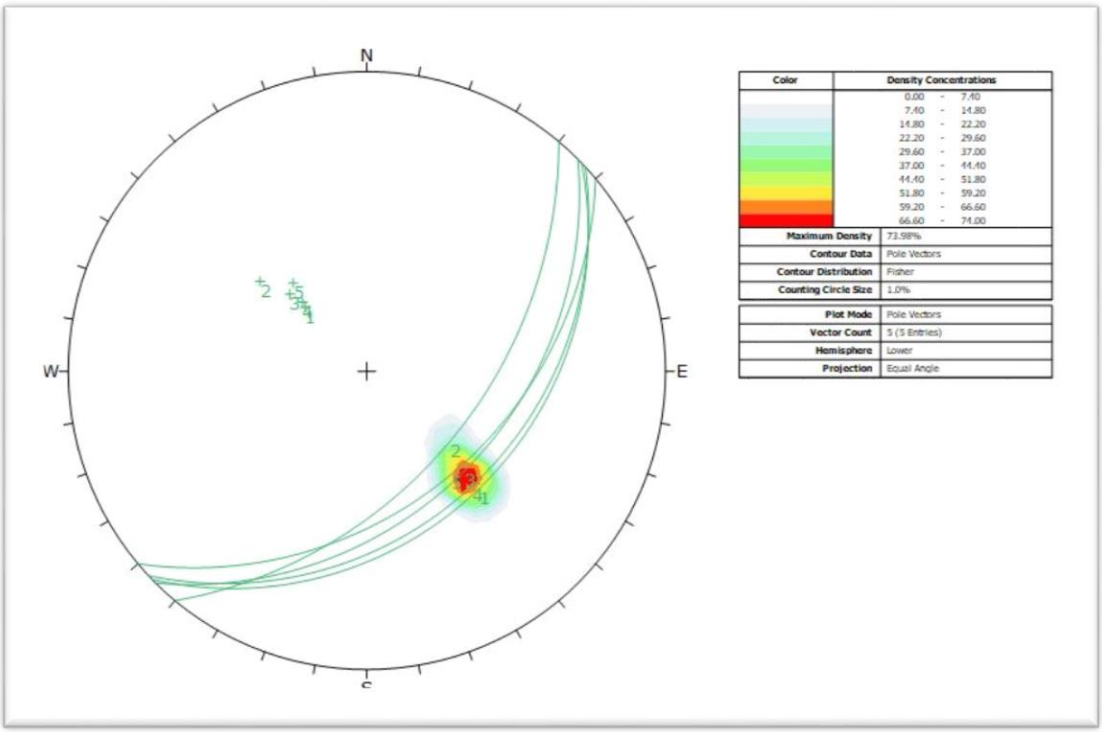
3.2.6.4 Complejidad estructural. El dominio estructural en la cuenca del rìo Hacha esta relacionado con la evolución del frente de deformación amazónico, que involucra las fallas de Florencia y Borde Amazónico.

Este cinturón pertenece a la Provincia del Piedemonte de la Cordillera Oriental, donde se encuentra un conjunto de fallas inversas y de cabalgamiento subparalelas,

las cuales corresponden a la falla Jerico y los sistemas de fallas Santa Helena. Estas fallas afectan principalmente al Complejo Garzón y la Formación Caballos Villeta, dispuestas a manera de cuñas de tendencia general SW – NE.

La formación Caballos presenta una tendencia estructural general en rumbo NE y una dirección de buzamiento principalmente hacia el SE según observaciones de campo, las cuales corresponden de manera coincidencial a la dirección del sistema de fallas que limita esta unidad litológica (Figura 48).

Figura 48. Diagrama estereográfico con tendencias en rumbo y buzamiento de la Formación Caballos.

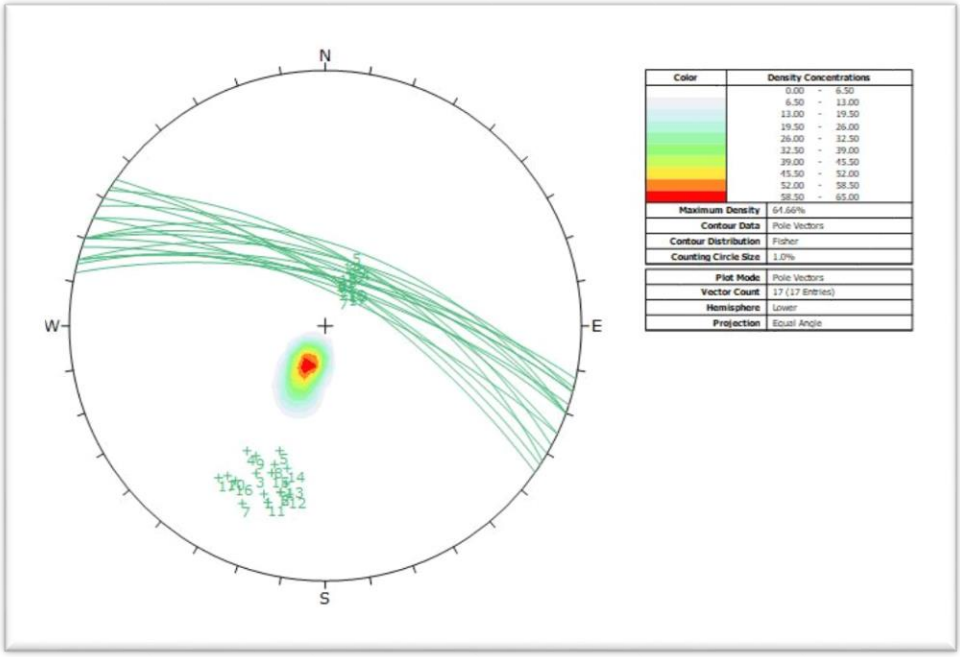


Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016.

La formación Pepinos presenta una orientación en rumbo predominante en sentido NW y en buzamiento SW con algunas variaciones en cuanto a su grado de inclinación que indica irregularidades en cuanto a la plataforma sobre la que se depositó la Formación Pepinos (Figura 49).

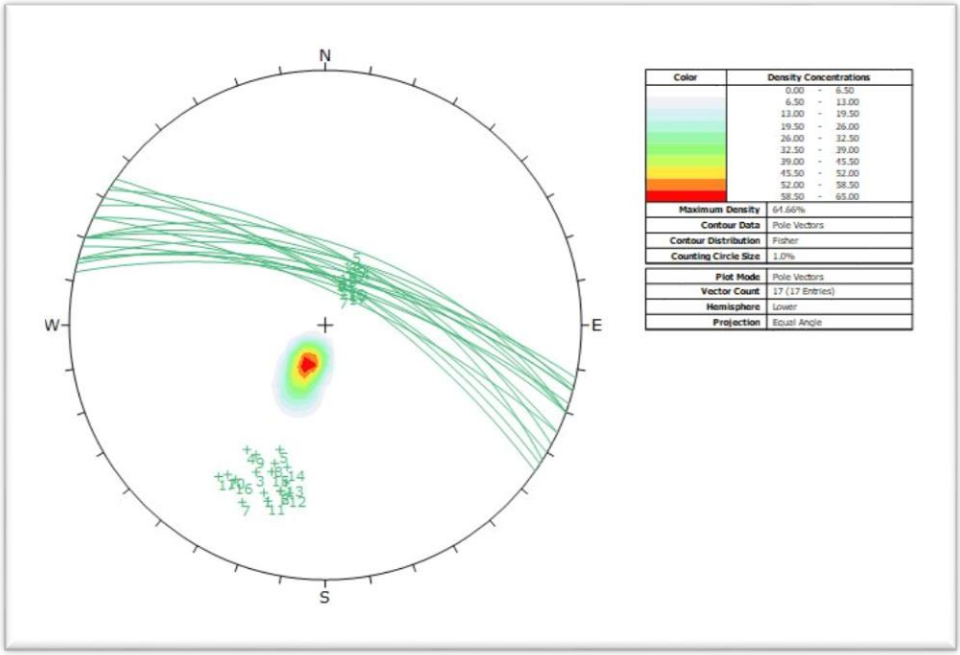
Los datos estructurales tomados para la Formación Orteguaza, Grupo Orito refleja una clara tendencia en rumbo NW con un buzamiento SW siguiendo una clara tendencia con respecto a la Formación Pepinos la cual se encuentra de manera discordante con la formación Orteguaza (Figura 50).

Figura 49. Esquema estereográfico donde se marcan tendencias de rumbo y buzamiento de la Formación Pepinos.



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Figura 50. Esquema estereográfico donde se marcan tendencias de rumbo y buzamiento de la Formación Orteguaza.



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

En la cuenca del río Hacha el esquema estructural, hace que las características del macizo rocoso presenten alto grado de fracturamiento (mas de tres familias de fractura, juntas o diaclasa ver Tabla 43) con jv (Numero de juntas en el macizo rocosos en m^3) por encima de 3, indicando un grado de inestabilidad en el terreno, dando origen a deslizamientos mayores y menores activos (la inestabilidad se evaluara con mayor detalle en el tema de riesgos).

Tabla 43. Numero de juntas presentes en los macizos rocos de la cuenca del río Hacha generadas por las fallas y sitemas de fallas que afectan la cuenca

Estación	X	Y	Familia	Tipo	Dirección	Frecuencia	Estado de agua	JV
CDG001	1155427	699880	1	DIACLASA	326/45	3	SECO	8
			2	DIACLASA	125/70	2	SECO	
			3	DIACLASA	260/70	2	SECO	
			4	DIACLASA	230/40	2	SECO	
CDG002	1155638	698698	1	DIACLASA	255/70	1	SECO	10
			2	DIACLASA	330/35	3	SECO	
			3	DIACLASA	340/70	1	SECO	
CDG005	1556503	696298	1	DIACLASA	25/35	3	HÚMEDA	20
			2	DIACLASA	40/25	8	HÚMEDA	
			3	DIACLASA	35/80	3	HÚMEDA	
CDG009	1157291	692804	1	DIACLASA	30/50	2	SECA	10
			2	DIACLASA	105/85	2	SECA	
			3	DIACLASA	295/85	1	SECA	
			4	DIACLASA	170/60	5	SECA	
CDG012	1158328	691237	1	DIACLASA	300/70	1	HÚMEDA	
			2	DIACLASA	360/45	4	HÚMEDA	
			3	DIACLASA	205/80	4	HÚMEDA	
			4	DIACLASA	175/45	3	HÚMEDA	
CDG013	1158897	690370	1	DIACLASA	80/45	3	HÚMEDA	8
			2	DIACLASA	265/60	2	HÚMEDA	
			3	DIACLASA	180/85	2	HÚMEDA	
CDG017	1159251	687621	1	DIACLASA	100/60	2	SECA	5
			2	DIACLASA	190/65	1	SECA	
			3	DIACLASA	300/60	2	SECA	
CDG018	1151177	680838	1	DIACLASA	10/85	1	HÚMEDA (3)	
			2	DIACLASA	250/60	1	HÚMEDA (3)	
			3	ESTRATIFICACION	160/40	1	HÚMEDA (3)	1
CDG019	1152382	681472	1	FALLA	115/55	3	FLUJO	4
CDG020	1153320	680363	1	DIACLASA	275/30	2	FLUJO	13
			2	DIACLASA	330/30	3	FLUJO	
			3	DIACLASA	155/80	1	FLUJO	
			4	DIACLASA	90/70	2	FLUJO	

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Tabla 43 (Continuación). Numero de juntas presentes en los macizos rocos de la cuenca del río Hacha generadas por las fallas y sitemas de fallas que afectan la cuenca

Estación	X	Y	Familia	Tipo	Dirección	Frecuencia	Estado de agua	JV
CDG022	1156379	682173	1	DIACLASA	285/15	5	NA	10
			2	DIACLASA	25/85	2	NA	
			3	DIACLASA	140/60	2	NA	
CDG023	1157241	682857	1	FOLIACION	110/80	1	SECA	4 - 5
			2	DIACLASA	25/85	2	NA	
			3	DIACLASA	140/60	2	NA	
CDG026	1159922	687074	1	DIACLASA	170/80	1	SECA	3
			2		270/30	2	SECA	
CDG027	1160685	686735	1	FALLA SINEXTRAL	250/80	3	SECA PERO OXIDOS	
			2	FOLIACIÓN	250/80			17
			3	DIACLASA	165/45	10	SECA CON EVIDENCIA	
			4	DIACLASA	120/55	3	SECA CON EVIDENCIA	
CDG032	1160343	682475	1	DIACLASA	250/85	3	SECA	5
			2	DIACLASA	340/50	2	SECA	
			3	DIACLASA	180/50	1	SECA	
			4	DIACLASA	300/40	2 - 3	SECA	
CDG037	1162045	677083	1	DIACLASA - FALLA	80/85	1	SECA	3
			2	DIACLASA	165/85	1		
CDG038	1162274	676270	1	ESTRATIFICACIÓN	165/15	10	HÚMEDA	5
			2	DIACLASA	40/90	1	HÚMEDA	
CDG039	1163096	674877	1	ESTRATIFICACIÓN	175/15	3	HÚMEDA	5
			2	DIACLASA	230/80	1	HÚMEDA	
			3	DIACLASA	310/75	1	HÚMEDA	
CDG040	1162460	673491	1	ESTRATIFICACIÓN	130/20	2	SECA	>30
			2	DIACLASA	225/30	1	HÚMEDA	
CDG041	1161820	671206	1	DIACLASA	60/185	3	HÚMEDA	5
			2	DIACLASA	150/85	3	HÚMEDA	
			3	ESTRATIFICACIÓN	190/10	4	SECA	
CDG044	1159129	676339	1	DIACLASA	110/85	3	FLUJO	
			2	DIACLASA	20/55	3 - 4	FLUJO	
			3	DIACLASA	170/35	10	FLUJO	
			4	FALLA	160/75	1	FLUJO	
			5	FOLIACIÓN	90/85	10	FLUIO	

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Tabla 43 (Continuación). Numero de juntas presentes en los macizos rocos de la cuenca del río Hacha generadas por las fallas y sitemas de fallas que afectan la cuenca

Estación	X	Y	Familia	Tipo	Dirección	Frecuencia	Estado de agua	JV
CDG046	1159847	674187	1	DIACLASA	345/45	1	SECA	
			2	DIACLASA	325/70	1	SECA	
			3	DIACLASA	290/85	1	SECA	
			4	FALLA	320/80	4	SECA	
			5	ESTRATIFICACIÓN	270/80	4	SECA	
CDG047	1160125	673732	1	DIACLASA	50/75	2	SECA CON EVIDENCIA	
			2	DIACLASA	2		SECA	
			3	ESTRATIFICACIÓN	2		SECA CON EVIDENCIA	
CDG051	1162465	673021	1	DIACLASA	340/60	1	SECA	5
CDG053	1152731	671190	1	FOLIACIÓN	250/80	2 - 10	SECA	10
			2	DIACLASA	350/60	3	SECA	
			3	DIACLASA	130/15	3	SECA	
CDG055	1155203	672283	1	DIACLASA	290/85	1	SECA	30
			2	FOLIACIÓN	70/40	6	SECA	
			3	DIACLASA	190/75	10	SECA	
CDG058	1157035	670347	1	FOLIACION	210/75	1	SECA	7
			2	DIACLASA	180/90	2	SECA	
			3	DIACLASA	80/25	2	SECA	
			4	DIACLASA	40/75	1	SECA	
			5	DIACLASA	150/90	1	SECA	
CDG059	1157728	664203	1	FOLIACION	330/75	1	SECA	4
			2	DIACLASA	90/45	1	SECA	
			3	DIACLASA	200/60	1	SECA	
CDG060	1158626	669076	1	DIACLASA	30/65	2	SECA	7
			2	ESTRATIFICACIÓN	170/65	1 - 4	SECA	
CDG063	1170158	667222	1	DIACLASA	120/85	2	SECA CON EVIDENCIA	13
			2		30/80	3	SECA CON EVIDENCIA	

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.2.7 Análisis del dominio geológico con respecto a la cuenca y el aporte de los elementos requeridos para la caracterización del componente de la Gestión del Riesgos.

El aporte de la geología a la sociedad se ha visto reflejado por años en el soporte de las indutrias relacionadas con exploración y explotación de recursos minerales

(pétreos, energéticos, metalifeos etc). Sin embargo, este aporte en los últimos años a cambiado, es más significativo y se ha volcado para el bien colectivo de la sociedad, este aporte es la base para la planificación urbana, ordenamiento territorial, obras de ingeniería y gestión del riesgo.

La geología aporta a los POMCAS, la identificación y caracterización de los cambios puntuales que pueda tener el terreno, sean lentos (erosion) o sean cambios que varian abruptamente (caídas de roca, avalanchas y deslizamientos). De esta manera, el aporte más significativo de la geología a la sociedad y al estado, es el estudio a detalle del terreno que permite prevenir y solucionar riesgos a las condiciones de vida. Para la cuenca del río hacha el aporte y el dominio geológico se ven representados en la estimación de la inestabilidad.

La cuenca presenta inestabilidad de terreno especialmente en la vereda Damas subcuenca quebrada la Yuca y la vía que lleva a la veredad Travesias subcuenca quebrada Dedo (esta caracterización la determinan con asertividad en el capitulo de riesgos), esta inestabilidad se debe a los eventos geológicos presentes como son el alto fracturamiento de la roca, el amplio perfil de meteorización, los cambios de permeabilidades, la generacion de los suelos residuales no consolidados y eventos morfodinámicos antiguos y activos (deslizamientos y caídas de roca).

El alto fracturamiento de la roca y el corte de taludes para construcciones de carreteras hacen posible un desplazamiento gravitacional de la roca, de detritos y de suelos residuales tratandose de un riesgo (categoría que se dara con asertiviadad en el capitulo de riesgos).

La configuración estructural presente en la cuenca está basada principalmente en la acción de un sistema de fallas regional la cual se ve reflejada en la cuenca como una serie de ramificaciones menores que generan afectaciones físicas en los cuerpos rocosos, generando de esta manera zonas donde se hace frecuente eventos de remoción en masa por eventos tectónicos (fallamientos), así mismo las condiciones climáticas generan meteorización química en las rocas, dando como resultado la formación de materiales neo formados, los cuales tienen como característica ser materiales fácilmente erodables y altamente instables.

Durante la revisión de fotografías aéreas haciendo principal énfasis en el casco urbano de la población de Florencia, se observa la invasión de cauces o antiguos cauces principalmente del río Hacha, el cual tiene la particularidad de ser un rio de tipo meandrico, que se encuentra en constante movimiento lateral que genera el abandono de antiguos cauces, los cuales son aprovechados por la comunidad para su posterior invasión; de igual manera esta característica de meandrico genera afectaciones por erosión lateral en algunas zonas si se tiene en cuenta el grado de meteorización que se presentan en algunas sectores de la cuenca, así como el

grado de canalización natural que tiene algunos sectores del rio, razón por la cual se potencializa la amenaza por eventos de avenidas torrenciales, que podrían generar afectaciones principalmente sobre los asentamientos urbanos en antiguos cauces del rio, localizadas principalmente en la zona centro este de la ciudad de Florencia, donde antiguamente se han tenido problemas por este tipo de eventos.

3.2.8 Conclusiones

- La posición geográfica de la cuenca hidrográfica del río Hacha la localiza en una zona geológicamente compleja por su fuerte actividad tectónica y el tipo de litologías presentes sobre la cuenca, localizando de esta manera rocas que evidencian quizás los procesos geológicos más antiguos en la cordillera de los andes.

- El dominio estructural en la cuenca del rìo Hacha esta relacionado con la evolución del frente de deformación amazónico, que involucra las fallas de Florencia y Borde Amazónico.

- Las unidades litológicas presentes en la cuenca hidrográfica del rio Hacha sugieren principalmente y de manera uniforme un ambiente de depósito correspondiente a zonas transicionales o deltaicas con evidencias de procesos de regresión y transgresión del mar evidenciados en las facies sedimentarias presentes en las diferentes unidades litológicas presentes en la cuenca.

- El Macizo de Garzón y la Formación Pepinos corresponden a las unidades litológicas predominantes de la cuenca hidrográfica, indicando de esta manera dos ambientes de depósito completamente diferentes puesto que el Macizo de Garzón por sus facies y grado metamórfico indican procesos de formación de presiones y temperaturas elevadas, tal vez asociadas con procesos de cierres periclinales de micro continentes que se adosaron al continente en el Precámbrico; mientras que la Formación pepinos sugiere ambientes un poco más estables para su depósito asociado a zonas transicionales (deltas) con predominante aporte continental, lo que permite inferir la ausencia de barreras estructurales que impidieran la entrada de océano hasta estas localidades.

- La formación Caballos presenta una tendencia estructural general en rumbo NE y una dirección de buzamiento principalmente hacia el SE.

- Las unidades litoestratigráficas que afloran en la cuenca hidrográfica del río hacha presentan una estrecha relación crono estratigráfica a la cuenca Caguán-Putumayo

- El complejo de Garzón presenta una cobertura parcial sobre la cuenca hidrográfica del rio Hacha, con algunas afectaciones físicas debido a la fuerte acción tectónica que se tiene en la cuenca por la presencia del sistema de fallas del borde

amazónico que genera un estilo estructural compresivo representado en fallas inversas.

- Localmente el complejo de Garzón representa la parte basal de la secuencia estratigráfica de la cuenca del río Hacha, representado composicionalmente por migmatitas con algunas alternancias de Neis cuarzo feldespáticos

- Las rocas de la formación caballos se conforman principalmente por cuarzo areniscas de grano fino a medio, localmente solo se encuentran cuarzo areniscas, presentan una orientación principalmente N50E.

- La Formación Pepinos, se encuentra divida en tres miembros; inferior, medio y superior, marcando claramente una gradación inversa en la secuencia estratigráfica de la Formación Pepinos.

- La cuenca hidrográfica del rio hacha presenta 26 unidades geológicas superificiales divididas en unidades de roca, de origen metamórfico y sedmientario, unidades de suelo divididas en residuales transportados y translocados.

- Unas de las zonas con posible susceptibilidad alta, corresponde a la vereda Damas subcuenca quebrada la Yuca y la vía que lleva a la veredad Travesias subcuenca quebrada Dedo.

3.2.9 Recomendaciones

- Realizar cartografía geológica más detallada, escala 1.10.000 y 1:5.000 con el objetivo de realizar una caracterización geológica específica, especialmente para la zona media y alta de la cuenca que cuenta con procesos tectónicos fuertes acompañados de fuertes procesos morfo dinámicos que generan afectaciones a población civil.

- Comunicar a entidades gubernamentales de la situación geológica estructural haciendo principal énfasis en zonas con afectaciones tectónicas con el objetivo de promover mecanismos de mitigación.

- Realizar análisis estructurales al sistema de fallas menores de Borde Amazónico, con el objetivo de iniciar un control correspondiente al movimiento que dichos eventos tectónicos tienen sobre la cuenca.

- Promover toda actividad minera guardando los parámetros de conservación y legislación ambiental que regulan este tipo de actividad y para los que no cumplen con esta normatividad, invitar a legalizar sus actividades extractivas con el objetivo de contrarrestar impactos ambientales sobre la cuenca del río Hacha

3.3 HIDROGEOLOGÍA

El presente informe busca presentar la caracterización hidrogeológica realizada para la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha, a partir de la información disponible según lo recomienda la guía metodológica para la formulación de planes de manejo ambiental de acuíferos (MADS, 2014), donde se plantean una serie de lineamientos como es el caso de lineamentos geológicos, geofísicos, geomorfológicos, etc., con el objetivo de construir un Modelo Hidrogeológico Conceptual.

Para el caso de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha, las principales limitantes están en los vacíos de información requerida para la caracterización del acuífero, debido a que el tema hidrogeológico no ha sido abordado con profundidad por la abundancia de agua superficial a lo largo y ancho de la Cuenca del Río Hacha.

3.3.1 Marco de Referencia

La hidrogeología es la ciencia que estudia el almacenamiento, circulación y distribución de las aguas terrestres en las zonas saturada y no saturada de las formaciones geológicas, teniendo en cuenta sus propiedades físicas y químicas, sus interacciones con el medio físico y biológico y sus reacciones a la acción del hombre.

El estudio hidrogeológico es indispensable para conocer el potencial de los recursos hídricos subterráneos, para su aprovechamiento y para garantizar la preservación del recurso evitando su contaminación y sobreexplotación. Para elaborar la caraterización hidrogeológica, se deben tener en cuenta las siguientes variables:

- La recarga es el proceso por el cual el agua lluvia y/o de escorrentía, que una vez satisface las necesidades de humedad de suelo, entra al sistema hidrogeológico o más precisamente percola y alcanza la zona freática y renueva las reservas del acuífero; la zona de recarga o alimentación es el área en la superficie del terreno donde se dan los procesos de infiltración del agua y generalmente se presenta en donde las unidades acuíferas afloran en la superficie o a través de otros acuíferos por goteo o por recarga lateral. Estas zonas son por lo general muy vulnerables y de ellas puede depender el abastecimiento de agua en el futuro, son sensibles a la contaminación y sobre las mismas se deben tomar medidas de protección.

- La descarga es la tasa de flujo de una corriente, manantial o sistema de agua subterráneo. La zona de descarga es la zona donde el agua, sale del acuífero puede ser por un manantial, por la descarga a un río o al mar.

- El Modelo Hidrogeológico Conceptual: Corresponde a una descripción física cualitativa de cómo se comporta el sistema hidrogeológico.

Con la información de la caracterización hidrogeológica se clasifican las diferentes unidades de roca. Según su comportamiento hidrogeológico se pueden encontrar los siguientes tipos de acuíferos:

- Acuíferos: Estrato o formación geológica que permite el almacenamiento y circulación del agua por sus poros y/o grietas. Dentro de estas formaciones podemos encontrarnos con materiales muy variados como gravas, calizas fracturadas, areniscas porosas, arenas de playa, algunas formaciones volcánicas, depósitos de dunas, estas son económicamente explotables.

- Acuicludos: Formación geológica que, conteniendo agua en su interior incluso hasta la saturación, pero no la transmite y por lo tanto no es posible su explotación. Se pueden citar como ejemplos los depósitos de arcillas de cualquier origen.

- Acuitardos: Formación geológica que conteniendo apreciables cantidades de agua la transmiten muy lentamente, por lo que no son aptos para el emplazamiento de captaciones de aguas subterráneas, pero, sin embargo, bajo condiciones especiales permiten una recarga vertical de otros acuíferos, que puede llegar a ser muy importante en ciertos casos.

- Acuífugos: Aquellas formaciones geológicas que no contienen agua ni la pueden transmitir, como por ejemplo un macizo granítico que no esté fisurado o unas rocas metamórficas sin meteorización ni fracturación, estos se consideran impermeables.

3.3.2 Metodología

Para la actualización del componente hidrogeológico se propone inicialmente una revisión de la información bibliográfica identificada durante la Fase de Aprestamiento como pertinente de uso y de esta manera se obtiene una contextualización de la situación geológica, geomorfológica e hidrogeológica de la cuenca hidrográfica; posteriormente se propone una salida de campo para levantar o verificar información sobre uso del recurso hídrico subterráneo y complementar el inventario de puntos de agua documentados en la información secundaria; finalmente, se triangula la información obtenida en los pasos previos para realizar los análisis y generar el documento técnico del componente hidrogeológico de la Cuenca del Río Hacha. A continuación, se describe cada una de las etapas o fases (Ver Anexo 9-1):

3.3.2.1 Fase de Precampo

- Revisión Bibliográfica. Esta etapa preliminar del componente hidrogeológico, inicia con una revisión de guías, estudios técnicos, documentos académicos y expedientes de trámites ambientales suministrados por CORPOAMAZONÍA.

El punto de partida es la guía metodológica para la formulación de planes de manejo ambiental de acuíferos Esta guía establece los lineamientos básicos para la formulación de modelos hidrogeológicos, así como los insumos requeridos para su realización, dentro de los cuales se encuentran evaluaciones geológicas, evaluaciones geofísicas con implementación de diferentes técnicas de prospección como los son geoeléctrica (Sondeos Eléctricos Verticales-SEV), sísmica (refracción-reflexión), gravimetría y magnetometría. Para el caso específico de la cuenca, no se dispone de la información catalogada como base en la guía metodológica[22], es decir, no se cuenta con información geofísica para realizar las diferentes interpretaciones correspondientes a geometría, profundidad, pozos secos o saturados, etc.

Adicional a esto, no se cuenta con un inventario de puntos de aguas subterráneas, tal y como lo propone la guía metodológica[23], lo que plantea este inventario como una de las actividades más importantes para estudios hidrogeológicos, debido a que esta información permite plantear aspectos sobre el funcionamiento del acuífero en conjunto con la información geofísica y geológica. De esta manera, el alcance de la caracterización hidrogeológica puede verse limitada por un faltante en información base.

De igual manera se analiza el mapa de rezumaderos propuesto por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH, 2010), donde se establecen puntos identificados como impregnaciones en rocas, rezumaderos de aceite y gas (Ver Figura 51, área resaltada en círculo rojo para la cuenca); para el caso puntual de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha, se identifican puntos de impregnaciones, sin embargo, dicha información por la escala a la que se presenta es objeto de verificación.

Otro de los estudios consultados corresponde al Estudio Nacional del Agua 2010, el cual sugiere una columna estratigráfica generalizada de la Cuenca Caguán, donde se encuentran referenciadas las rocas que conforman la cuenca hidrográfica. Información, que permite realizar una posible caracterización de los tipos de acuíferos que se pueden generar con sus respectivas características de porosidades (IDEAM, 2010).

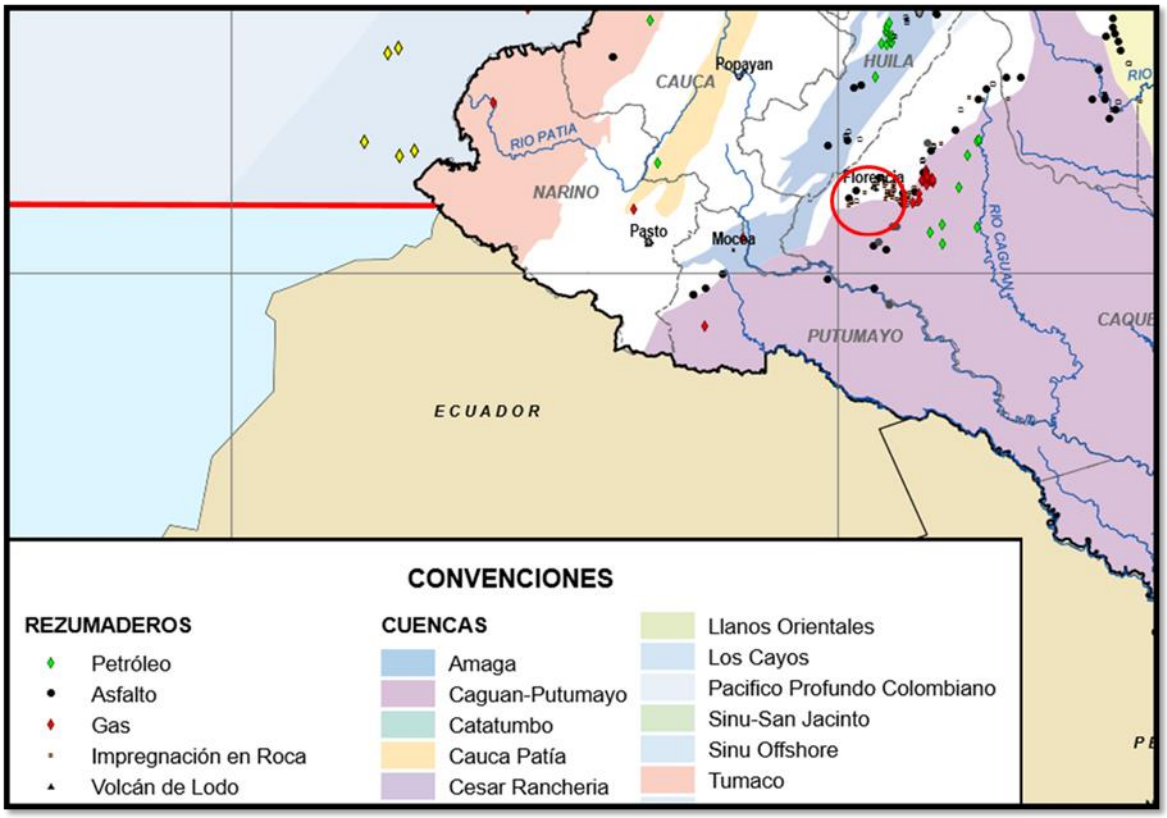
De igual manera se analiza el mapa generado por el IDEAM donde se realiza una distinción de las diferentes provincias hidrogeológicas del país, localizando la zona de la Cuenca del Río Hacha dentro de la provincia hidrogeológica de la Caguán-Putumayo.

---

[22] MINISTERÍO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. (2014). Guía metodológica para la formulación de planes de manejo ambiental de acuíferos.

[23] Ibid., p.123

Figura 51. Sección del mapa de rezumaderos de Colombia



Fuente: Mapa de rezumaderos de Colombia (ANH, 2010)

Dicha información es soportada y actualizada en el Estudio Nacional del Agua 2014, donde se plantean los diferentes lineamientos para la realización de un modelo conceptual hidrogeológico, la identificación de acuíferos nacionales, demanda hídrica por zonas en el país, y se caracteriza esta zona del país sin acuíferos importantes y con una demanda hídrica subterránea bastante baja, frente a otras zonas del país, de igual manera de localiza al departamento del Caquetá, como provincia hidrogeológica Caguán- Putumayo (IDEAM, 2015).

A nivel regional, se tiene la información consignada en el POMCA del Río Hacha (2006-2025) [24] , donde se establecen generalidades acerca del modelo hidrogeológico de esta cuenca, la cual plantea un modelo hidrogeológico basado en permeabilidades secundarias (fracturas) que permiten la circulación de aguas a cuerpos superficiales, puesto que dichas fracturas pueden ser utilizadas como zonas de tránsito, adicional a esto se relaciona los cuerpos de roca que conforman la cuenca hidrográfica con posibles acuíferos, dando como conclusión sistemas de acuíferos libres y confinados de extensiones variables desarrollados principalmente

[24] CORPOAMAZONIA, UNIVERSIDAD DE LA AMAZONÍA. (2006-2025). *Plan de Ordenamiento y Manejo Ambiental de la Cuenca del río Hacha.*

en rocas metamórficas y sedimentarias, hacia la parte baja de la cuenca, los cuerpos de roca cuaternarios, son aprovechados por pobladores para tener un aprovechamiento hídrico gracias a la construcción de aljibes.

Dicha información es soportada por el informe del PGAR[25], donde se consignan los posibles tipos de acuíferos que conforman la Cuenca Hidrográfica del Hacha, basados principalmente en los cuerpos rocosos que la integran. de igual manera se hace el énfasis de la conformación de cuerpos de agua por el favorecimiento de fracturas regionales que permiten el tránsito de dichas aguas; este informe relaciona directamente la Cuenca del Río Hacha con la provincia hidrogeológica del Amazonas (CORPOAMAZONIA, 2002).

A escala local, la información hidrogeológica del municipio de Florencia, específicamente de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha, es reducida, sin embargo, se cuenta con los expedientes de trámites ambientales relacionados con concesiones de agua dentro de los cuales se encuentran estudios que brindan insumos para la construcción de este componente en la Cuenca del Río Hacha.

Dentro de los estudios consultados está el análisis hidrogeológico realizado por Terpel, en el que se hizo la perforación de un pozo exploratorio de aproximadamente 70 m de profundidad, el cual permitió la caracterización geológica de la roca (ripio de pozo) que se iba sacando, corroborando de esta manera la información geológica existente, además realizaron análisis geofísicos (geo eléctrica) y pruebas de bombeo (TERPEL, AKUATECNICA LTDA., 2012).

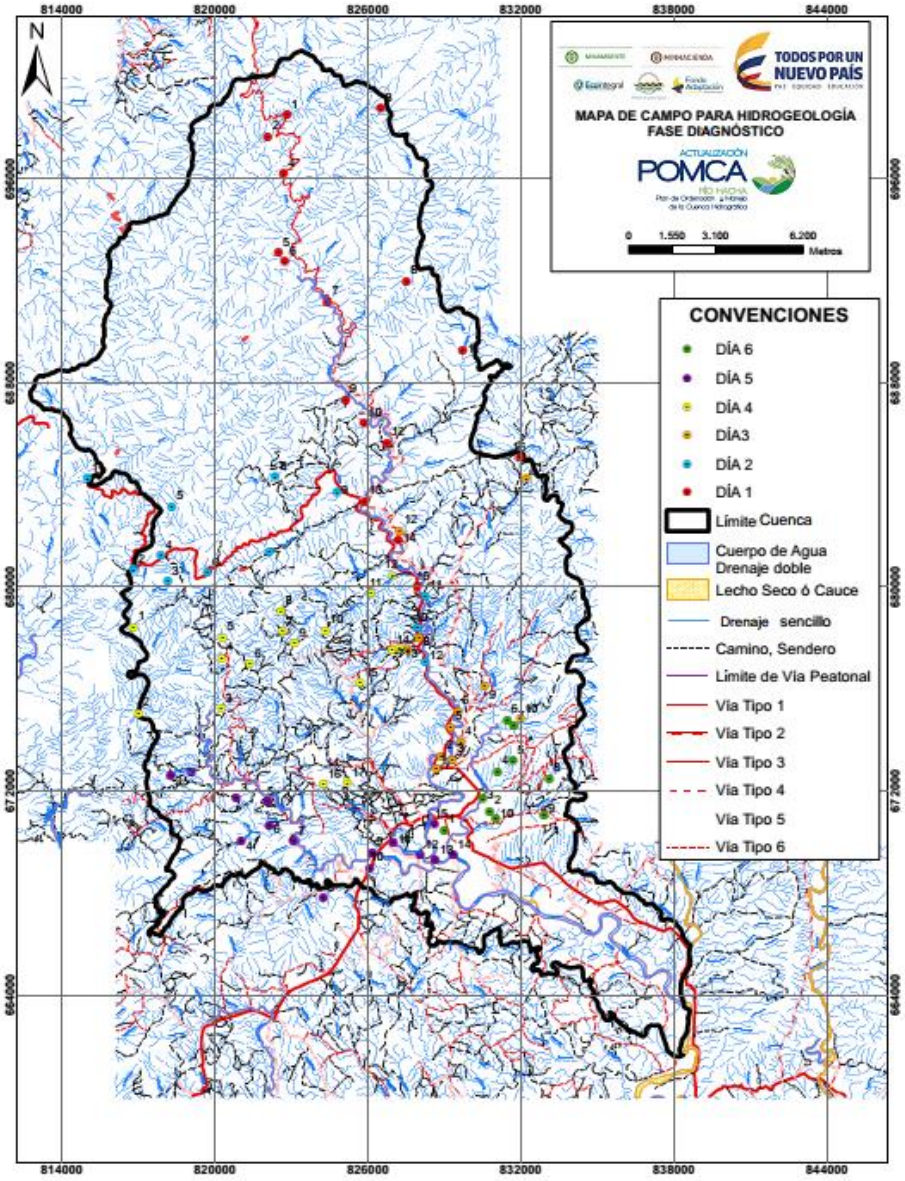
Para la parte urbana del municipio de Florencia, se encuentran los expedientes de solicitud y concesión de aguas subterráneas para usos comerciales (lavaderos) donde se realizaron análisis químicos, pruebas de bombeo en pozos poco profundos y análisis de caudales que facilitan la visión hidrogeológica, información que sirve de base para tratar de hacer una extrapolación que permita lograr un cubrimiento técnico parcial soportado hasta donde se permita con la información recolectada en los Talleres de Diagnóstico y rutas para el levantamiento de información biofísica de la Cuenca del Río Hacha.

- Selección de Puntos de control. Teniendo en cuenta que la información correspondiente al componente de hidrogeología es mínima para la Cuenca del Río Hacha, se realiza un inventario base de puntos de agua (pozos, aljibes, manantial y piezómetro) a partir de la información suministrada en los Talleres de Diagnóstico y las observaciones que puedan realizarse en las diferentes rutas contempladas para el levantamiento de información durante la Fase de Diagnóstico.

[25] CORPOAMAZONIA. (2002-2011). Plan de Gestión Ambiental de la “Región” del Sur de la Amazonía Colombiana.

Adicional a esto se buscó identificar posibles zonas de tránsito de agua subterránea con la medición de planos de diaclasas que se puedan establecer como regionales; así como posibles zonas de contaminación de agua subterránea por agentes extrínsecos o intrínsecos de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha, para lo cual se trazó una ruta teniendo en cuenta lo observado durante el desarrollo de la fase de campo del componente de geología (Figura 52).

Figura 52. Mapa de ruta de campo, componente hidrogeología



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.3.2.2 Fase de Campo. Teniendo en cuenta las zonas de importancia hidrogeológica que buscan identificarse en la Cuenca del Río Hacha se propone el siguiente itinerario para el levantamiento de información, donde principalmente se busca realizar un inventario de puntos de agua, cabe destacar que el levantamiento de dicha información se realizara en los meses de junio y julio donde de manera tradicional se tienen incrementos significativos de lluvias sobre la cuenca hidrográfica.

- SECTOR 1. VÍA FLORENCIA – GABINETE. La ruta inicia en la parte más septentrional de la cuenca hidrográfica, aproximadamente sobre los 2000 a 2500 m.s.n.m; en el sector se encuentra el mayor número de nacimientos de agua donde se busca realizar un inventario de estos, de igual manera sobre dicho sector se encuentra aflorante el Macizo de Garzón donde se busca establecer discontinuidades estructurales regionales con el objetivo de establecer porosidades secundarias que permitan la circulación o acumulación de aguas subterráneas (Tabla 44).

Tabla 44. Coordenadas de la ruta programada para el Sector 1.

PUNTO	COORDENADA E	COORDENADA N	FUENTE	VEREDA
1	822830	698511	Interpretación de imagen	Tarqui
2	822073	697670	Interpretación de imagen	Tarqui
3	826500	698750	Interpretación de imagen	Tarqui
4	822700	696200	Interpretación de imagen	Tarqui
5	822500	693100	Interpretación de imagen	Zona de bosque
6	822750	692750	Interpretación de imagen	Zona de bosque
7	824407	691178	Interpretación de imagen	Zona de bosque
8	827500	692000	Interpretación de imagen	Zona de bosque
9	825121	687343	Interpretación de imagen	Horizonte
10	825844	686403	Interpretación de imagen	Horizonte
11	829721	689263	Interpretación de imagen	El Paraíso
12	826751	685653	Interpretación de imagen	El Paraíso
13	825865	683342	Interpretación de imagen	El Paraíso
14	827198	681812	Interpretación de imagen	Palmichal
15	827945	680007	Interpretación de imagen	Palmichal
16	831966	685064	Interpretación de imagen	El Convenio

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- SECTOR 2. VÍA FLORENCIA SUAZA. La ruta establecida por este sector se basa principalmente por la localización principalmente de puntos de contaminación de aguas subterráneas por circulación de hidrocarburos que estarían aprovechando porosidades primarias de la formación rocosa sedimentaria que se localiza sobre dicho sector, tal y como lo muestra la caracterización geológica realizada en el marco de la actualización de POMCA del Río Hacha (Tabla 45).

Tabla 45. Coordenadas de la ruta programada para el Sector 2.

PUNTO	COORDENADA E	COORDENADA N	FUENTE	VEREDA
1	815000	684250	Interpretación de imagen	El Caraño
2	816807	680677	Interpretación de imagen	Doradas Altas
3	818150	680221	Interpretación de imagen	Doradas Altas
4	817884	681233	Interpretación de imagen	Doradas Altas
5	818329	683139	Interpretación de imagen	El Caraño
6	819718	680557	SGC	Doradas Altas
7	822145	681352	Interpretación de imagen	Doradas Bajas
8	822368	684306	Interpretación de imagen	El Caraño
9	824793	683709	Interpretación de imagen	Avenida El Caraño
10	827944	678400	Interpretación de imagen	San Luis
11	828259	679626	Interpretación de imagen	El Limón
12	828249	677047	SGC	San Rafael

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- SECTOR 3. VÍA FLORENCIA LA CALERA. El levantamiento de información sobre dicha zona está basado principalmente en el inventario de puntos de agua, puesto que sobre el sector se encuentran asentamientos urbanos importantes que podrían hacer algún tipo de aprovechamiento sobre nacimientos tributarios del rio, así mismo realizar una caracterización de la roca en términos de porosidad primaria y secundaria al evaluarse su grado de fracturación teniendo en cuenta que sobre la zona se tienen rocas sedimentarias y metamórficas (Tabla 46).

Tabla 46. Coordenadas de la ruta programada para el Sector 3.

PUNTO	COORDENADA E	COORDENADA N	FUENTE	VEREDA
1	828679	672868	SGC	Sector urbano
2	828895	673363	SGC	Sector urbano
3	829306	673226	SGC	Sector urbano
4	829638	673929	SGC	Sebastopol
5	829244	674498	SGC	Sebastopol
6	829531	675117	Puntos riesgos	Sebastopol
7	827600	677500	Puntos riesgos	Nueva Jerusalén
8	828000	678000	Puntos riesgos	Sebastopol
9	830571	676126	Puntos riesgos	El Salado
10	831978	674808	Puntos riesgos	Alto Brasil
11	832210	684250	SGC	El Convenio- San Francisco
12	827250	682200	SGC	San Francisco

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- SECTOR 4. VÍA FLORENCIA – ALTO CALDAS – TRAVESÍAS - LOS GUAYABOS. La ruta por este sector se dirige principalmente al levantamiento del inventario de puntos de agua, así mismo como la identificación de discontinuidades estructurales que generen porosidad secundaria en la roca aflorante, teniendo en cuenta que sobre dicho sector se tienen trazos de sistemas de fallas regionales que afectan la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha (Tabla 47).

Tabla 47. Coordenadas de la ruta programada para el Sector 4.

PUNTO	COORDENADA E	COORDENADA N	FUENTE	VEREDA
1	816810	678438	SGC	Las Doradas Altas
2	817005	675054	punto riesgos	Alto bonito
3	820246	675239	punto riesgos	Villa Flórez
4	820275	677204	Interpretación de imagen	Travesías
5	820310	678010	Interpretación de imagen	Los Guayabos
6	821376	676969	Interpretación de imagen	Travesías
7	822654	678264	Interpretación de imagen	Travesías
8	822594	679057	Interpretación de imagen	Travesías
9	823132	677777	Interpretación de imagen	Travesías
10	824334	678296	Interpretación de imagen	San Luis
11	826104	679757	Interpretación de imagen	La Carbona
12	826959	680435	Interpretación de imagen	La Carbona
13	827257	677578	Interpretación de imagen	La Primavera
14	826947	677511	Interpretación de imagen	La Primavera
15	825700	676250	Interpretación de imagen	Alto Caldas
16	824250	672250	SGC	Caldas
17	825200	672300	SGC	Caldas

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- Sector 5. VÍA FLORENCIA – SANTO DOMINGO – DAMAS ARRIBA. La ruta establecida sobre este sector se hace principalmente con el objetivo de realizar un levantamiento del inventario de puntos de agua, donde aparte de tener nacimientos, se cuenta con el uso de pozos y en algunos casos aljibes artesanales (Tabla 48).

Tabla 48. Coordenadas de la ruta programada para el sector 5.

PUNTO	COORDENADA E	COORDENADA N	FUENTE	VEREDA
1	819074	672721	SGC	Damas Arriba
2	818257	672585	SGC	Damas Arriba
3	820837	671727	SGC	La Conga
4	821040	670050	SGC	La Holanda
5	822064	671595	SGC	La Conga
6	822133	670665	SGC	La Holanda
7	823087	670014	SGC	Damas Abajo
8	824250	667800	SGC	Damas Abajo
9	826160	669580	SGC	Colombia
10	826080	668980	SGC	Colombia
11	827003	669991	SGC	San Juan del Barro
12	828062	669501	SGC	San Juan del Barro
13	828651	669283	SGC	San Juan del Barro
14	829350	669489	SGC	San Juan del Barro
15	828615	670686	SGC	Suelo urbano

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- SECTOR 6. PARTE BAJA DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA, EN ZONAS CERCANAS A LA DESEMBOCADURA DEL RÍO HACHA SOBRE EL RÍO ORTEGUAZA. Sobre este sector localizado en la parte baja de la cuenca, se tienen como característica principal niveles freáticos cercanos a superficie donde se tienen zonas de humedales que podría indicar una zona de descarga de acuíferos, geológicamente dicha zona se encuentra localizada sobre grandes extensiones de depósitos cuaternarios de donde actualmente se tienen registros de aljibes y pozos de uso humanos, tal y como se menciona en el PGAR (2002-2011) (Tabla 49).

Tabla 49. Coordenadas de la ruta programada para el día 6.

PUNTO	COORDENADA E	COORDENADA N	FUENTE	VEREDA
1	828986	670471	SGC	Suelo urbano
2	830780	671207	SGC	Suelo urbano
3	830508	671697	SGC	Suelo urbano
4	831081	672774	SGC	Bajo Brasil
5	831690	673178	SGC	Bajo Brasil
6	831475	674771	SGC	Ilusión
7	831711	674544	SGC	Ilusión
8	833100	672500		La Sardina
9	832900	671050		La Sardina
10	831020	670900		Suelo de expansión urbana

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

En cada uno de los puntos de control propuestos se diligenció el formato de campo que incluye información básica tal es el caso del tipo de punto de agua (pozo, aljibe o manantial) y puntos que generen contaminación de acuíferos por agente extrínsecos o intrínsecos (ver Anexo 9-2).

De manera paralela se hace un análisis estructural con el objetivo de establecer estructuras (fracturas) de comportamiento regional basados principalmente en la caracterización geológica realizada, la cual arrojo como resultado la presencia principalmente de dos cuerpos rocosos; uno de ellos capaz de fracturarse ante estímulos compresivos o distintivos y el otro capaz de permitir el libre tránsito de fluidos.

El levantamiento de información se realizó en el marco de las rutas veredales previstas para la fase de diagnóstico, y se analizará la información recolectada por la ruta geología y gestión del riesgo las cuales suministran insumos importantes en los componentes geológicos y geomorfológicos de la cuenca.

3.3.2.3 Fase de Post – Campo. Durante la realización de esta etapa se busca el análisis de la información, recolectada en campo y la triangulación con la información disponible para la cuenca hidrográfica.

Es conveniente aclarar que el cumplimiento del alcance técnico propuesto en el anexo de alcance técnicos depende estrictamente de la información base con la que se cuenta, razón por la cual no se considera posible cumplir a cabalidad dichos requerimientos. En este sentido, se plantea generar información base que pueda servir para análisis hidrogeológicos posteriores a la realización de la actualización del Río Hacha.

Lo anteriormente mencionado, hace referencia a la generación de memorias técnicas donde se brinde información acerca de la caracterización de unidades geológicas capaces de generar sistemas de acuíferos, así mismo se plantea la identificación de la vulnerabilidad de los sistemas de acuíferos por los diferentes agentes extrínsecos o intrínsecos de la cuenca, y la identificación de los usos actuales del recurso hídrico subterráneo basados principalmente en la oferta y/o demanda que se tenga sobre el área de estudio.

Esta información se generará con el objetivo de zonificar posibles zonas de recarga y descarga de acuíferos, zonas que puedan ser identificadas como zonas de conservación y/ o manejo ambiental especial para su optima conservación y manejo; de igual manera se busca generar planchas hidrogeológicas a escala 1:25000 donde se establezcan posibles zonas de recarga, descarga y tránsito del recurso hídrico. No obstante, esto se encuentra condicionado por la información que logre ser levantada en campo y la información secundaria que pueda encontrarse de forma adicional para el área de la cuenca o zonas aledañas.

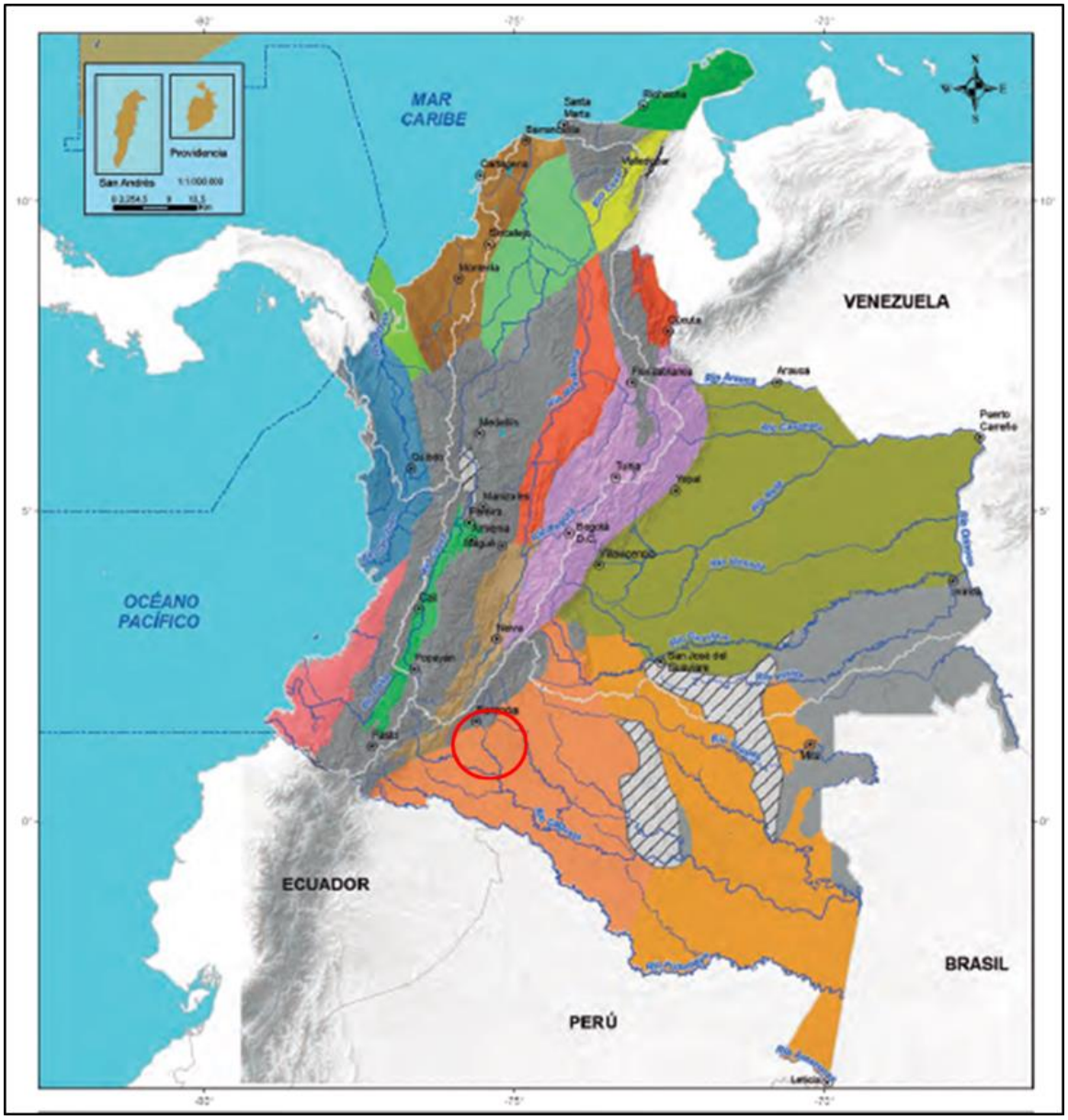
De igual manera, se buscará extrapolar e interpolar la información técnica disponible consignada en los diferentes expedientes de solicitud de concesión de aguas subterráneas a CORPOAMAZONIA, con el objetivo de lograr un cubrimiento total de ser posible o un cubrimiento parcial de la Cuenca del Río Hacha.

3.3.3 Unidades Hidrogeológicas

La Cuenca Hidrográfica del Río Hacha, hace parte de la Provincia Hidrogeológica Caguán – Putumayo (Figura 53), en el Área Hidrográfica del Amazonas, en donde se pueden formar sistemas acuíferos en los valles aluviales y en las terrazas de los ríos, de tipo libre a semiconfinados. Sin embargo, no se encuentra información de unidades hidrogeológicas[26].

[26] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, Estudio Nacional del Agua, Bogotá, 2015.

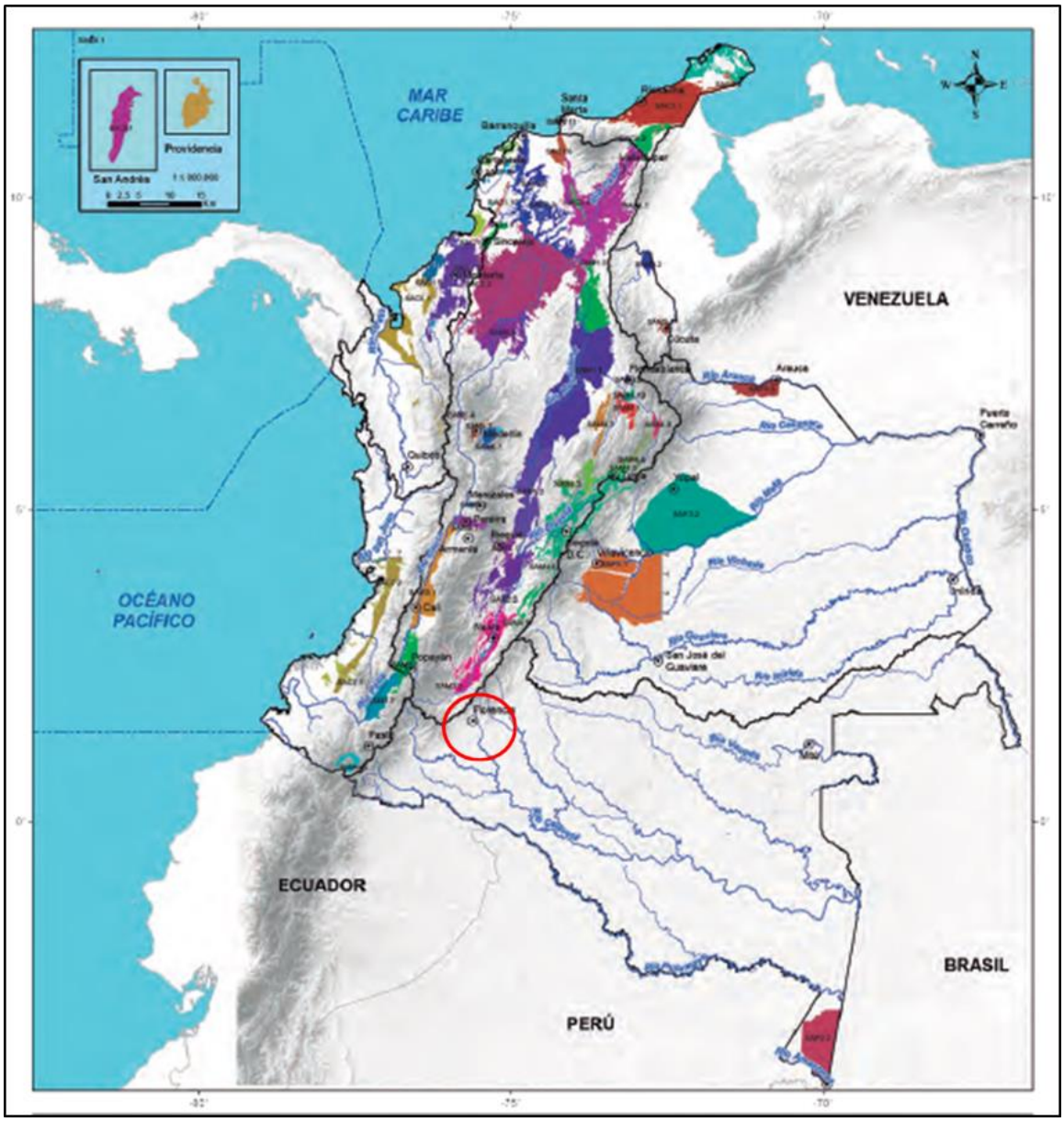
Figura 53. Provincias Hidrogeológicas de Colombia



Fuente: Estudio Nacional del Agua - ENA, 2014

La Cuenca Hidrográfica del Río Hacha no presenta sistemas acuíferos regionales (Figura 54), según la información del ENA, la cuenca no tiene asociado ningún sistema acuífero según la información de la base de datos del Sistema de Información Ambiental de Colombia – SIAC (
Figura 55).

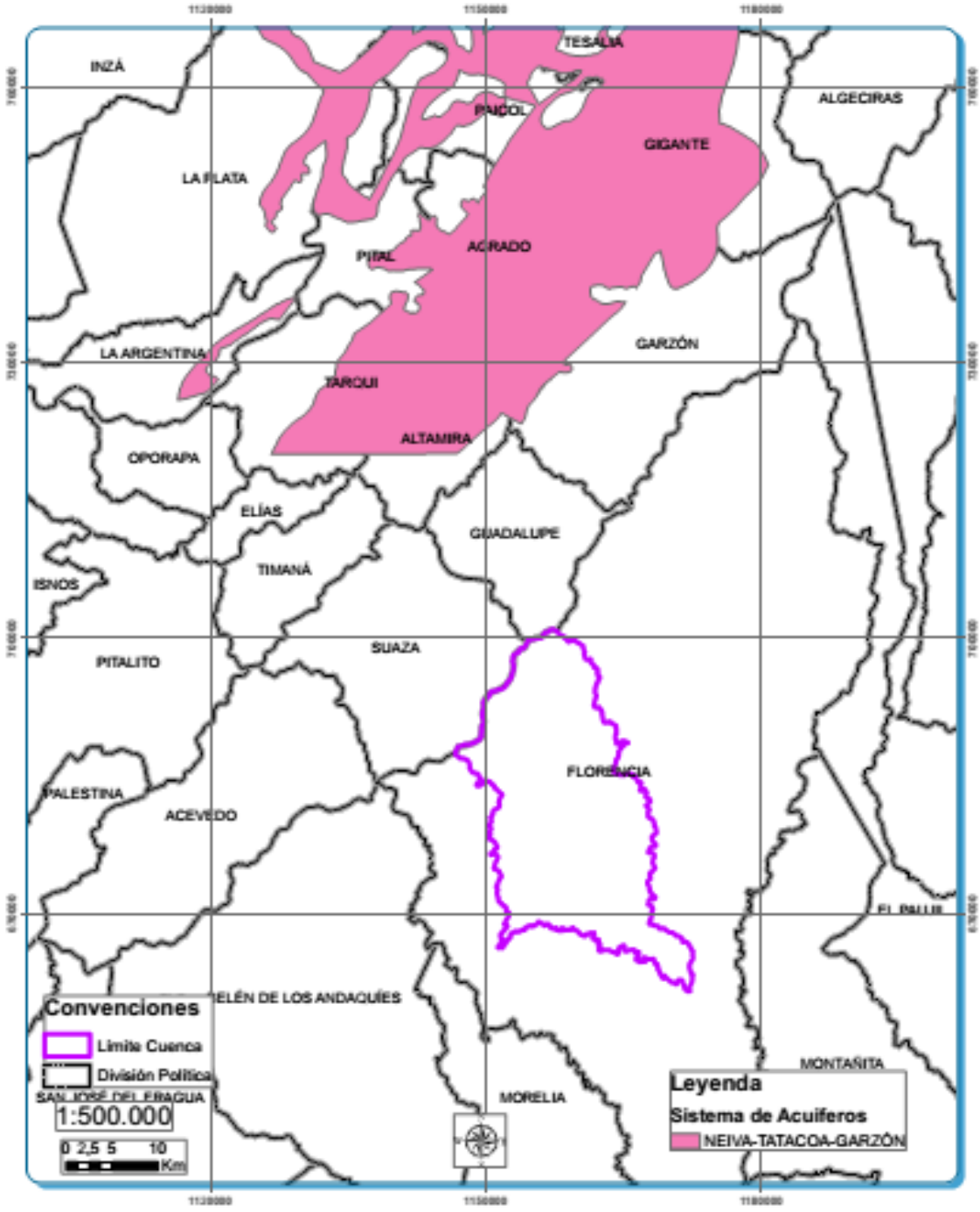
Figura 54. Sistemas Acuíferos de Colombia



Fuente: Estudio Nacional del Agua - ENA, 2014

Como se puede observar en las
Figura 55, La Cuenca Hidrográfica del Río Hacha (circulo rojo) no presenta sistemas acuíferos asociados, solo se encuentra un sistema acuífero cercano, que corresponde al Sistemas Acuífero SAM 2.3 Neiva – Tatacoa – Garzón, que no sirve de referencia por su localización, lo que dificulta la caracterización de las aguas subterráneas del presente estudio.

Figura 55. Sistemas Acuíferos Cuenca del Río Hacha



Fuente: Sistema de Información Ambiental de Colombia – SIAC, 2014

3.3.4 Identificación y caracterización de unidades geológicas que puedan conformar sistemas de acuiferos

Tomando como referencia la información del presente estudio, en el cual se realizó un reconocimiento de campo para el ajuste de la geología a una escala más detallada, en la zona de estudio se encuentran unidades que podrían conformar sistemas acuíferos evaluando su potencial hidrogeológico y clasificándolas teniendo en cuenta su comportamiento hidrogeológico (acuíferos, acuitardos y acuifugos) e hidráulico (libre, semiconfinado, confinado).

3.3.4.1 Acuíferos. Los acuíferos se pueden clasificar teniendo en cuenta su comportamiento hidrogeológico o de acuerdo con su hidráulica y estructura. Según su comportamiento hidrogeológico[27] los acuíferos se pueden clasificar en:

- Acuífero: Formación geológica que contiene agua en cantidad apreciable y que permite que circule a través de ella con facilidad.
- Acuicludo: Formación geológica que contiene agua en cantidad apreciable y que no permite que el agua circule a través de ella.
- Acuitardo: Formación geológica que contiene agua en cantidad apreciable, pero que el agua circula a través de ella con dificultad.
- Acuífugo: Formación geológica que no contiene agua porque no permite que circule por ella.

Teniendo en cuenta su comportamiento hidráulico y estructura se pueden clasificar como[28]:

- Acuífero Libre: Aquel en el que el nivel del agua se encuentra por debajo del techo de la formación permeable. El agua que ceden es la que tiene almacenada en sus poros. Los conos de bombeo y descensos son altos, corto radio de influencia
- Acuífero cautivo o confinado: Están aislados del suelo, rodeados de materiales impermeables por sus lados. El nivel del agua en los acuíferos cautivos está por encima de dicho material. Conos de bombeo menores que en los libres, pero con mayor radio de influencia.
- Acuíferos semiconfinados: Los materiales que los rodean no son todos impermeables, que permiten el paso del agua de acuíferos superiores.

[27] Vélez, M. Hidráulica de Aguas Subterráneas. Facultad de Minas, UNAL. 1999

[28] Sánchez, J. Conceptos Hidrogeología, Departamento de Geología, Universidad de Salamanca, España. 2014.

La clasificación de los acuíferos se hace con base en las características litológicas (porosidad, composición, fracturamiento), la posición que ocupan las unidades estratigráficas que afloran en la zona, la facilidad o resistencia que tienen al flujo de agua y su comportamiento hidrogeológico e hidráulico.

3.3.4.2 Clasificación. La caracterización hidrogeológica de las unidades en categorías se realizó teniendo en cuenta la nomenclatura internacional para estudios hidrogeológicos[29] de la siguiente manera:

A. Sedimentos y Rocas con Flujo Esencialmente Intergranular

A1. Acuíferos continuos de extensión regional de alta productividad, conformados por sedimentos cuaternarios no consolidados y rocas sedimentarias poco consolidadas de ambiente fluvial, glacifluvial, marino y vulcanoclástico. Acuíferos libres y confinados con agua de buena calidad química.

A2. Acuíferos continuos de extensión regional de mediana productividad, conformados por sedimentos cuaternarios no consolidados y rocas sedimentarias terciarias poco consolidadas, de ambiente fluvial, glacifluvial, marino y vulcanoclástico. Acuíferos generalmente confinados con agua de buena calidad química.

A3. Acuíferos discontinuos de extensión local, de baja productividad, conformados por sedimentos cuaternarios y rocas sedimentarias terciarias poco consolidadas de ambiente aluvial, lacustre, coluvial, eólico y marino marginal. Acuíferos libres y confinados con agua de regular calidad química.

B. Rocas con Flujo Esencialmente a Través de Fracturas (Rocas Fracturadas y/o Carstificadas)

B1. Acuíferos continuos de extensión regional de mediana productividad, conformados por rocas sedimentarias y volcánicas piroclásticas de ambiente marino y continental. Acuíferos libres y confinados con agua de buena calidad química. Con frecuencia se encuentran fuentes termales asociadas a la tectónica.

B2. Acuíferos discontinuos de extensión regional y local, de baja productividad, conformados por rocas sedimentarias y volcánicas, terciarias a paleozoicas consolidadas, de ambiente marino y continental. Acuíferos generalmente confinados con agua de buena calidad química.

C. Sedimentos y Rocas con Limitados o Ningún Recurso de Aguas Subterráneas

C1. Complejo de sedimentos y rocas de muy baja productividad, constituidos por depósitos cuaternarios no consolidados de ambientes lacustres, deltaicos y marinos y por rocas sedimentarias terciarias a cretácicas poco consolidadas

[29] Mapa de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano del Acueducto del Municipio de Muzo Boyacá. 2010.

de origen continental o marino. Almacenan aguas de regular a mala calidad química, salada en las regiones costeras.

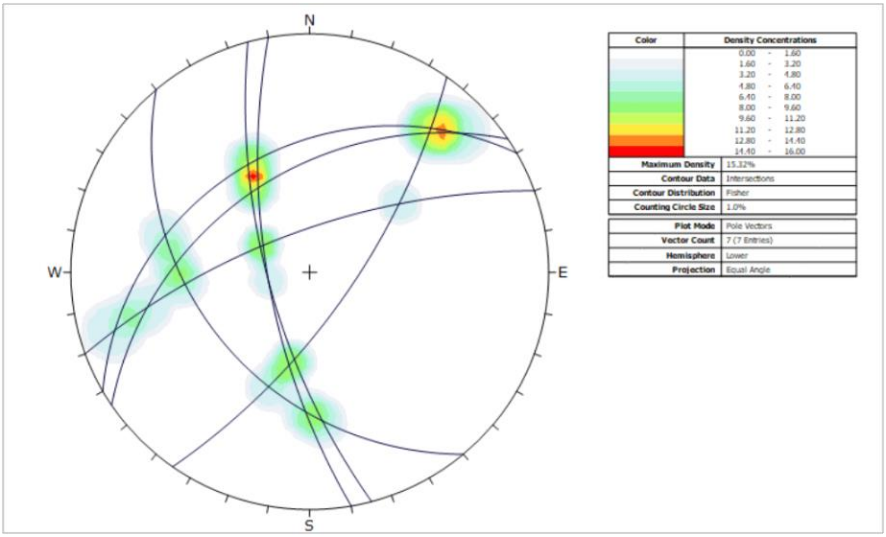
C2. Complejo de rocas ígneos-metamórficas con muy baja a ninguna productividad, muy compactadas y en ocasiones fracturadas, terciarias a precámbricas. Almacenan aguas de buena calidad química. Con frecuencia se encuentran fuentes termales asociadas a la tectónica.

3.3.4.3 Unidades Hidrogeológicas. La caracterización geológica de la cuenca realizada para la actualización del POMCA 2017 evaluada en una escala 1:25000 arroja como resultados dos tipos de roca principalmente, un macizo metamórfico con diferentes eventos tectónicos sobre impuestos los cuales han generado un fracturamiento sobre dicho macizo, así mismo se logró realizar la caracterización de cuerpos sedimentarios dispuestos de manera discordante sobre el macizo de garzón con afectaciones tectónicas producto de la fuerte acción tectónica que tiene el sector, producto del sistema de fallas del borde amazónico, el cual presenta una serie de fallas menores que generan este fracturamiento secundario sobre la roca; de igual manera se logró la identificación de una serie de cuerpos de roca no consolidados (cuaternarios), los cuales facilitan la libre circulación de agua subterránea.

En la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha se encuentran las siguientes formaciones:

- Macizo de Garzón (Mpgc). El fracturamiento del macizo de garzón corresponde a la acción del sistema de fallas del borde amazónico, la cual ha generado una serie de familias de diaclasas con diferentes orientaciones (Figura 56) con aperturas milimétricas, frecuencias bajas y sin la presencia de agua, la cual podría indicar la no circulación de agua subterránea.

Figura 56. Análisis estructural de familias de diaclasas encontradas sobre el Macizo de Garzón



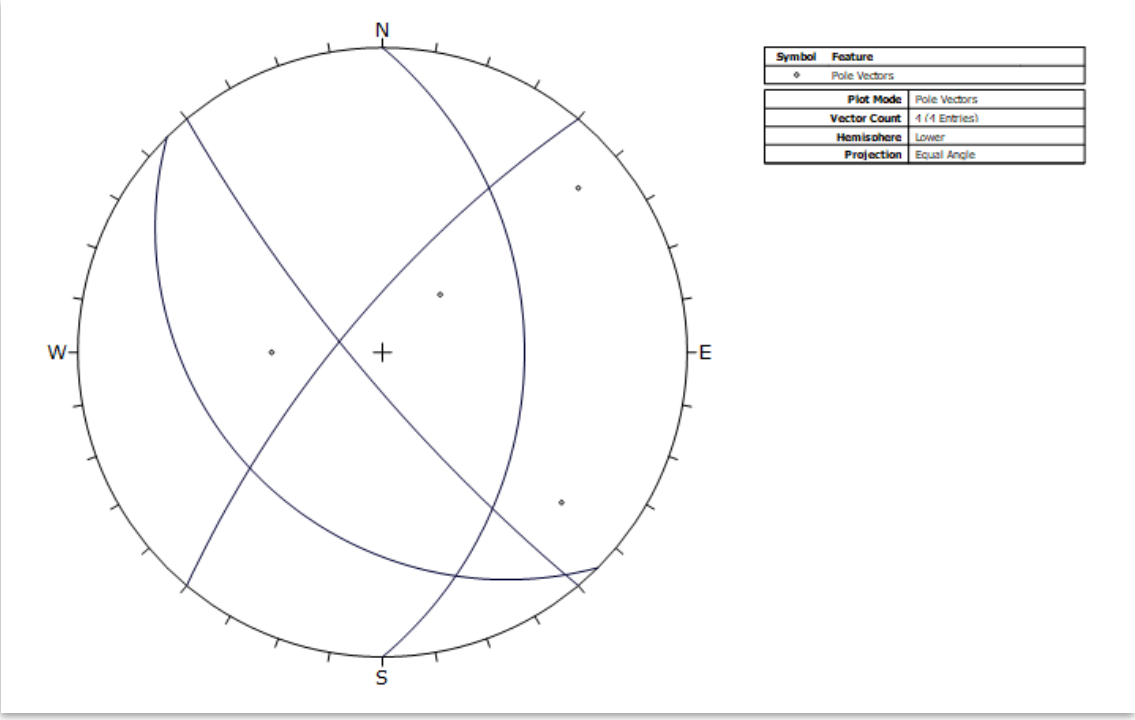
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- Formación Caballos (K1b5ca). Corresponde a un cuarzo arenitas limpias con impregnaciones de hidrocarburos, lo cual podría significar un foco de contaminación de agua subterránea que entre en contacto con dicha unidad litoestratigráfica.

Sobre este cuerpo es más factible la circulación de agua subterránea a causa de la porosidad primaria, la cual es aprovechada por los espacios intersticiales que hay entre los granos de cuarzo que conforman las rocas de la formación caballos, sobre la cual fue posible evidenciar zonas de impregnaciones de hidrocarburos, la cual fue corroborado por el mapa de rezumaderos de la ANH (Figura 51).

- Formación Pepinos (e6e7pe). La formación pepinos presenta una litología variada que va desde conglomerados hasta lodolitas en su parte más superficial, la cual presenta dos características importantes en cuanto a su porosidad, puesto que claramente presenta una porosidad primaria producto de su litificación y de manera adicional la acción del sistema de fallas del borde amazónico que genera una porosidad secundaria producto de los espacios abiertos que deja dicha acción, la cual presenta aperturas milimétricas con presencia de musgo y algo de humedad. Los planos de diaclasas presentan orientaciones principales en 3 direcciones (Figura 57), cabe destacar que dicho análisis, es la forma más representativa de la formación pepinos

Figura 57. Familias de planos de diaclasa de la formación Pepinos



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- Formación Orteguaza (N1n3or). Es una de las formaciones que constituye el Grupo Orito, se caracteriza por su localización, puesto que se encuentra en las zonas más bajas de la cuenca, las cuales presentan constantemente un encharcamiento, lo cual podría significar una posible zona de descarga de acuífero.

- Formación Villeta (K1b6k2k4). La Formación se observa en la parte occidental de la Cuenca del Río Hacha afectada por las fallas Santa Helena y Travesías, esta unidad se conforma de arcillolitas interestratificadas con shales negros en contacto neto y en algunos casos interestratificados con rocas de la Formación Caballos con intercalaciones de arcillolitas grises.

- Neis de Guapotón – Mancagua (PRngm): Está constituido por una roca característica de color rojo y rosado moteada de negro; fanerítica de grano medio a grueso, presenta estructuras migmatíticas incipientes. se encuentran sectores de rocas con estructura augen, de tonos rojizos, rosados, blancuzco y verdoso, y rocas con textura granoblástica a granular de color rojo intenso, con algunas laminillas de biotita y anfíbol (hornblenda), generalmente orientadas, que indican la foliación metamórfica.

- Plano o Llanura de Inundación (Qal). Esta unidad se presenta principalmente en la parte baja de la cuenca bordeando el cauce aluvial del Río Hacha y de la

quebrada La Yuca, en la zona dominada por la provincia de La Amazonia. Son superficies planas, eventualmente inundables, limitadas localmente por escarpes de terraza.

- Depósitos de Flujo de Detritos (Qfd). Esta unidad está catalogada dentro de los procesos de remoción en masa, constituida por lodo agua y detritos. Son procesos formados súbitamente y se mmovilizan directamente en las quebradas o tributarios que llegan al Río Hacha en la zona se pueden observar en la parte alta (carretera antigua Florencia – Gabinete-vereda Tarqui) y occidente (vereda Tarqui, sobre la carretera antigua a Neiva) de la cuenca.

- Depósitos de Terraza Aluvial (Qt). Los depósitos de terraza Aluvial, se encuentran relacionados al Río Hacha, son depósitos agradacionales en la base son clasto soportado, clastos subangulares de tamaño variado van desde 5cm a 30cm de diámetro en un matriz lodo arenosa de color marrón. En la parte media y superior son lodos arenosos de color marrón con gravas.

- Coluviones (Qc). Los depósitos coluviones se observan en diferentes sectores de la cuenca, son matriz soportados están constituidos por clastos en una matriz limo-arenosos, los clastos son subangulares de 40 a 50 cm de diámetro, de composición variada dependiendo de la roca origen.

Teniendo como referencia la litología en la Tabla 50, se describen las unidades hidrogeológicas de la Cuenca Hidrográfica Río Hacha, especificando el tipo de acuífero, formación, comportamiento hidrogeológico e hidráulico y valores generalizados de capacidad específica[30] según la unidad hidrogeológica:

Tabla 50. Unidades Hidrogeológicas en la Cuenca del Río Hacha

Nomenclatura	Formación	Comportamiento Hidrogeológico	Comportamiento Hidráulico	Unidad Hidrogeológica	Capacidad Especifica Promedio (l/s/m)
Qc	Deposito Coluvial	Libre	Acuifero	A1	Alta, entre 2.0 y 5.0
K1b5ca	Formación Caballos	Confinado	Acuifero	A3	Baja, entre 0.05 y 1.0
N1n3or	Formación Orteguaza	Libre	Acuitardo	A3	Baja, entre 0.05 y 1.0
e6e7pe	Formación Pepinos	Confinado	Acuifero	A2	Media, entre 1.0 y 2.0

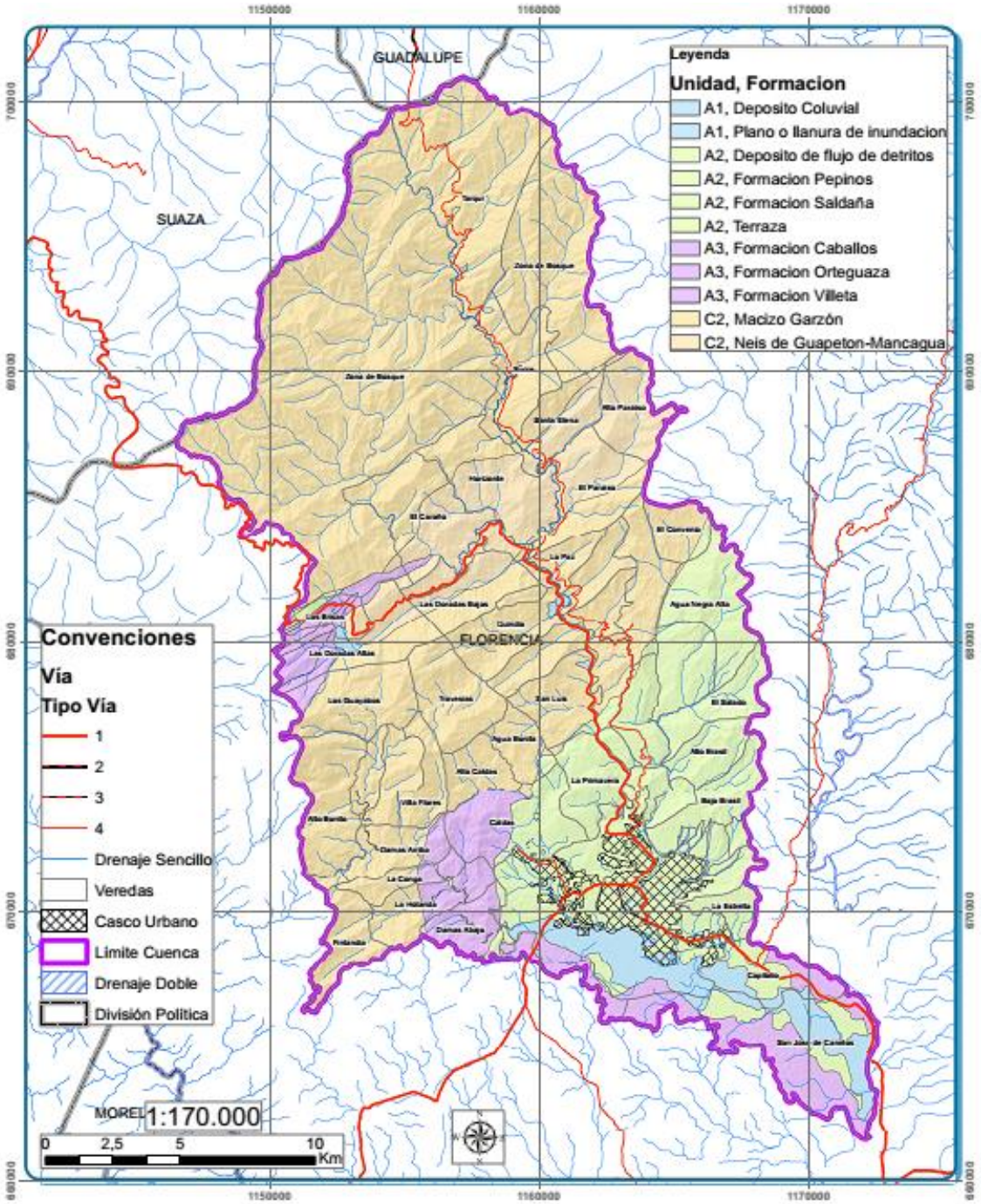
[30] Valores característicos tomados del Mapa de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano del Acueducto del Municipio de Muzo Boyacá. 2010.

Nomenclatura	Formación	Comportamiento Hidrogeológico	Comportamiento Hidráulico	Unidad Hidrogeológica	Capacidad Especifica Promedio (l/s/m)
MPcg	Macizo de Garzón	Semiconfinado	Acuifugo	C2	Muy baja a ninguna, menor de 0.05
K1b6k2k4	Formación Villeta	Semiconfinado	Acuitardo	A3	Baja, entre 0.05 y 1.0
PRngm	Neis de Guapotón	Semiconfinado	Acuifugo	C2	Muy baja a ninguna, menor de 0.05
Qfd	Depósito de Detritos	Semiconfinado	Acuifero	A2	Media, entre 1.0 y 2.0
Tjsal	Formación Saldaña	Confinado	Acuifero	A2	Media, entre 1.0 y 2.0
Qal	Plano o Llanura de Inundación	Libre	Acuifero	A1	Alta, entre 2.0 y 5.0
Qt	Terraza	Semiconfinado	Acuifero	A2	Media, entre 1.0 y 2.0

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

En la Figura 58 se puede observar la espacialización de los sistemas acuíferos que se encuentran en el área de influencia de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha (Ver Anexos Capitulo 11/Mapas/07. Hidrogeología):

Figura 58. Mapa Hidrogeología para fines de ordenación de la Cuenca del Río Hacha



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.3.5 Identificación de los Usos Actuales del Recurso Hídrico Subterráneo y Usos Potenciales con Base en la Oferta y/o Calidad del Recurso

Actualmente el conocimiento del recurso hídrico subterráneo de la cuenca hidrográfica del Río Hacha es un tema para el que la información disponible es

bastante escasa, razón por la cual para el presente proyecto fue necesaría la realización de un inventario de puntos de agua, en el que se pudieron identificar los usos y tipo de captación utilizada por las diferentes comunidades para abastecerse del recurso. La información resumen se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 51. Usos del Agua en la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha – Municipio de Florencia (Caquetá).

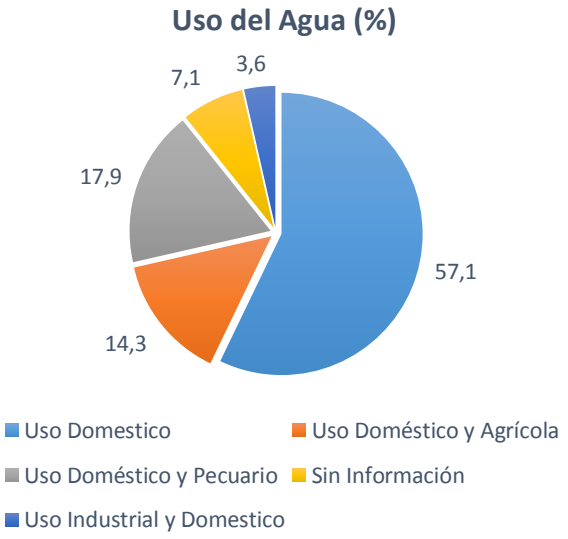
FORMACIÓN	VEREDA	USO	CAPTACIÓN	N	E
Macizo de Garzón	Vereda Damas Arriba	Uso Doméstico	Nacedero	672256	1154160
Macizo de Garzón	Vereda Damas Arriba	Uso Doméstico	Nacedero	671849	1153904
Macizo de Garzón	Vereda Damas Arriba	Uso Doméstico y Agrícola	Nacedero	671037	1151666
Macizo de Garzón	Vereda Villa Hermosa	Uso Doméstico y Agrícola	Nacedero	671221	1152710
Macizo de Garzón	Vereda Damas Arriba	Uso Doméstico y Agrícola	Nacedero	671849	1153904
Macizo de Garzón	Vereda Alto Caldas	Uso Doméstico y Pecuario	Nacedero	678861	1157267
Macizo de Garzón	Vereda Alto Caldas	Uso Doméstico	Nacedero	674445	1157521
Macizo de Garzón	Vereda Alto Caldas	Uso Doméstico y Agrícola	Nacedero	674588	1158359
Macizo de Garzón	Vereda Bajo Caldas	Uso Doméstico	Nacedero	674138	1159003
Macizo de Garzón	Vereda Travesías	Uso Doméstico y Pecuario	Nacedero	677533	1158003
Macizo de Garzón	Vereda Travesías	Uso Doméstico y Pecuario	Nacedero	676883	1158723
Macizo de Garzón	Vereda Agua Bonita	Uso Doméstico	Nacedero	676443	1159208
Formación Orteguaza	Vereda Bruselas	Sin Información	Sin Información	668743	1166215
Formación Orteguaza	Vereda Bruselas	Sin Información	Sin Información	668823	1166278
Formación Pepinos	Vereda Bajo Brasil	Uso Doméstico y Pecuario	Nacedero	673746	1166031
Formación Pepinos	Vereda Bajo Brasil	Uso Doméstico y Pecuario	Nacedero	673896	1165969
Formación Pepinos	Vereda Bajo Brasil	Uso Doméstico	Nacedero	673449	1165943
Formación Orteguaza	Vereda Capitolio	Uso Industrial y Doméstico	Aljibe	667487	1168948
Macizo de Garzón	Vereda El Paraíso	Uso Doméstico	Drenaje	685063	1161230
Macizo de Garzón	Vereda El Paraíso	Uso Doméstico	Drenaje	686229	1160630
Macizo de Garzón	Vereda Santa Elena	Uso Doméstico	Nacedero	687185	1159979
Macizo de Garzón	Vereda Santa Elena	Uso Doméstico	Nacedero	687627	1160003
Macizo de Garzón	Vereda Sucre	Uso Doméstico	Nacedero	688801	1158669
Macizo de Garzón	Vereda Sucre	Uso Doméstico	Drenaje	690344	1159226
Macizo de Garzón	Vereda Tarqui	Uso Doméstico	Drenaje	698507	1156682
Macizo de Garzón	Vereda Tarqui	Uso Doméstico	Drenaje	697843	1157096
Macizo de Garzón	Vereda Tarqui	Uso Doméstico	Drenaje	695328	1157504
Macizo de Garzón	Vereda Tarqui	Uso Doméstico	Drenaje	694289	1156914

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

En la tabla anterior y en la siguiente gráfica se evidencia que los usos principales que se dan al agua son el doméstico, recreativo, pecuario y agrícola. Las fuentes de abastecimiento en la mayoría de los casos corresponden a los nacederos de cuerpos de agua que aportan sus aguas a quebradas, que luego desembocan el

Río Hacha. y, el tipo de obra para colectar el agua en la mayoría de los casos corresponde a tanques o albercas.

Gráfica 33. Usos Actuales del Recurso Hídrico de la Cuenca del Río Hacha



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Además de la información recopilada en campo, se cuenta con una concesión otorgada a una estación de Servicio (Tabla 52), en la que se reportan dos pozos, uno de uso doméstico y el otro se utiliza para el lavado de vehículos (uso comercial).

Tabla 52. Concesión de Aguas Subterráneas Estación de Servicio Cofema

Pozo	Coordenadas		Demanda	Caudal (l/s)
	N	E		
1	668300	1159523	Consumo doméstico	0.7
2	668288	1159483	Consumo comercial (lavado de vehículos automotores)	0.22

Corpoamazonia, 2009.

3.3.6 Estimación de la Oferta Hídrica Subterránea

Para tener un valor aproximado de la oferta hídrica subterránea en la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha, se hace uso de la información del balance hídrico, en donde el volumen almacenado en las unidades acuíferas se relaciona con la variable infiltración. Teniendo como base la información espacial de la variable precipitación, evapotranspiración real y escorrentía superficial o precipitación efectiva, se usa la fórmula del balance para el cálculo de la infiltración.

$$P = ETR + I + Q$$

Donde:

P = Precipitación
I = Infiltración
ETR = Evapotranspiración Real
Q = Caudal, escorrentia o precipitación efectiva

Con la variable infiltración (m/año) espacializada para la cuenca y las áreas de las diferentes unidades acuíferas, se calcula el volumen potencial anual que se infiltra en cada una de ellas, que es equivalente a la oferta hídrica subterránea para toda la cuenca. El volumen aproximado que almacena cada unidad acuífera, que corresponde a la variable infiltración del balance hídrico y la recarga potencial nos permiten calcular la oferta hídrica subterránea total para la cuenca (Tabla 53).

Tabla 53. Oferta Hídrica Subterránea de las Unidades Acuíferas en la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

Unidad Acuífera	Oferta (m^3/año)
A1	72944256.64
A2	231769926.44
A3	103250290.89
C2	717306980.80

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

En la Tabla anterior se presenta el volumen de agua que oferta cada unidad acuífera en el área de la cuenca, que corresponde a la variable infiltración del balance hídrico espacializada para los acuíferos de alta productividad (A1), media productividad (A2), acuíferos de baja productividad (A3) y los acuíferos de muy baja productividad (C2), según la litología.

Para tener mayor certeza de la oferta hídrica de las unidades acuíferas se debe contar con información primaria y detallada proporcionada por el inventario de puntos de agua en el área de influencia de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha, que brinde los datos de caudales de extracción y demás valores que permitan conocer los parámetros hidráulicos de los acuíferos para estimar su oferta. Sin embargo, al no contar con esta información el cálculo se hace, como se indicó anteriormente, de manera indirecta con parámetros hidrológicos, teniendo en cuenta variables como la precipitación, evapotranspiración real, caudales e infiltración.

Además de la oferta hídrica, mediante el balance hídrico se calcula la recarga de las unidades acuíferas en la cuenca, siguiendo la Guía Metodológica para la Formulación de Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos (MADS – 2014), en la cual plantea que la recarga se puede calcular de manera empírica a partir de un

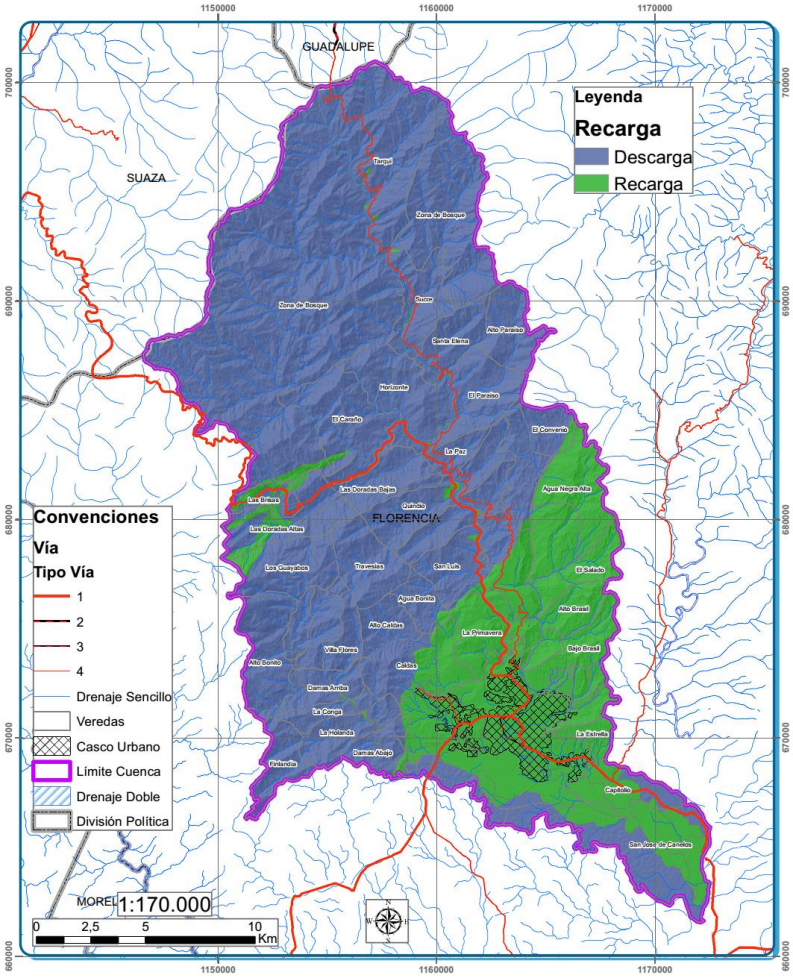
parámetro hidrológico, en este caso con los datos de la precipitación media anual sobre la cuenca, aplicando la siguiente formula:

$$R= 1.35\ (P-14)^{0.5}$$

Donde:
R: Recarga
P: Precipitación Media Anual

De esta manera se obtiene la información de la recarga estimada para los acuíferos localizados en el área de La Cuenca Hidrográfica del Río Hacha (Figura 59).

Figura 59. Recarga de Acuíferos en la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

En la Figura 59, se puede observar que la recarga para la cuenca tiene valores que oscilan entre los 64 y 82 mm/año aproximadamente. Teniendo en cuenta el área de

la cuenca y con un valor medio para la recarga anual de 73.75 mm/año, la recarga seria de aproximadamente 36.897.248.712 m^3/año.

Las zonas con una mayor recarga debida a la precipitación en la cuenca (color verde en la Figura 59), se encuentran localizadas al sur de la cuenca, se relacionan con las unidades hidrogeológicas A1, A2 y A3 en general. Hacia el norte de la cuenca, donde se encuentra predominantemente la unidad de baja productividad C2, se encuentra la zona, donde los valores de recarga son un poco menores (color azul en la Figura 59).

Es conveniente mencionar, que para tener un valor más aproximado de la oferta de agua subterránea en la cuenca, los datos de base deberían ser los proporcionados por un inventario de puntos de agua detallado y por un modelo hidrogeológico conceptual del área de la cuenca con información de estudios geofísicos (Sondeos Eléctricos Verticales SEVs), para calcular la extensión y espesor de las unidades acuíferas, lo cual brindaría el volumen que almacenan los acuíferos y el que sería posible recargar con la precipitación y caudal aportado de otras cuencas.

3.3.7 Parámetros Hidráulicos de los Sistemas Acuíferos Identificados

Para el cálculo de los parámetros hidráulicos de los sistemas acuíferos se debe realizar un levantamiento de información en campo, como pruebas de bombeo, medir los niveles piezométricos, el abatimiento de los pozos. Además de estudios que permitan identificar los acuíferos mediante métodos geofísicos como sísmica de refracción, geoeléctrica, gravimetría etc.

De acuerdo a lo consultado, no se cuenta con estudios detallados de este tipo para poder hacer el cálculo de estos parámetros a los sistemas acuíferos identificados en la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha, los pozos que se encuentran referenciados no presentan esta información, no hay datos sobre transmisividad, conductividad hidráulica, gradiente hidráulico y coeficiente de almacenamiento o porosidad eficaz de manera puntual para los puntos de agua, que serian el resultado de hacer las correspondientes pruebas de bombeo.

Tampoco se tienen referencia de estos parámetros para el área de la cuenca desde los acuíferos regionales que se encuentran en el Estudio Nacional del Agua 2014, en este caso para la Provincia Hidrogeológica Caguán – Putumayo, por lo tanto, no se pude evaluar la dinámica del agua subterránea en el área de la cuenca.

3.3.8 Calidad de aguas subterránea

Los análisis de calidad de agua realizados en la Cuenca Hidrográfica del Rio Hacha son realmente limitados en su cobertura espacial, razón por la cual se dificulta

establecer un estándar en calidad de aguas generalizado, sin embargo, el consenso de dicha calidad establece parámetros normales para cuerpos de agua subterránea, tal es el caso de propiedades químicas y físicas.

Para estos análisis de calidad de aguas subterráneas se tuvieron en cuenta diferentes parámetros que miden concentraciones de compuestos químicos que marcan una caracterización en las aguas, para esto se midieron factores de alcalinidad, concentración de cloruros, hierro total, coliformes fecales y coliformes totales, color, conductividad, dureza magnesia y total, turbiedad, acides (Ph) y sulfatos, para los cuales se tienen estándares de normalización donde dichos análisis, muestran parámetros catalogados como normales con excepción al Ph que indica una acidez elevada, indicando de esta manera suelos silíceos (Tabla 54).

Tabla 54. Análisis de calidad de agua aportador por lavadero RAPICAR´S Florencia

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
Alcalinidad total	mg/L de $CaCO_3$	9,65
Cloruros	mg/L de Cl	16,4
Coliformes fecales	NMP/100ml	<1,0
Coliformes totales	NMP/100ml	<1,0
Color	unidades de platino	<5,0
Conductividad	microhmios/cm	66,9
Dureza magnesia	mg/L de $CaCO_3$	<4,6
Dureza total	mg/L de $CaCO_3$	<4,6
Hierro total	mg/L de Fe	0,278
Sulfatos	mg/L deSO_4	<2,0
pH	unidades de pH	5,0-9,0
Turbiedad	UNT	<1,0

Fuente: Lavadero Rapicar´s Florencia

También se cuenta con la información de calidad de aguas de la estación de servicio Cofema (Tabla 55), en la que se describen los parámetros fisicoquímicos evaluados.

Tabla 55. Análisis de calidad de agua estación de Servicio Cofema

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	CONCENTRACIONES TÍPICAS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS++
Sólidos suspendidos totales	mg/L	8	Sin reporte

pH	Unidades pH	7.12	6.5 a 8
Grasas y aceites		<1	Sin reporte
Conductividad específica	Umhos/cm	33.4	100 a 2000
Alcalinidad total	mg/L	13	0 y 10 alcalinidad TA; 100 y 300 alcalinidad TAC
Acidez total	mg/L	11	Sin reporte
Dureza total	mg/L	14	10 a 300
Dureza cálcica	mg/L	12	Sin reporte
Cloruros	Mg/L	3.4	<10 a 2000 -3000
Hierro	mg/L	0.6	1 a 10
Sulfatos	mg/L	7.8	2 a 150
Nitritos	mg/L	<0.01	<=10
Fosfatos	mg/L	0.1	<10
Hidrocarburos	mg/L	<1	Sin reporte
Coliformes totales	NMP/100 mL	24	Sin reporte
Coliformes fecales	NMP/100 mL	2	Sin reporte

Fuente: Corpoamazonia, 2009

En general los resultados obtenidos se encuentran dentro de los rangos típicos establecidos para aguas subterráneas dulces según la fuente de información consultada.

El indicador de contaminación fecal (Coliformes fecales) se encuentra en un rango que se puede catalogar como muy bajo, sin embargo se identifica en el análisis, lo que limita esta agua para el consumo humano sin un previo tratamiento, su presencia puede obedecer a excretas de animales como aves sobre el Manantial El Lindero, el cual genera recarga sobre los dos pozos superficiales, debido a su cercanía, para tener certeza del origen del material contaminante se recomienda hacer una evaluación in situ del grado de vulnerabilidad.

En cuanto a coliformes totales, estos son considerados como de vida libre, que pueden estar presentes en el subsuelo. Mientras que la presencia de Hidrocarburos, Grasas y aceites puede obedecer a derrames ocasionales de recipientes ubicados de manera inadecuada cerca de los pozos superficiales, cuyos líquidos pueden lixiviar hacia el acuífero.

3.3.9 Evaluación de la vulnerabilidad de los acuíferos

Para la evaluación de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos en la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha, se tomó como base el índice paramétrico GOD, debido a que la información disponible no es suficiente para emplear otros métodos un poco

más detallados como el DRASTIC o el SINTACS que emplean más variables en su evaluación.

El método GOD, que se aplica en áreas con escasa información, utiliza para su evaluación tres parámetros a los que se les asigna valores de acuerdo a la resistencia que ofrecen a la contaminación y que se describen a continuación:

- G: (Groundwater Occurrence) [31]. Corresponde al grado de confinamiento hidráulico con la identificación del tipo de acuífero, su índice puede variar entre 0 y 1. El modo de ocurrencia varía entre la ausencia de acuíferos (evaluado con índice 0) y la presencia de un acuífero libre o freático (evaluado como índice 1), pasando por acuíferos artesianos, confinados y semiconfinados. El valor ponderado está dado por el tipo de acuífero encontrado.

- O: (Overal Aquifer Class). Corresponde a la caracterización de la zona no saturada del acuífero o de las capas confinantes. Los índices más bajos (0,4) corresponden a los materiales no consolidados, mientras que los más altos (0,9 – 1,0) corresponden a rocas compactas fracturadas o karstificadas. El valor ponderado está dado por el material componente de la formación acuífera.

- D: (Depth). Se refiere a la profundidad del nivel freático en acuíferos libres o a la profundidad del techo del acuífero, en los confinados. Los índices más bajos (0,6) corresponden a acuíferos libres con profundidad mayor a 50 m; mientras que los índices altos (1,0) corresponden a acuíferos que independientemente de la profundidad se encuentran en medios fracturados. Para el caso de los acuíferos libres la profundidad del nivel estático está sujeta a la oscilación natural.

El índice de vulnerabilidad se obtiene de multiplicar los valores asignados a cada parámetro, así:

$$iV_{GOD} = G * O * D$$

Según el valor del Índice de Vulnerabilidad (iV GOD), con este método se puede clasificar en cinco (5) categorías (Tabla 56).

Tabla 56. Categorías de Vulnerabilidad, Método GOD

PUNTAJE	VULNERABILIDAD
0.7 - 1.0	Muy Alta
0.5 - 0.7	Alta
0.3 - 0.5	Moderada

[31] Quintero, M. Propuesta Metodológica para la Evaluación de la Vulnerabilidad Intrínseca de los Acuíferos a la Contaminación, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Bogotá. 2010.

0.1 - 0.3	Baja
< 0.1	Muy Baja

Fuente: Vargas, Metodologia Vulnerabilidad Acuíferos[32]

Con la información de las unidades hidrogeológicas en el área de la cuenca, la clasificación hidráulica de los acuíferos, la litología de las unidades acuíferas y la profundidad del nivel freático se hace el cálculo de la vulnerabilidad por el Método GOD (Tabla 57)

Tabla 57. Vulnerabilidad Unidades Acuíferas en la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha, Método GOD

NOMENCLATURA	UNIDAD HIDROGEOLÓGICA	G	O	D	GOD	GOD_VUL
K1b5ca	A3	0.2	0.8	0.7	0.112	Baja
N1n3or	A3	0.8	0.5	0.7	0.28	Baja
MPcg	C2	0.4	0.6	0.7	0.168	Baja
Qt	A2	0.4	0.7	0.8	0.224	Baja
Qfd	A2	0.4	0.7	0.8	0.224	Baja
PRngm	C2	0.4	0.6	0.7	0.168	Baja
K1b6k2k4	A3	0.4	0.4	0.7	0.112	Baja
Qal	A1	0.8	0.7	0.8	0.448	Moderada
Qc	A1	0.8	0.7	0.8	0.448	Moderada
E6e7pe	A2	0.2	0.6	0.6	0.072	Muy Baja
TJsal	A2	0.2	0.7	0.6	0.084	Muy Baja

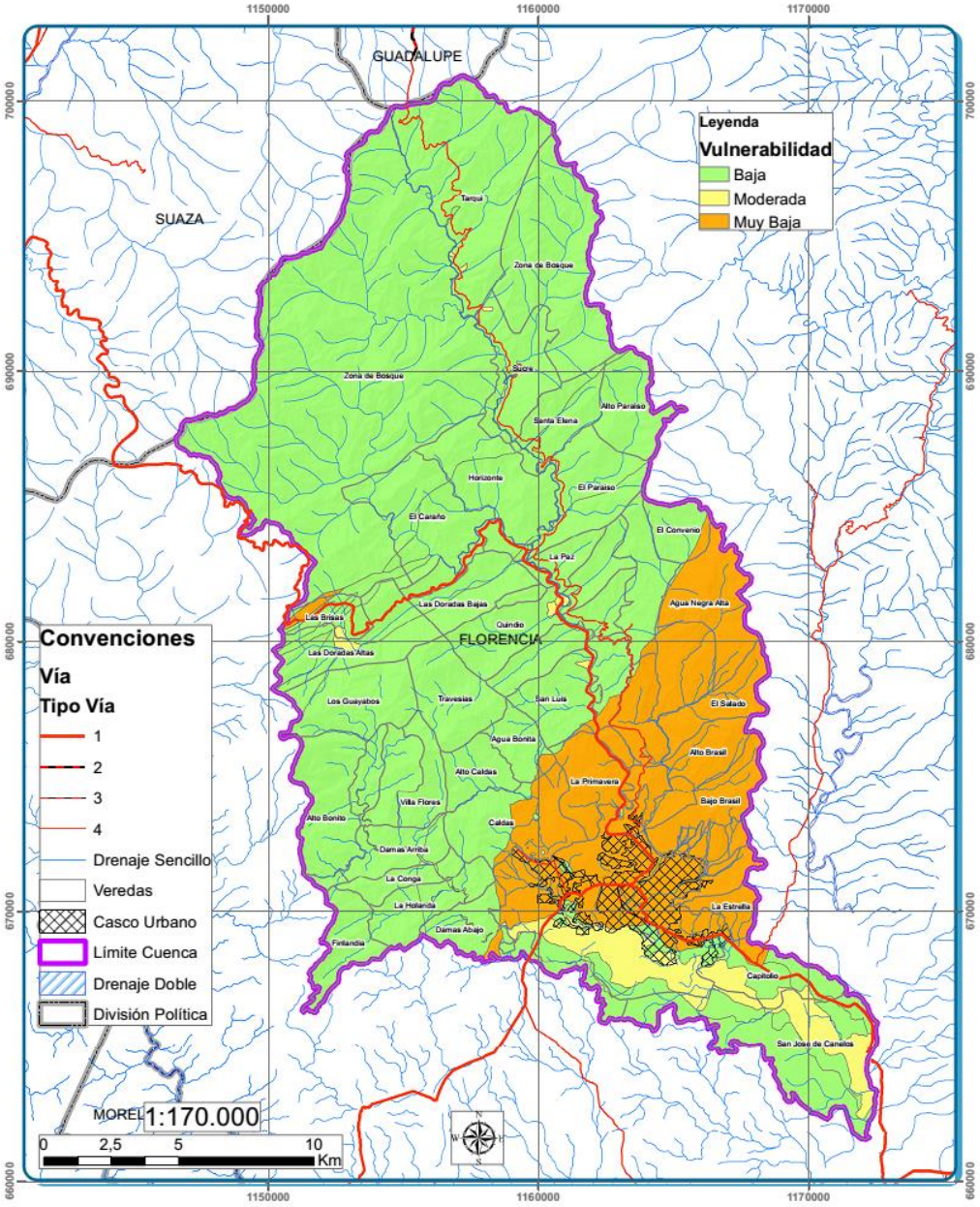
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

En la evaluación de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos como se puede observar en la tabla anterior y en la Figura 60, no hay presencia de acuíferos con vulnerabilidad muy alta, que se refiere a acuíferos libres con el nivel freático muy superficial y en material no consolidado, tampoco se presentan acuíferos con alta vulnerabilidad. En general la vulnerabilidad evaluada por el Método GOD para toda la cuenca evidencia una baja y media vulnerabilidad para las unidades acuíferas que se relacionan con litologías del cuaternario, depósitos y material no consolidado, en el que se encuentran los acuíferos de mayor productividad en la cuenca.
Además, se debe resaltar, que las zonas de recarga de acuíferos son vulnerables a la contaminación hídrica por la infiltración de sustancias contaminantes, que luego de entrar en los acuíferos, permanecen allí durante períodos de tiempo muy largos, disminuyendo la calidad del recurso y aumentando los costos de posibles tratamientos. Se deben tener en cuenta en particular algunas actividades humanas,

[32] Vargas, M., Propuesta Metodología para la Evaluación de la Vulnerabilidad Intrínseca de los Acuíferos a la Contaminación, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2010.

que llevan implícito, determinados peligros de contaminación. En la Tabla 58, se mencionan algunas actividades peligrosas desarrolladas en zonas de recarga.

Figura 60. Vulnerabilidad de Acuífero Cuenca Hidrográfica del Río Hacha



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Tabla 58. Actividades Desarrolladas en Zonas de Recarga de la cuenca del río Hacha.

ID	FUENTE DE CONTAMINACIÓN	TIPO DE CONTAMINANTE
1	Actividad Agrícola y pecuaria	Nitratos, amoniacos, pesticidas, microorganismos fecales
2	Saneamiento “in situ”	Nitratos, microorganismos fecales

3	Gasolineras y talleres de automotores	Benceno, hidrocarburos aromáticos, fenoles
4	Depósitos de Residuos Sólidos	Amonio, salinidad, metales pesados y algunos hidrocarburos halogenados
5	Industrias metalúrgicas	Tricloroetileno, hidrocarburos halogenados, metales pesados, fenoles y cianuro
6	Industria maderera	Pentaclorofenol, algunos hidrocarburos aromáticos
7	Manufactura de pesticidas	Algunos hidrocarburos halogenados, fenoles, arsénicos y metales pesados
8	Depósito final de lodos residuales domésticos	Nitratos, plomo, cinc, algunos hidrocarburos halogenados
9	Curtiembres	Cromo, salinidad, algunos hidrocarburos halogenados, fenoles
10	Explotación y extracción de petróleo y gas	Salinidad (Cloruro de sodio), hidrocarburos aromáticos
11	Minas de carbón y de metales	Acidez, diversos metales pesados, hierro y sulfatos

Fuente: (Bedoya, 2009)

De la anterior tabla, se pudo identificar, que una de las fuentes de contaminación relacionada con las actividades humanas, se evidenció durante la recolección de información, en el inventario de puntos, donde se pudo observar el uso de pozos sépticos artesanales, a los cuales no se les realiza ningún tipo de control, lo que podría influir de manera directa en la contaminación de estos cuerpos de agua subterránea (Fotografía 34).

Fotografía 34. Unidad de pozo séptico sin condiciones mínimas de sostenimiento

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

De igual manera se identifica la fuente de contaminación relacionada con gas y petróleo, como son las impregnaciones encontradas en la formación caballos, que representan un foco potencial de contaminación, puesto que en dichos sectores el hidrocarburo se encuentra sufriendo un migración terciaria que le permite su ascenso a superficie por medio de espacios intersticiales de la roca que hacen parte

de su configuración original, ruta que posiblemente también se encuentra usando el agua subterránea, la cual al entrar en contacto con estos cuerpos de agua podrían generar una contaminación, por lo que se recomienda hacer un estudio detallado de esta zona con el fin de cuantificar la magnitud de las impregnaciones de petróleo y su potencial contaminación de los acuíferos.

3.3.10 Identificación y Espacialización de las Zonas que deben ser Objeto de Protección o de Medidas de Manejo Especial (Zonas de Recarga y Sistemas Lénticos) Asociados al Recurso Hídrico Subterráneo

Debido a la importancia que tiene el recurso hídrico, en este caso el agua subterránea, para garantizar el desarrollo y bienestar de las comunidades, se hace necesario establecer las medidas necesarias que garanticen su preservación, como la identificación de zonas que por sus características deben ser objeto de estudio, como las áreas de recarga de acuíferos, para elaborar y ejecutar programas y proyectos de protección o medidas de manejo especial, como planes de manejo ambiental, que garanticen la conservación del recurso hídrico.

Las zonas potenciales de recarga de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha, se definieron con base en la determinación de la circulación de agua subterránea y en la caracterización hidrogeológica de las rocas. En la zona se tienen identificadas algunas zonas de recarga correspondientes a la zona de depósitos coluviales, los planos o llanuras de inundación y las zonas de terrazas. También la zona de conglomerados de la Formación Pepinos y las cuarzoarenitas con porosidad primaria de la Formación Caballos.

En general las zonas de descarga se pueden asociar al Grupo Orito, que presentan un encharcamiento, en donde se presume una descarga de acuíferos y la zona correspondiente al Macizo de Garzón, por la dureza de su llitología que no permite la infiltración.

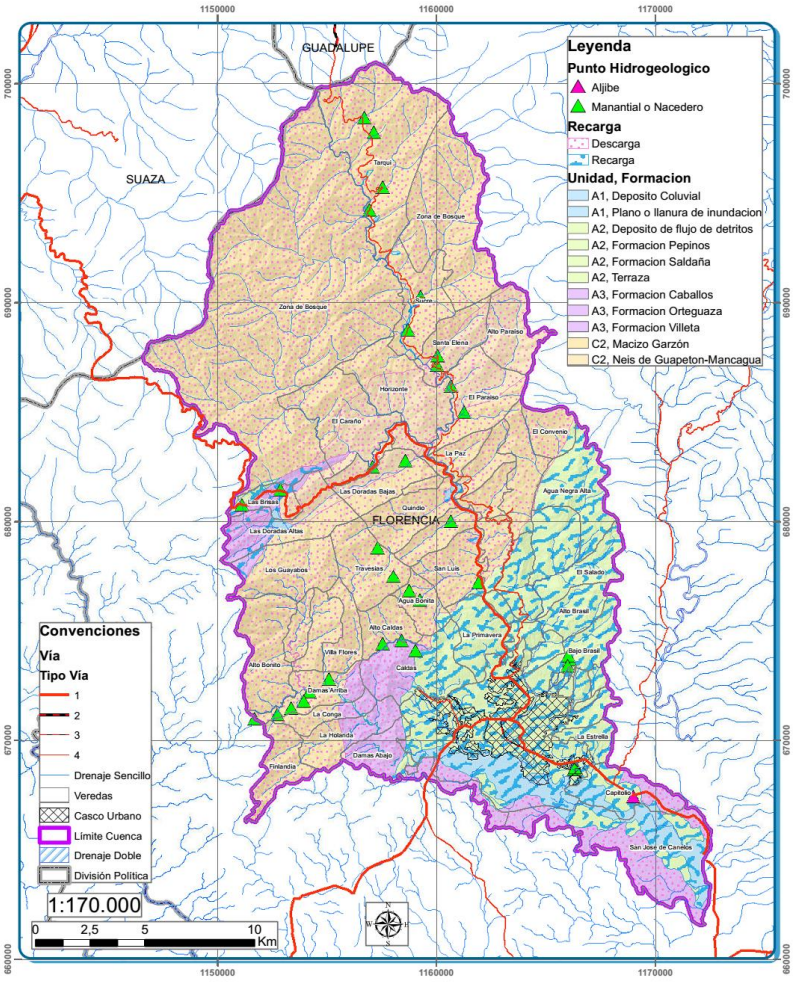
Cuando se cuente con un estudio detallado del inventario de puntos de agua en la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha, se deben establecer perímetros de protección para las zonas de extracción o captura, el área de protección microbiológica y la zona operacional de los pozos, aljibes o nacederos que abastecen a la población, para evitar su contaminación y garantizar su preservación, en este caso no fue posible, porque la información levantada en campo, correspondía en su mayoría a captaciones superficiales en la zona de nacederos de drenajes.

Las zonas de recarga deben ser motivo de protección especial, entre estas se debe incluir el complejo de humedales (sistemas lenticos), que se encuentra en el área urbana del municipio de Florencia, son 12 humedales que por su escala no se evidencian en el mapa, pues son de área menor a las 12 hectáreas, en cuanto a los sistemas loticos, se consideran de recarga las rondas hídricas de los drenajes que

hacen parte de la cuenca, además las áreas donde las formaciones compuestas por depósitos sedimentarios, zonas de arenas, arcillas, depósitos con lodos y arcillas, garantizan el mantenimiento de los acuíferos.

En general las zonas de vulnerabilidad moderada a la contaminación de los acuíferos corresponden con las zonas de recarga, en donde se deben establecer zonas para que se ejecuten planes o medidas de manejo ambiental que garanticen la estabilidad de los acuíferos y sistemas de abastecimiento de agua subterránea (Figura 61 y Anexos Capitulo 11/ Mapas/ 08. Zonas de Importancia Hidrogeológica).

Figura 61. Zonas de Importancia Hidrogeológica en la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.3.11 Identificación de necesidades de información y conocimiento del componente hidrogeológico para el desarrollo del modelo hidrogeológico conceptual

Con el fin de obtener un conocimiento más detallado del estado de los acuíferos es conveniente para futuros estudios hacer un levantamiento de información primaria que permita evaluar los parámetros hidráulicos de los acuíferos, su capacidad de almacenamiento, el agotamiento, las zonas de abastecimiento para establecer perímetros de protección. Levantar un inventario de puntos de agua y elaborar unos Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), para poder completar la información de los espesores y tipos de acuíferos, así poder evaluar su vulnerabilidad por métodos más detallados, además de identificar las posibles zonas de vertimientos de hidrocarburos, de disposición de residuos sólidos, aguas residuales, zonas de degradación y fragmentación ambiental, para poder establecer los respectivos perímetros y planes para la protección de los acuíferos.

Se debe establecer, como zonas de protección especial las áreas de bosque primario, que estabilizan las laderas y ejercen control de los cauces. Es indispensable la conservación de estas zonas pues protegen las áreas de recarga de los acuíferos.

Para poder elaborar el Modelo Hidrogeológico Conceptual del área de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha se debe tener la información de los diferentes modelos de base como el Geológico[33], que tenga incluida la información de la geometría, estructuras, tipo de roca y la delimitación de las unidades hidrogeológicas; el modelo hidrológico que incluye el inventario de puntos de agua de manera detallado para toda el área de la cuenca, la identificación de las zonas de recarga, el cálculo de la recarga con la información de las captaciones, mapa de las redes de flujo, cálculo de las reservas y demanda del recurso.

También se debe tener el modelo hidráulico, en donde se tengan los parámetros hidráulicos de las unidades hidrogeológicas identificadas, como la transmisividad, espesor saturado y el coeficiente de almacenamiento, cálculos que se hacen a partir de la elaboración de pruebas de bombeo en las captaciones; un modelo hidroquímico que tenga la información de pH, temperatura y conductividad, carga iónica y definición de facies, la información que se encuentra tiene una cobertura muy parcial, no es posible extrapolar la información a otras zonas de la cuenca.

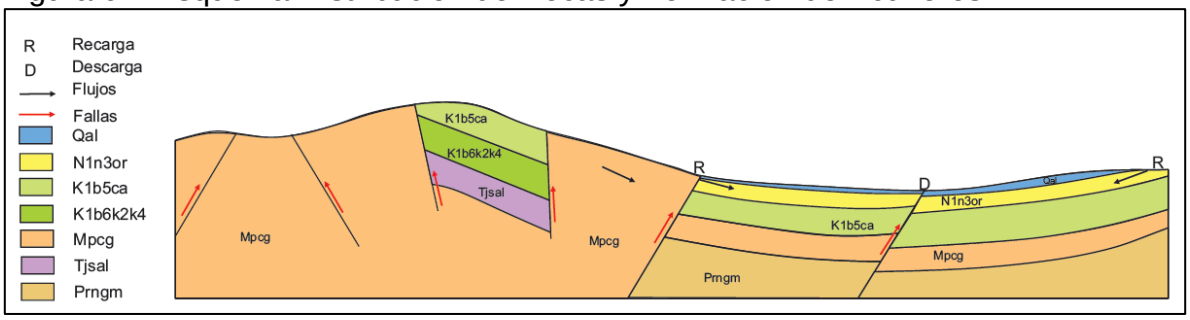
Como se evidencia en el estudio, hay deficiencias de información, por lo que construir los modelos descritos anteriormente con información detallada no es posible, se deben elaborar los proyectos que permitan consolidar esos modelos, para que finalmente se puedan agrupar en un modelo hidrogeológico conceptual que brinde la información necesaria del comportamiento del recurso hídrico subterráneo de la cuenca y así permitir la planificación de su uso.

Sin embargo, en la Figura 62 se muestra un esquema general de la distribución de las rocas y formación de sistemas acuíferos en el área de la Cuenca Hidrográfica

[33] Estudio Nacional del Agua, ENA, 2014.

del Río Hacha. Muestra una disposición de formaciones que van desde el paleozoico hasta el cenozoico, correspondientes a acuitardos y en algunos casos a acuifugos que actúan como sello de los acuíferos que se localizan sobre ellas, en general de origen cuaternario.

Figura 62. Esquema Distribución de Rocas y Formación de Acuíferos



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Como se puede observar, las líneas de flujo confluyen hacia las rocas del cuaternario que conforman en general sistemas acuíferos y que abastecen las zonas de relleno del cuaternario, drenajes y humedales del área de influencia de la zona, además se presentan las zonas de descarga y recarga, estas últimas donde las unidades sedimentarias afloran en superficie. Con la información detallada del inventario de puntos de agua y con la distribución de sondeos eléctricos verticales en el área de la cuenca se podría elaborar un modelo hidrogeológico conceptual que muestre los espesores y distribución de los acuíferos de manera detallada en la cuenca.

3.4 HIDROGRAFÍA

3.4.1 Fuentes de información

Para el presente estudio se buscó la siguiente información, con el fin de determinar las condiciones generales en la cuenca y poder establecer las condiciones hidrográficas de la misma.

- Cartografía a escala 1:125.000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). A partir de esta cartografía se identificó la red hídrica existente en lo relacionado con cuerpos de agua lénticos y lóticos. Así mismo, a partir de esta información se establecieron los patrones de drenaje de acuerdo con los lineamientos y clasificación del orden de cada cauce.

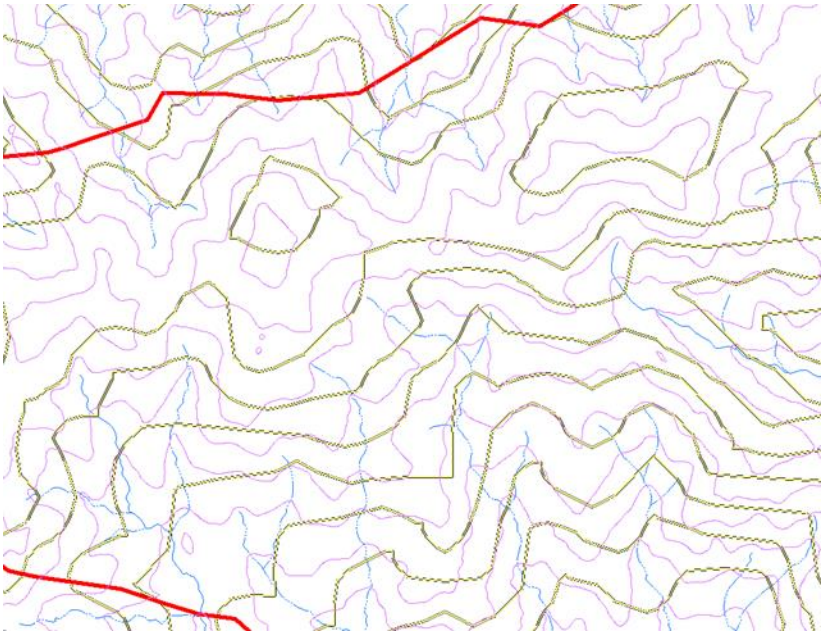
- Modelo digital de elevaciones –DEM generado para la cuenca con celdas cuadradas de 5 m de lado

3.4.2 Revisión y ajuste de los límites de la cuenca

Teniendo en cuenta que se cuenta con un modelo de elevación digital de alta resolución, es posible definir con una gran precisión los limites de la cuenca. Por lo anterior, a partir de dicho modelo digital se realizó la delimitación de la cuenca del río Hacha, para efectos de los análisis presentes en este estudio (Ver Anexo 10).

Inicialmente se revisaron las curvas de la base cartográfica del POMCA (2005) entregadas por CORPOAMAZONIA y las curvas de la GDB de IGAC entregadas por el Fondo de Adaptación, se observa que las últimas tienen mayor detalle y definición; motivo por el cual se tomó la decisión de trabajar con la información de IGAC y sobre esta redelimitar la cuenca hidrográfica del río Hacha (Figura 63).

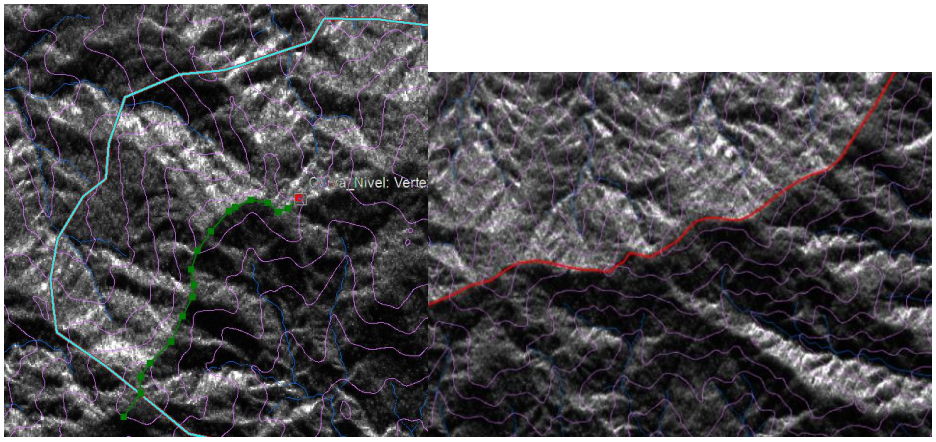
Figura 63. Comparación de curvas a nivel de la información cartográfica suministrada para la actualización del POMCA del río Hacha.



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016.
Nota: Las curvas de nivel del a GDB de IGAC se encuentran en color magenta y las curvas de nivel del POMCA vigente se encuentran en amarillo.

Posteriormente, se procede a revisar el límite de la cuenca del río Hacha evidenciando que el mismo requiere ajustarse a la divisoria de aguas, lo cual se realiza a partir del DTM (IGAC 2016) y las imágenes suministradas por el Fondo de Adaptación (Figura 64).

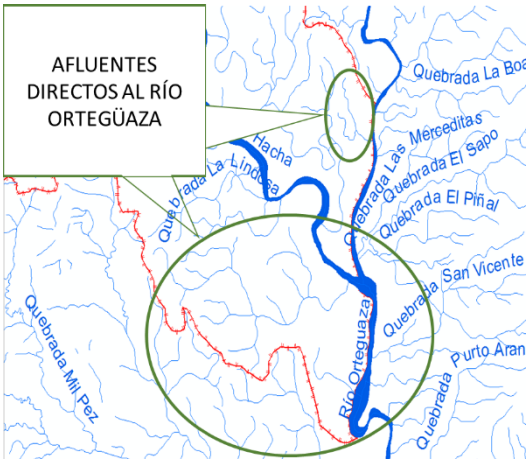
Figura 64. Proceso de redelimitación cuenca del río Hacha.



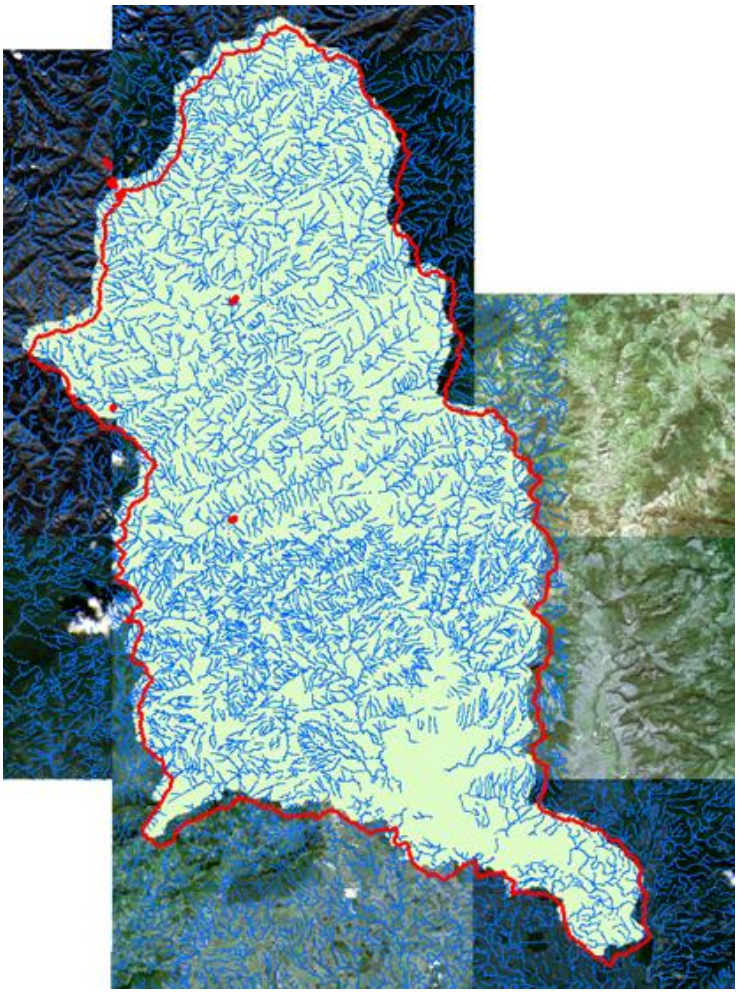
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016
Nota: La imagen izquierda se muestra la cuenca en proceso de ajuste, en la imagen derecha el ajuste realizado.

Como resultado se obtiene el nuevo límite de cuenca con un área total de 48.950,90 hectareas, valor que es menor a la unidad mínima de cuenca establecido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para la formulación de POMCA, por lo cual desde la Corporación se toma la decisión de incluir dos afluentes directos animios y de esta forma se establece el límite de la cuenca hidrográfica del río Hacha cubriendo un área de 50.030 hectáreas (Figura 65 y Figura 66).

Figura 65. Ajustes Limite Cuenca del río Hacha



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016
Figura 66. Limite definitivo Cuenca del río Hacha



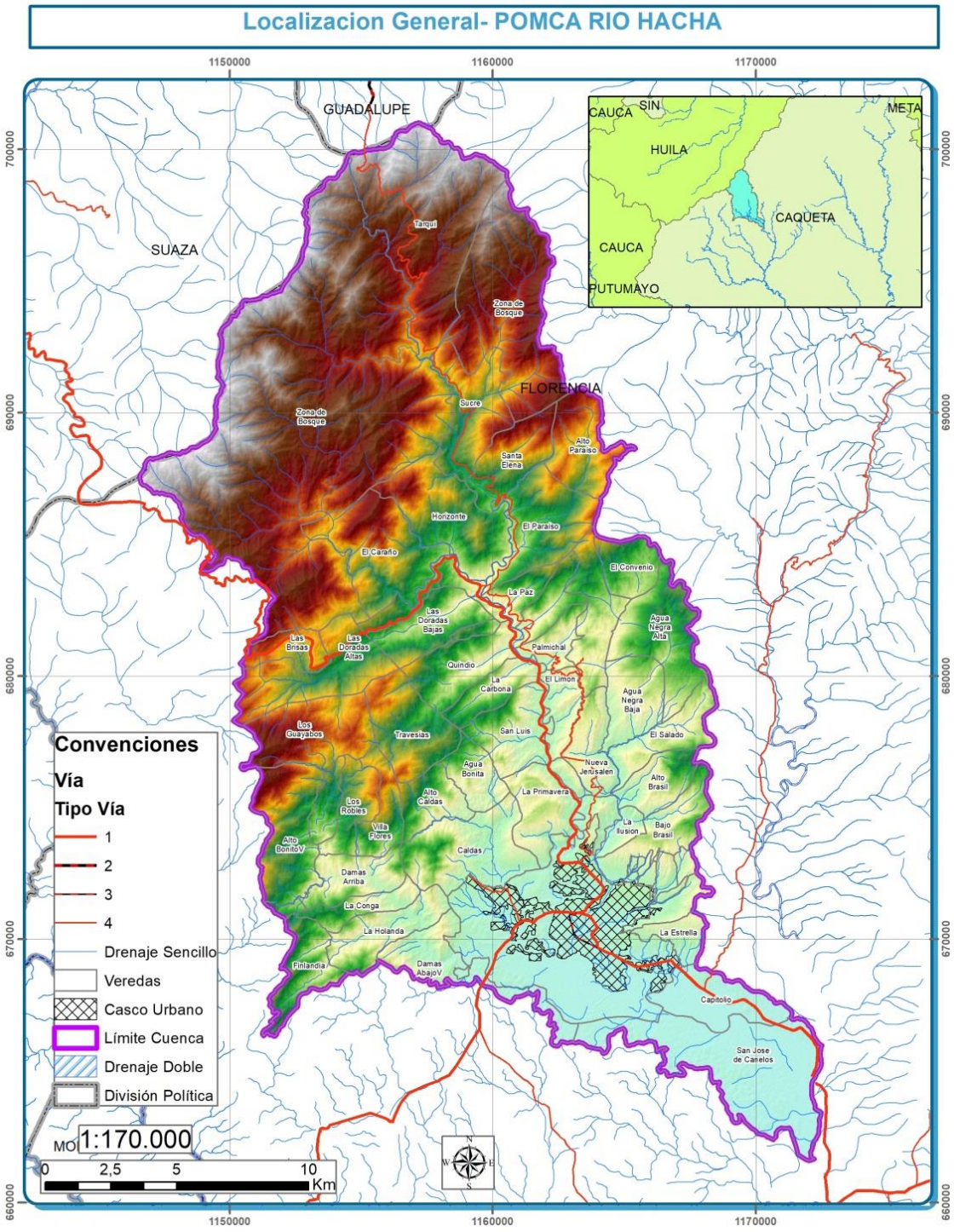
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Nota: Cuenca en fondo claro es del POMCA 2005, límite de cuenca en color rojo es la cuenca redelimitada a 2016.

3.4.3 Delimitación y codificación de las subcuencas y microcuencas abastecedoras

La delimitación de las subcuencas y microcuencas abastecedoras partió de la información proporcionada por la corporación que tiene jurisdicción en la Cuenca, las cuales suministraron las subcuencas con representación geoespacial tipo Shape, donde se encuentra una localización preliminar de estas. Con base en dicha información, se evaluó su pertinencia y se delimitaron las subcuencas sobre la red de drenaje de la cuenca del río Hacha, asignándole una codificación de acuerdo a la metodología propuesta por el IDEAM (2013).

Figura 67. Delimitación de la cuenca río Hacha

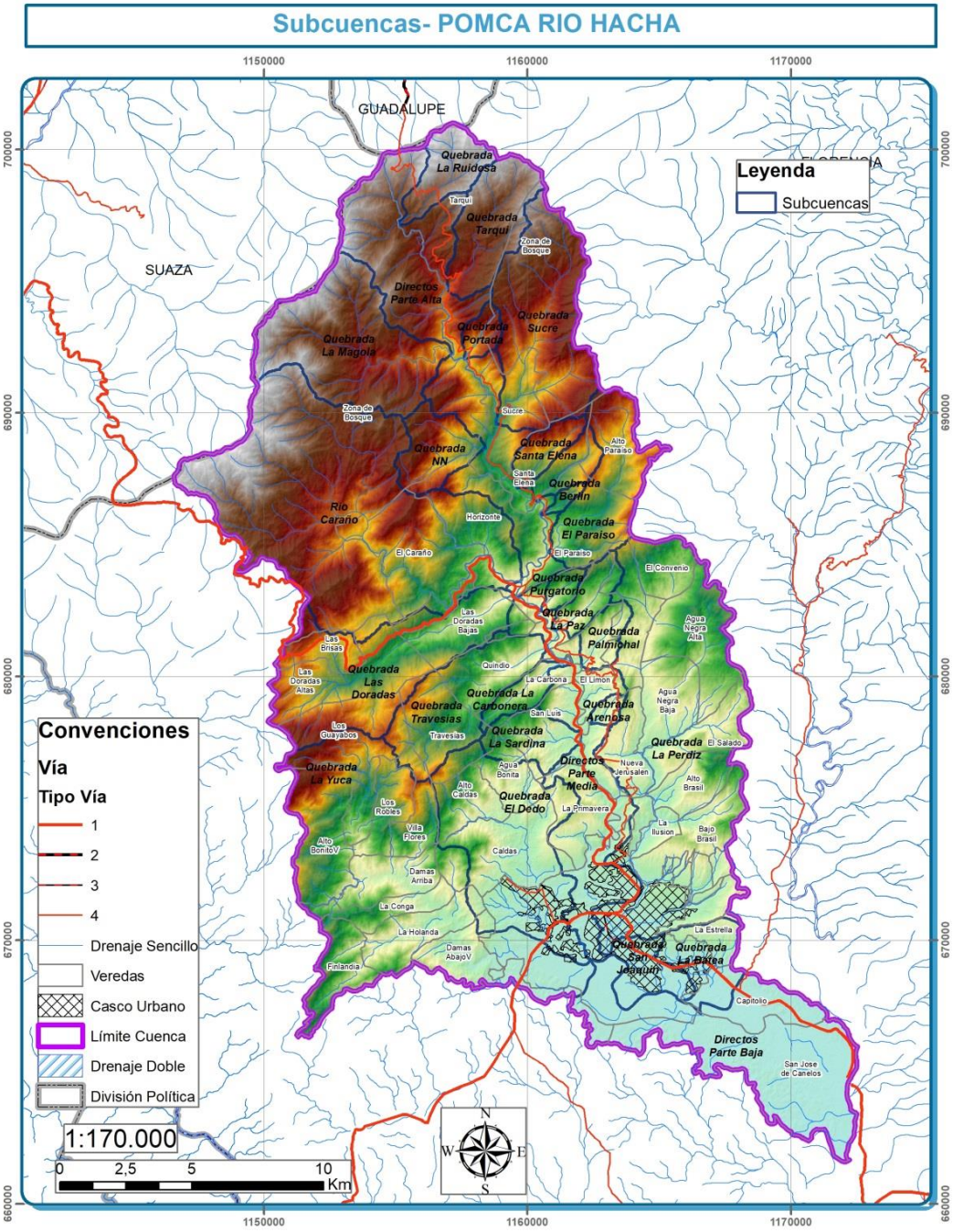


Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

En la Figura 68, se presenta las subcuencas de la cuenca del río Hacha delimitadas y relacionadas mediante un número consecutivo que puede ser consultado en la

Tabla 59. Adicionalmente en la tabla mencionada se relaciona su codificación y un nombre de la subcuenca.

Figura 68. Delimitación de subcuencas del río Hacha



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016.

Tabla 59. Relación numeración subcuencas delimitadas en la cuenca del río Hacha – nombre y codificación

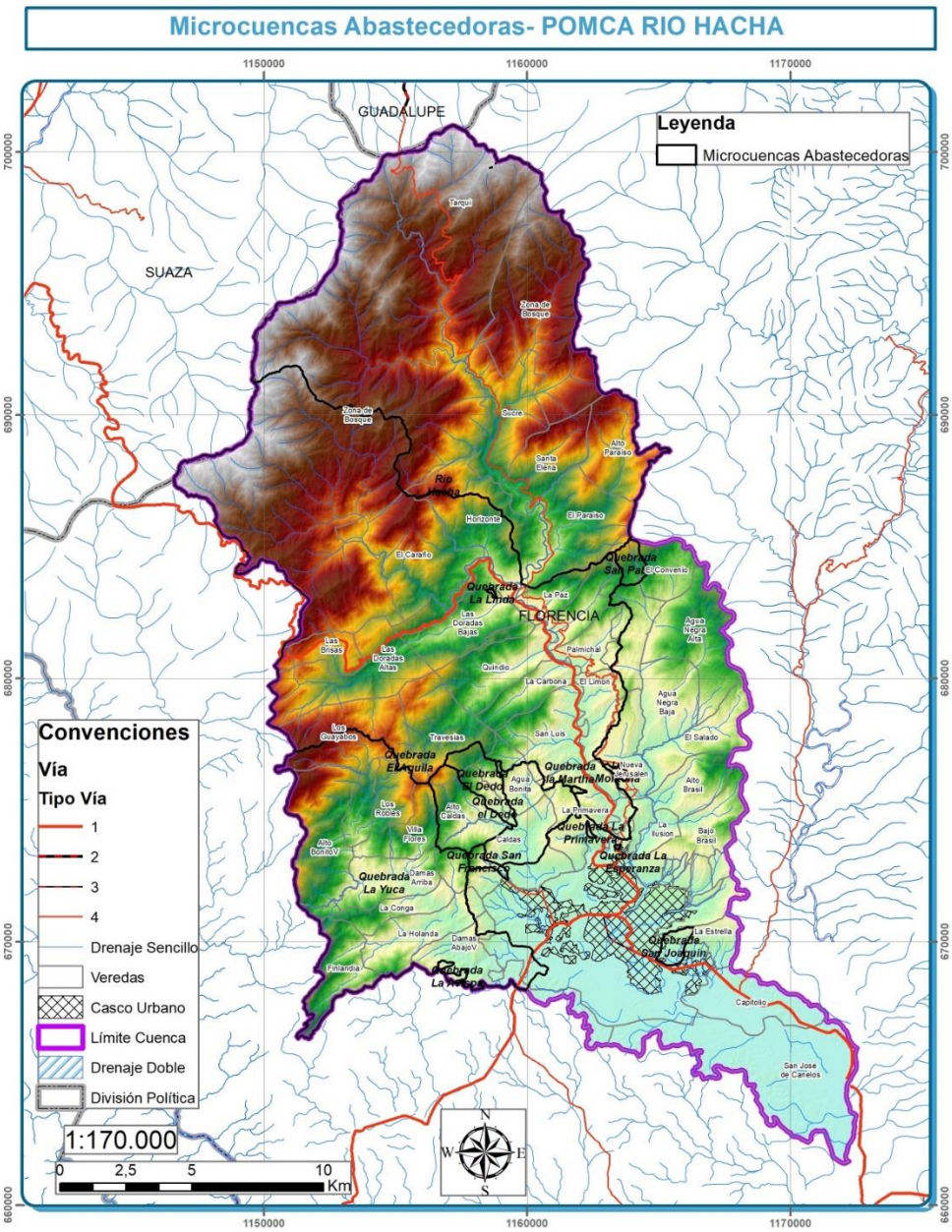
NUMERO CONSECUTIVO	CODIFICACIÓN	SUBCUENCA
1	4403-06-01	Directos Parte Baja
2	4403-06-02	Quebrada La Batea
3	4403-06-03	Quebrada La Perdiz
4	4403-06-04	Quebrada El Paraíso
5	4403-06-05	Quebrada Sucre
6	4403-06-06	Quebrada Tarqui
7	4403-06-07	Quebrada La Ruidosa
8	4403-06-08	Directos Parte Alta
9	4403-06-09	Quebrada La Magola
10	4403-06-10	Rio Caraño
11	4403-06-11	Quebrada Las Doradas
12	4403-06-12	Quebrada La Yuca
13	4403-06-13	Quebrada San Joaquín
14	4403-06-14	Directos Parte Media
15	4403-06-15	Quebrada Arenosa
16	4403-06-16	Quebrada Palmichal
17	4403-06-17	Quebrada La Paz
18	4403-06-18	Quebrada Purgatorio
19	4403-06-19	Quebrada Berlin
20	4403-06-20	Quebrada La Revoltosa
21	4403-06-21	Quebrada Santa Elena
22	4403-06-22	Quebrada Portada
23	4403-06-23	Quebrada NN
24	4403-06-24	Quebrada Travesias
25	4403-06-25	Quebrada La Carbonera
26	4403-06-26	Quebrada La Sardina
27	4403-06-27	Quebrada El Dedo

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016.

Respecto a la delimitación de microcuencas abastecedoras de centros urbanos y poblados, se verificaron las fuentes geoespaciales (shapes de puntos) de las bocatomas de cabeceras urbanas y bocatomas al interior de la cuenca del río Hacha. Adicionalmente, fueron revisadas las bases de datos de concesiones, las cuales fueron ubicadas espacialmente gracias a su georreferenciación. Dicha información fue cruzada con la ubicación de cabeceras urbanas, las cuales dieron como resultado los puntos para la delimitación de microcuencas abastecedoras, las

cuales se presentan en la Figura 69. De forma análoga a las subcuencas, se presentan gráficamente las microcuencas mediante un número consecutivo, el centro poblado al cual abastece y su respectiva codificación se presentan en la Tabla 60.

Figura 69. Delimitación microcuencas abastecedoras de centros urbanos y poblados



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Tabla 60. Relación numeración microcuencas abastecedoras de centros urbanos y poblados delimitadas en la cuenca del río Hacha – nombre (microcuenca) y codificación

No.	CODIFICACIÓN	SUBCUENCA	MICROCUENCA
1	4403-06	Rio Hacha	Rio Hacha
2	4403-06-02-01	Quebrada La Batea	Quebrada San Joaquín
3	4403-06-03-01	Quebrada La Perdiz	Quebrada San Pablo
4	4403-06-03-02	Quebrada La Perdiz	La Molitona
5	4403-06-11-01	Quebrada Las Doradas	Quebrada La Linda
6	4403-06-12-01	Quebrada La Yuca	Quebrada La Yuca
7	4403-06-12-02	Quebrada La Yuca	Quebrada Santa Bárbara
8	4403-06-12-03	Quebrada La Yuca	Quebrada La Avispa
9	4403-06-14-01	Directos Parte Media	Quebrada La Esperanza
10	4403-06-14-02	Directos Parte Media	Rio Hacha
11	4403-06-14-03	Directos Parte Media	Quebrada la Martha
12	4403-06-14-04	Directos Parte Media	Quebrada Lejanías
13	4403-06-14-05	Directos Parte Media	Quebrada La Primavera
14	4403-06-27-01	Quebrada El Dedo	Quebrada el Dedo
15	4403-06-27-02	Quebrada El Dedo	Quebrada La Mona
16	4403-06-27-03	Quebrada El Dedo	Quebrada El Dedo
17	4403-06-27-04	Quebrada El Dedo	Quebrada El Águila
18	4403-06-27-05	Quebrada El Dedo	Quebrada San Francisco

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

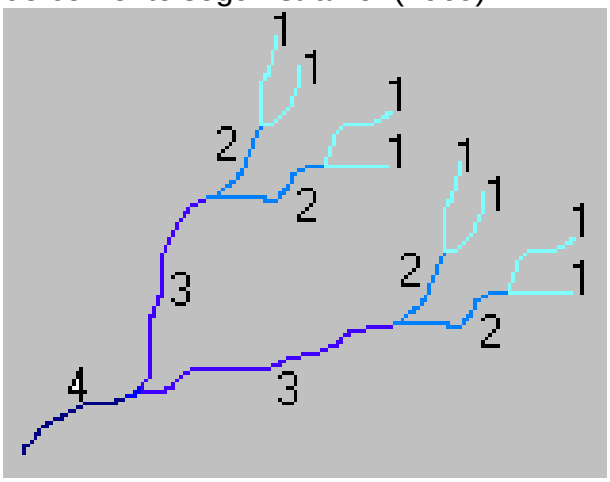
3.4.4 Caracterización de la red de drenaje

La caracterización de la red de drenaje se refiere a la jerarquización, patrón de alineamiento y densidad del drenaje, que es posible definir mediante el orden de Horton, sinuosidad y densidad de drenaje, respectivamente.

3.4.4.1 Orden de las corrientes. Existen diferentes métodos para obtener este índice (Gregory and Walling, 1985). En este estudio se utilizó el método de Strahler ya que es el más común, el más comprensible y el más fácil de relacionar con otros parámetros morfométricos.

Este índice se obtiene mediante la agregación de corrientes, considerando una corriente de primer orden a aquella que no tiene afluentes, una de segundo orden aquella donde se reúnen dos corrientes de primer orden, una de tercero donde confluyen dos de segundo orden y así sucesivamente (Figura 70*).*

Figura 70. Ordenes de corriente según strahler (1969)



FUENTE: Gregory, Op. Cit.

Este índice indica el grado de estructura de la red de drenaje. En general, mientras mayor sea el grado de corriente, mayor será la red y su estructura más definida.

Asimismo, un mayor orden indica en general la presencia de controles estructurales del relieve y mayor posibilidad de erosión, o bien, que la Cuenca podría ser más antigua (en determinados tipos de relieve).

Para el caso de la cuenca del río Hacha, se presenta un orden de Horton 7 y el porcentaje de presencia de los diferentes órdenes en la Cuenca se presenta en la Tabla 61.

ORDEN DE HORTON	LONGITUDES (Km)	PORCENTAJE DE LOS CAUCES
Orden 1	1318.1	64.2
Orden 2	322.8	15.7
Orden 3	186.4	9.1
Orden 4	79.5	3.9
Orden 5	88.9	4.3
Orden 6	39.3	1.9
Orden 7	16.8	0.8
TOTAL GENERAL	**2051.8**	**100**

Tal como es conocido, el orden de Horton está relacionado con el comportamiento hidrológico de la cuenca, considerando que los cauces con órdenes bajos tienen mayor peligro de inundaciones, descargando de forma súbita durante las tormentas.

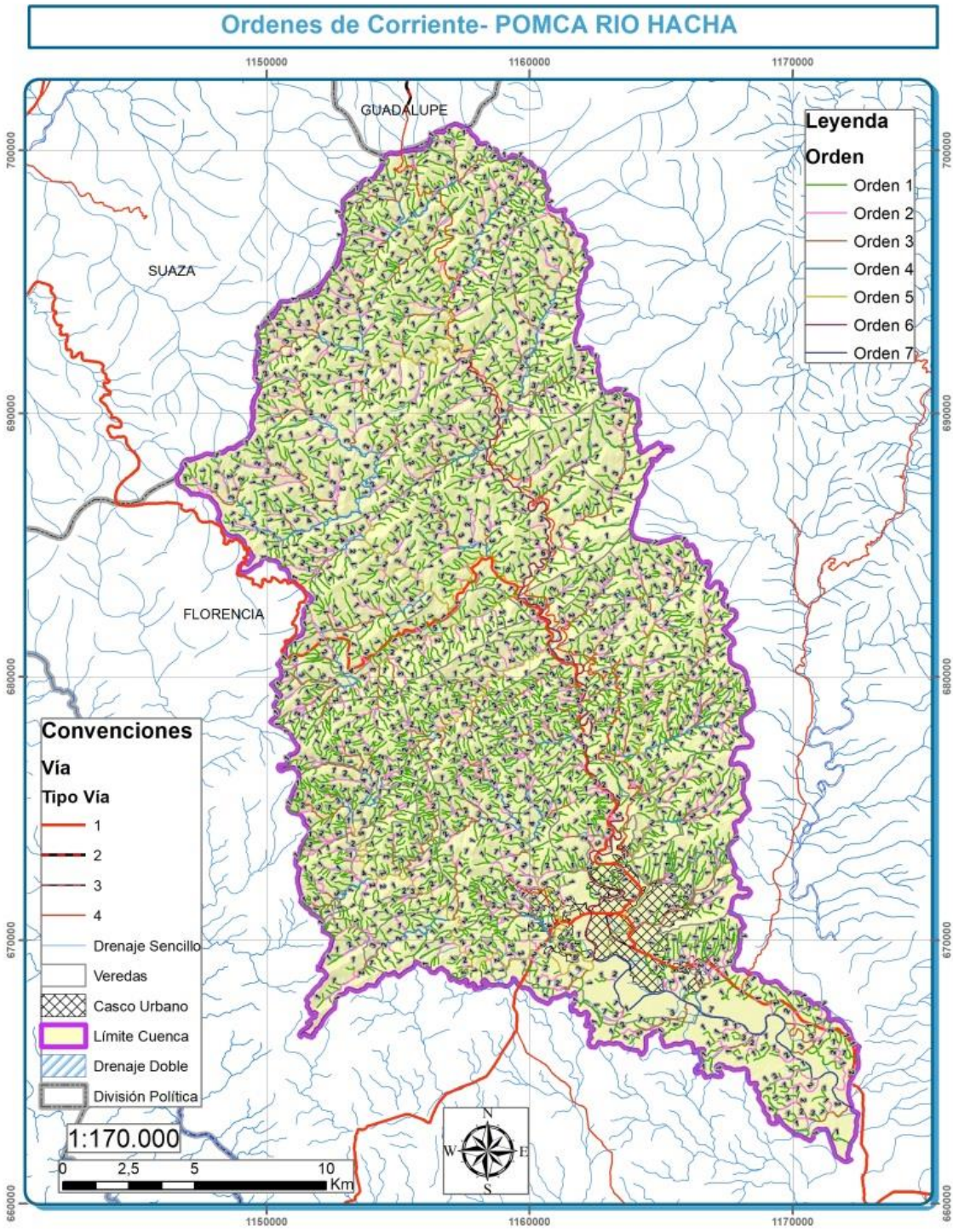
Tabla 61.Distribución de los órdenes de Horton por porcentaje en la cuenca

ORDEN DE HORTON	LONGITUDES (Km)	PORCENTAJE DE LOS CAUCES
Orden 1	1318.1	64.2

Orden 2	322.8	15.7
Orden 3	186.4	9.1
Orden 4	79.5	3.9
Orden 5	88.9	4.3
Orden 6	39.3	1.9
Orden 7	16.8	0.8
TOTAL GENERAL	**2051.8**	**100**

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Figura 71. Ordenes de corriente en la Cuenca del río Hacha



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.4.4.2 Patrón de Alineamiento. Con respecto a la sinuosidad se tiene la clasificación planteada por Schumm (1963), mediante la cual es clasificado el alineamiento de acuerdo a la relación entre la longitud del cauce principal y la longitud del valle que drena o longitud de Cuenca que da cuenta del trazado o patrón de alineamiento del cauce. La clasificación se encuentra consignada en la Tabla 62.

Es la relación que existe entre la longitud del cauce principal, Lc, y la longitud del valle del cauce principal medida en línea recta o curva, Lt.

$$S_i = \frac{L_C}{L_t}$$

Tabla 62. Clasificación de cauces – patrón de alineamiento

TIPO DE CANAL	SINUOSIDAD	CARACTERIZACIÓN
Canal rectilíneo	1-1.2	Se caracterizan por desarrollarse en áreas de fuertes pendientes. Muy baja sinuosidad.
Canal transicional	1.2-1.5	Baja sinuosidad.
Canal regular	1.5-1.7	Cambios direccionales importantes. Sinuosidad media.
Canal irregular	1.7-2.1	Cambios direccionales importantes con bahías.
Canal tortuoso	>2.1	Tendiente atrenzamiento del canal.

Fuente: Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas, 2010

3.4.4.3 Densidad de Drenaje

Se define como la relación entre la longitud total de los cursos de agua de la Cuenca y su área total.

$$D = \frac{\sum L_I}{A_{Cuenca}}$$

Dónde:
L: Longitud total de los drenajes [km]
A: Área de la Cuenca [km^2]

Finalmente, se calcula la densidad de drenaje Strahler (1952) mediante la relación entre la longitud total de drenaje y el área de la Cuenca. Usualmente se consideran

cuencas bien drenadas con una densidad de drenaje alrededor de 3.5 km/km^2 y cuencas pobremente drenadas con valores alrededor de 0.5 km/km^2.

El consolidado de los resultados para la caracterización de la red de drenaje de la Cuenca, subcuencas y microcuencas abastecedoras de centros urbanos y poblados de la Cuenca del río Hacha se presenta en las Tabla 63 y Tabla 64.

Tabla 63. Caracterización de la red de drenaje – Cuenca y subcuencas

Subcuenca	Código	Horton	Índice de sinuosidad	Patrón de alineamiento	Densidad de drenaje [Km/Km^2]	Clasificación según densidad de drenaje
Rio Hacha	4403-06	7	1.25	Canal transicional	4.10	Bien drenada
Directos Parte Baja	4403-06-01	7	0.87	Canal rectilíneo	2.81	Drenada
Quebrada La Batea	4403-06-02	4	1.06	Canal rectilíneo	5.46	Bien drenada
Quebrada La Perdiz	4403-06-03	5	1.15	Canal rectilíneo	4.31	Bien drenada
Quebrada El Paraíso	4403-06-04	3	1.13	Canal rectilíneo	5.83	Bien drenada
Quebrada Sucre	4403-06-05	4	1.18	Canal rectilíneo	3.74	Bien drenada
Quebrada Tarqui	4403-06-06	4	1.16	Canal rectilíneo	4.92	Bien drenada
Quebrada La Ruidosa	4403-06-07	4	1.08	Canal rectilíneo	4.30	Bien drenada
Directos Parte Alta	4403-06-08	6	1.21	Canal transicional	5.65	Bien drenada
Quebrada La Magola	4403-06-09	5	1.13	Canal rectilíneo	5.70	Bien drenada
Rio Caraño	4403-06-10	5	1.46	Canal transicional	3.79	Bien drenada
Quebrada Las Doradas	4403-06-11	5	1.13	Canal rectilíneo	4.69	Bien drenada
Quebrada La Yuca	4403-06-12	5	1.29	Canal transicional	4.73	Bien drenada
Quebrada San Joaquín	4403-06-13	7	0.79	Canal rectilíneo	4.41	Bien drenada
Directos Parte Media	4403-06-14	7	1.15	Canal rectilíneo	5.03	Bien drenada
Quebrada Arenosa	4403-06-15	3	1.04	Canal rectilíneo	7.23	Bien drenada

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Tabla 63 (Continuación). Caracterización de la red de drenaje – Cuenca y subcuencas

Subcuenca	Código	Horton	Índice de sinuosidad	Patrón de alineamiento	Densidad de drenaje [Km/Km^2]	Clasificación según densidad de drenaje
Quebrada Palmichal	4403-06-16	3	1.08	Canal rectilíneo	15.30	Bien drenada
Quebrada La Paz	4403-06-17	3	1.11	Canal rectilíneo	14.08	Bien drenada
Quebrada Purgatorio	4403-06-18	3	1.04	Canal rectilíneo	27.80	Bien drenada
Quebrada Berlin	4403-06-19	1	1.03	Canal rectilíneo	3.57	Bien drenada
Quebrada La Revoltosa	4403-06-20	3	1.08	Canal rectilíneo	14.11	Bien drenada
Quebrada Santa Elena	4403-06-21	2	1.03	Canal rectilíneo	13.85	Bien drenada
Quebrada Portada	4403-06-22	2	1.02	Canal rectilíneo	3.59	Bien drenada
Quebrada NN	4403-06-23	4	1.07	Canal rectilíneo	4.48	Bien drenada
Quebrada Travesías	4403-06-24	5	1.17	Canal rectilíneo	5.30	Bien drenada
Quebrada La Carbonera	4403-06-25	3	1.11	Canal rectilíneo	18.64	Bien drenada
Quebrada La Sardina	4403-06-26	4	1.06	Canal rectilíneo	12.70	Bien drenada
Quebrada El Dedo	4403-06-27	5	1.20	Canal rectilíneo	4.86	Bien drenada

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Tabla 64. Caracterización de la red de drenaje – microcuencas

Microcuenca	Código	Horton	Índice de sinuosidad	Patrón de alineamiento	Densidad de drenaje [Km/Km^2]	Clasificación según densidad de drenaje
Rio Hacha	4403-06	6	1.22	Canal transicional	4.13	Bien drenada
Rio Hacha	4403-06-14-02	6	1.36	Canal transicional	4.12	Bien drenada
Quebrada San Francisco	4403-06-27-05	2	1.01	Canal rectilíneo	3.31	Drenada
Quebrada El Águila	4403-06-27-04	4	1.05	Canal rectilíneo	4.66	Bien drenada

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Tabla 64 (Continuación). Caracterización de la red de drenaje – microcuencas

Microcuenca	Código	Horton	Índice de sinuosidad	Patrón de alineamiento	Densidad de drenaje [Km/Km^2]	Clasificación según densidad de drenaje
Quebrada La Mona	4403-06-27-02	1	1.02	Canal rectilíneo	9.75	Bien drenada
Quebrada El Dedo	4403-06-27-03	4	1.08	Canal rectilíneo	6.37	Bien drenada
Quebrada el Dedo	4403-06-27-01	5	1.10	Canal rectilíneo	4.96	Bien drenada
Quebrada La Avispa	4403-06-12-03	2	1.03	Canal rectilíneo	6.16	Bien drenada
Quebrada Santa Bárbara	4403-06-12-02	1	1.01	Canal rectilíneo	2.82	Drenada
Quebrada La Yuca	4403-06-12-01	5	1.22	Canal transicional	4.87	Bien drenada
Quebrada La Linda	4403-06-11-01	1	1.02	Canal rectilíneo	10.91	Bien drenada
La Molitona	4403-06-03-02	2	0.99	Canal rectilíneo	8.33	Bien drenada
Quebrada San Pablo	4403-06-03-01	2	1.03	Canal rectilíneo	4.53	Bien drenada
Quebrada San Joaquín	4403-06-02-01	2	1.01	Canal rectilíneo	4.96	Bien drenada
Quebrada La Primavera	4403-06-14-05	1	1.01	Canal rectilíneo	7.73	Bien drenada
Quebrada Lejanias	4403-06-14-04	1	0.91	Canal rectilíneo	0.83	Drenada
Quebrada la Martha	4403-06-14-03	2	1.02	Canal rectilíneo	10.47	Bien drenada
Quebrada La Esperanza	4403-06-14-01	1	1.02	Canal rectilíneo	4.67	Bien drenada

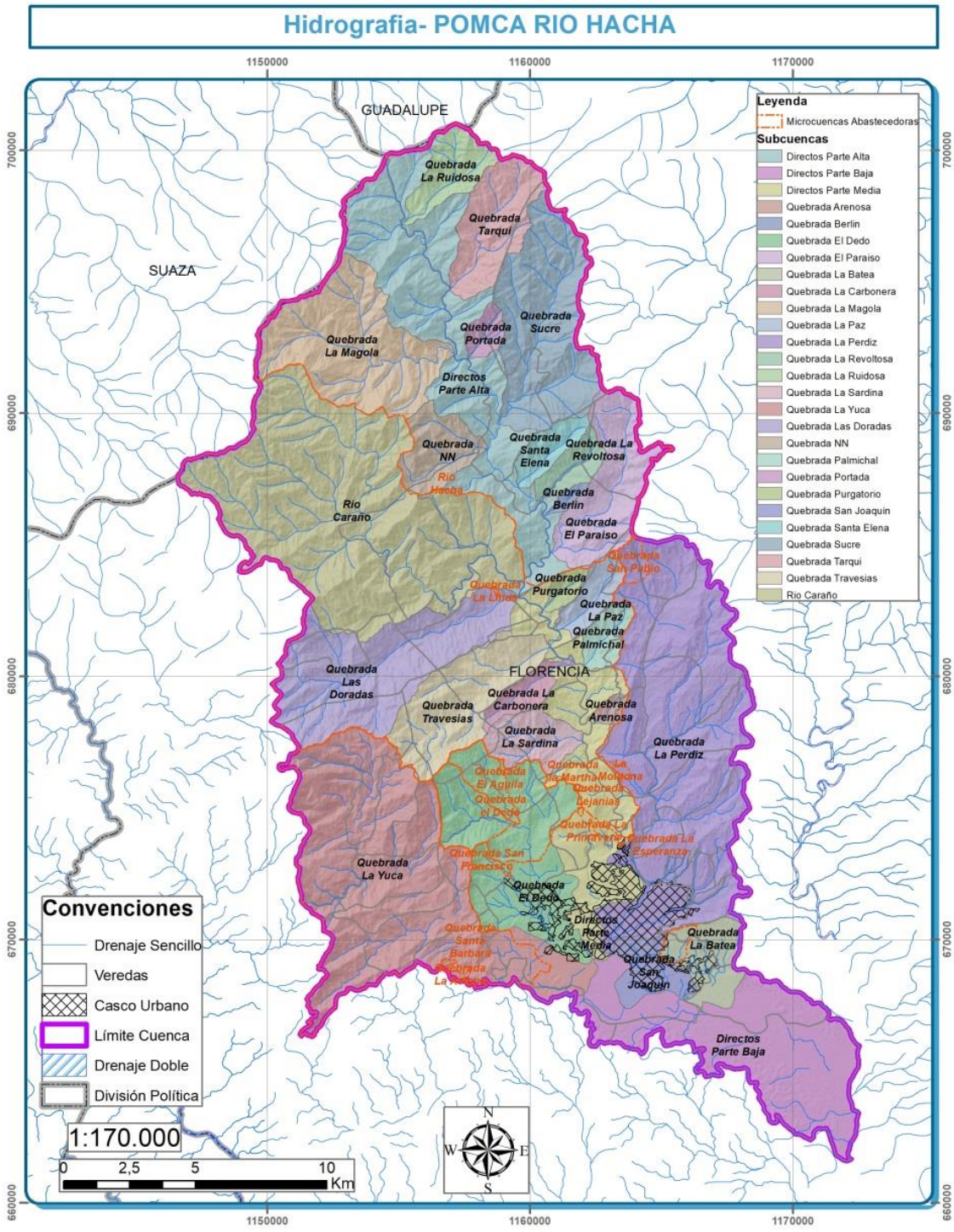
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016.

3.4.5 Mapa de hidrografía

En la

Figura 72, se presentan la cuenca y las subcuencas y la red de drenaje de la cuenca del río Hacha. En general, se puede apreciar una cuenca de orden 7, y, a partir de la densidad de drenaje, se concluye que la Cuenca tiene un buen drenaje.

Figura 72. Mapa hidrografía



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.4.6 Conclusiones y recomendaciones

Se identificaron 18 microcuencas abastecedoras, pertenecientes a seis (6) subcuencas, de un total de 27 consideradas. El cauce principal de la cuenca del río Hacha presenta un orden de Horton 7. No obstante, teniendo en cuenta su longitud, el 64.2% de los cauces de la cuenca son de orden 1 o cauces elementales, el 15.7% son de orden 2, el 9.1% son de orden 3 y el 3.9% de orden 4. El resto de cauces presentan una importancia entre 0.8 y 1.9%.

En el río Hacha tiene una densidad de drenaje de 4.10 km/km^2, y en ninguna de las cuencas expuso una densidad por debajo de 0.5, lo cual indica que, en general, la cuenca es bien drenada.

En cuanto a los índices de sinuosidad, la mayor parte de los cauces de las subcuencas presentan valores entre 0.80 y 1.46, por desarrollarse en áreas de fuertes pendientes. Son por tanto rectilíneos y de muy baja sinuosidad, lo que favorece las crecidas instantáneas.

3.5 MORFOMETRÍA

Las características morfométricas de una cuenca definen las propiedades hidrográficas de la misma y por ende sirven para comprender el comportamiento y producción del recurso hídrico en la misma.

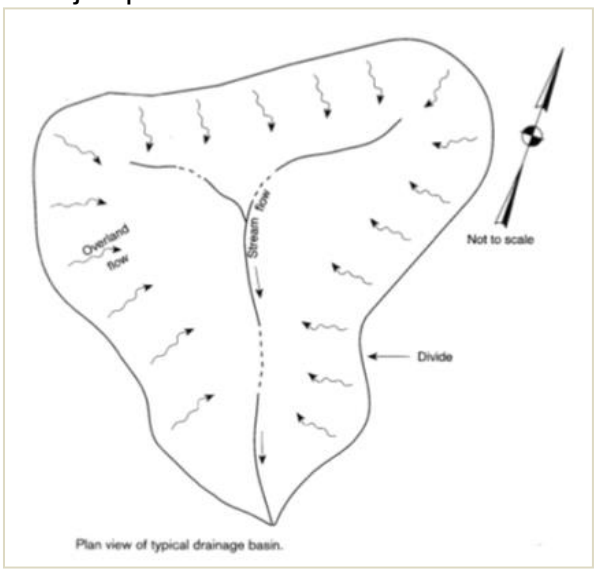
El área de la cuenca está determinada por una línea imaginaria determinada a partir de la divisoria topográfica, línea que separa una cuenca de sus circundantes y que es denominada divisoria de aguas o parteaguas y en su trazado no debe cortar ninguna corriente de agua, salvo a la salida de ella.

3.5.1 Párametros físicos de la cuenca

3.5.1.1 Área de drenaje de la Cuenca (AC) [km2]. Es la proyección horizontal, del área de drenaje, o de un sistema de escorrentía dirigido, directa o indirectamente, a un mismo cauce natural. El sitio que recoge toda la escorrentía que se produce en una Cuenca hidrográfica se denomina punto de concentración o punto de cierre de la Cuenca.

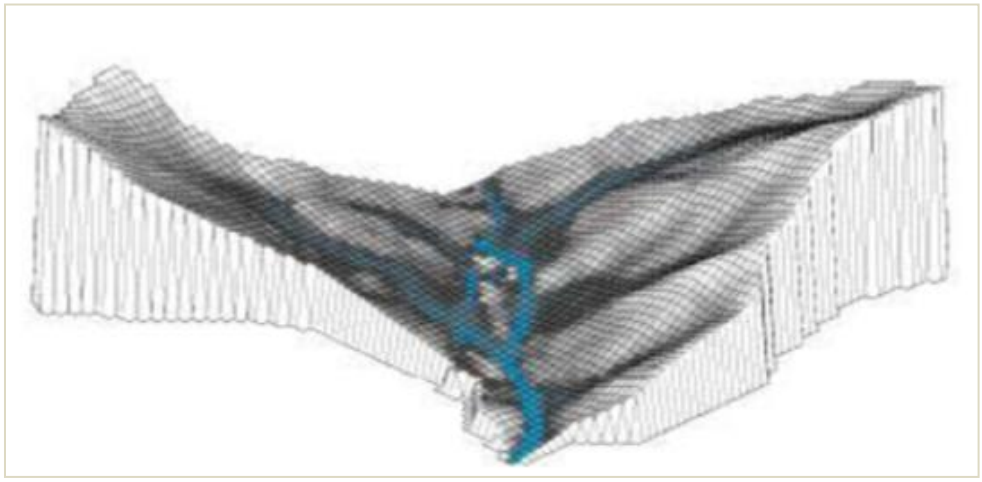
El concepto de área de drenaje y divisoria de aguas se presenta en la Figura 73 y Figura 79.

Figura 73. Área de drenaje típica



Fuente: Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas, 2010

Figura 74. Área de drenaje vista en 3D



Fuente: Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas, 2010

La delimitación de una Cuenca Hidrográfica se realiza a partir de restituciones cartográficas y fotogramétricas y, para ello, se deben seguir las reglas básicas que se mencionan a continuación:

a) La divisoria de aguas pasa por los puntos más altos de las cordilleras, cruzando los valles que estas delimitan.
b) Su delimitación comienza en el punto de concentración y se continúa a cada lado de este punto con líneas siempre perpendiculares a las curvas de nivel.
c) La divisoria de aguas nunca debe interceptar los cauces naturales.
d) Imagine una gota de agua cayendo sobre el mapa, si la gota llegara al punto de concentración, esta área debe pertenecer a la Cuenca

3.5.1.2 Perimetro de la cuenca. El perímetro de la cuenca o la longitud de la línea divisoria de la cuenca es un parámetro importante, pues en conexión con el área permite inferir sobre la forma de la cuenca. Usualmente este parámetro físico es simbolizado por la mayúscula P.

3.5.1.3 Longitud recta de la Cuenca. Es la longitud de una línea recta con dirección “paralela” al cauce principal.

3.5.1.4 Ancho de la Cuenca (w) [km]. Es la relación entre el área de drenaje de la cuenca y la longitud de la misma.

3.5.1.5 Parámetros de forma de la Cuenca. Los factores geológicos, principalmente, son los encargados de moldear la fisiografía de una región y particularmente la forma que tienen las Cuencas Hidrográficas.

Para explicar cuantitativamente la forma de la cuenca, se compara la Cuenca con figuras geométricas conocidas como lo son: el círculo, el óvalo, el cuadrado y el rectángulo, principalmente.

3.5.1.6 Índice de compacidad o índice de Gravelius. Parámetro adimensional que relaciona el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de igual área que el de la cuenca. Este parámetro describe la geometría de la cuenca y está estrechamente relacionado con el tiempo de concentración del sistema hidrológico.

$$K_c = \frac{P_{cuenca}}{2\pi\left(\frac{A_{cuenca}}{\pi}\right)^{\frac{1}{2}}}$$

Dónde:

P: Perímetro de la Cuenca [km]
A: Área de la Cuenca [km^2]

Este valor adimensional, independiente del área estudiada, tiene por definición un valor de 1 para cuencas imaginarias de forma exactamente circular. Los valores de Kc nunca serán inferiores a 1. El grado de aproximación de este índice a la unidad

indicará la tendencia a concentrar fuerte volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuanto más cercano sea a la unidad, lo cual quiere decir que entre más bajo sea Kc mayor será la concentración de agua. Existen tres categorías para la clasificación según el valor de este parámetro, según la Tabla 65.

Tabla 65. Índice de compacidad para la evaluación de la forma

CLASE	RANGO	DESCRIPCIÓN
Kc1	1.0 a 1.25	Forma redonda a oval redonda
Kc2	1.25 a 1.5	Forma oval redonda a oval oblonga
Kc3	> 1.5	Forma oval oblonga a rectangular oblonga

Fuente: Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas, 2010

3.5.1.7 Factor de forma. Índice propuesto por Gravelius. Es la relación entre el área (A) de la cuenca y el cuadrado del máximo recorrido (L). Este parámetro mide la tendencia de la cuenca hacia las crecidas, rápidas y muy intensas o lentas y sostenidas, según que su factor de forma tienda hacia valores extremos grandes o pequeños (Tabla 66).

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

Dónde:
L: Longitud axial de la cuenca en Km.
A: Área de drenaje en Km².

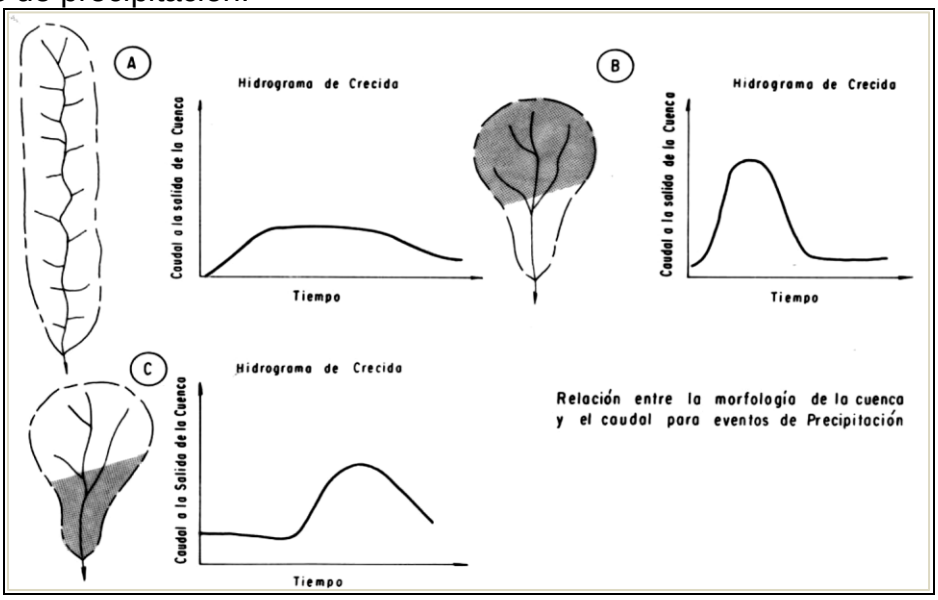
Tabla 66. Clasificación del factor de forma

K_f	CARACTERÍSTICA
<1	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas
1	Cuadrada
>1	Tiende a ser achatada, tendencia a ocurrencia de avenidas

Fuente: Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas, 2010

En la Figura 75, se muestra la relación entre la morfología de algunas cuencas y sus respectivos caudales pico. Para más información sobre algunas formas de las cuencas y sus respectivas respuestas hidrológicas se recomiendan consultar a Smith y Stopp (1978).

Figura 75. Relación entre la forma de algunas cuencas y el caudal pico para eventos máximos de precipitación.



FUENTE: BELL, 1999

3.5.1.8 Índice de alargamiento. Relaciona la longitud del cauce encontrado en la cuenca, medida en el sentido principal, y el ancho máximo de ella. Éste define si la cuenca es alargada, cuando su valor es mucho mayor a la unidad, o si es muy achatada, cuando son valores menores a la unidad. (Tabla 67)

$$I_A = \frac{L}{A_n}$$

Dónde:
L: Longitud de la cuenca
An: Ancho de la cuenca

Tabla 67. Índice de alargamiento

I_A	CARACTERÍSTICA
$I_A > 1$	Cuenca alargada
$I_A < 1$	Cuenca achatada y por lo tanto el cauce principal es corto

Fuente: Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas, 2010

3.5.1.9 Índice asimétrico. Es la relación del área de las vertientes, mayor (A_{mayor}) y menor (A_{menor}), las cuales son separadas por el cauce principal.

Este índice evalúa la homogeneidad en la distribución de la red de drenaje, pues si se tiene un índice mucho mayor a 1 se observará sobre la Cuenca que el Río principal estará recargado a una de las vertientes, lo cual implica una heterogeneidad en la distribución de la red de drenaje, aumentando la descarga hídrica de la Cuenca a esta vertiente, lo que incrementa en cierto grado los niveles erodabilidad a causa de los altos eventos de escorrentía superficial obtenidos. A continuación, se presenta la ecuación que define el índice asimétrico como: (Tabla 68)

$$I_{AS} = \frac{A_{mayor}}{A_{menor}}$$

Dónde:
I_{AS}: Índiceasimétrico (adimensional)
A_{mayor}: Vertiente mayor (km^2)
A_{menor}: Vertiente menor (km^2)

Tabla 68. Índice asimétrico

I_{AS}	CARACTERÍSTICA
$I_{AS} > 1$	Cauce principal bastante recargado a una de las vertientes
$I_{AS} = 1$	Distribución uniforme del cauce principal

Fuente: Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas, 2010

3.5.2 Caracteristicas de relieve de la cuenca

Son de gran importancia puesto que el relieve de una cuenca tiene más influencia sobre la respuesta hidrológica que su forma; con carácter general se puede decir que a mayor relieve o pendiente la generación de escorrentía se produce en lapsos de tiempo menores.

3.5.2.1 Pendiente media de la Cuenca. La pendiente es la variación de la inclinación de una cuenca; su determinación es importante para definir el comportamiento de la cuenca respecto al desplazamiento de las capas de suelo (erosión o sedimentación), puesto que, en zonas de altas pendientes se presentan con mayor frecuencia los problemas de erosión; mientras que en regiones planas aparecen principalmente problemas de drenaje y sedimentación.

La pendiente media de la cuenca se estima con base en un plano topográfico que contenga las curvas de nivel o en el modelo de elevación digital, empleando el método de Alvord.

De acuerdo con el uso del suelo y la red de drenaje, la pendiente influye en el comportamiento de la cuenca, afectando directamente el escurrimiento de las aguas lluvias; esto es, en la magnitud y en el tiempo de formación de una creciente en el cauce principal. En cuencas de pendientes fuertes, existe la tendencia a la generación de crecientes en los ríos en tiempos relativamente cortos; estas cuencas se conocen como torrenciales, igual que los ríos que las drenan. En la Tabla 69 se muestra la clasificación de las cuencas según la pendiente.

Tabla 69. Clasificación de las cuencas de acuerdo con la pendiente

PENDIENTE MEDIA (%)	TIPO DE RELIEVE
0 - 3	Plano
3 - 7	Suave
7 - 12	Medianamente accidentado
12 -20	Accidentado
20 - 35	Fuertemente accidentado
35 - 50	Muy fuertemente accidentado
50 - 75	Escarpado
>75	Muy escarpado

Fuente: Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas, 2010

En el método de Alvord, se divide la cuenca en franjas altitudinales y se obtiene la pendiente media de la cuenca al ponderar la pendiente hallada para cada franja en función de su área.

$$S_m = \frac{L * D}{A}$$

Dónde:
S_m: Pendiente media de la cuenca
D: Diferencia entre curvas de nivel
L: Longitud total de las curvas de nivel
A: Área de la Cuenca

3.5.2.2 Elevación media de la Cuenca. Es la variación altitudinal de la cuenca, que incide directamente sobre el clima y por tanto sobre el régimen hidrológico, además de brindar una base para caracterizar zonas climatológicas y ecológicas diferentes dentro de la misma cuenca. Una forma conveniente y objetiva de describir la relación entre la propiedad altimétrica de la cuenca en un plano y su elevación, es a través de la función hipsométrica.

Esta función o característica se determina a partir de la “curva hipsométrica” de la cuenca. La curva hipsométrica es la representación gráfica de la variación de la

elevación de una cuenca, en la cual puede observarse la distribución de las zonas altas, medias y bajas.

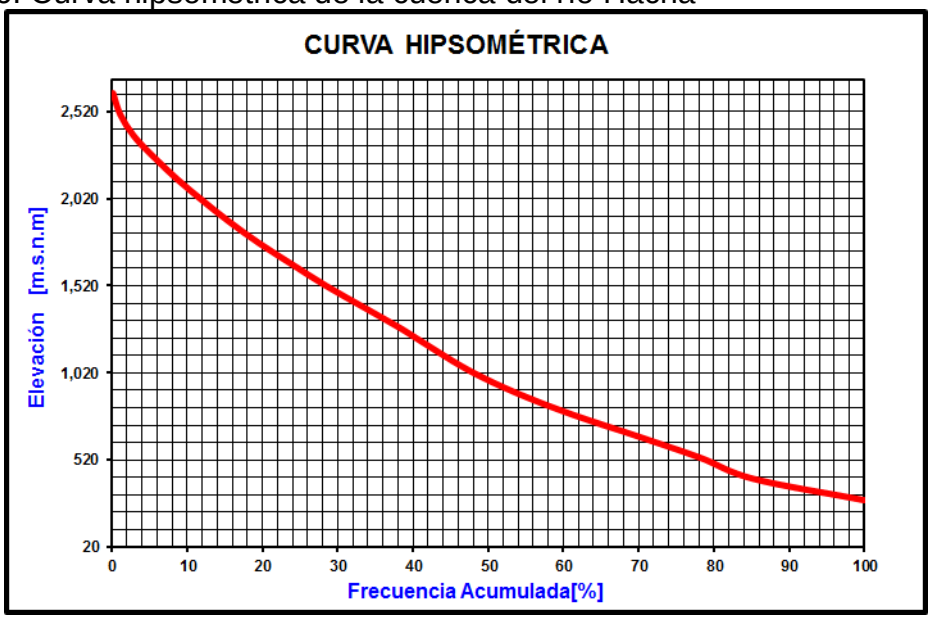
La curva hipsométrica representa, entonces, el porcentaje de área acumulada que es igualado o excedido a una determinada cota.

La elevación media de una cuenca puede calcularse como:

$$H_{media} = \frac{\sum Area * Alt.mediai}{\sum Area}$$

A continuación, en la Figura 76 se presenta la curva hipsométrica para la cuenca del río Hacha, para las subcuencas y microcuencas se presentan en el Anexo 11.

Figura 76. Curva hipsometrica de la cuenca del río Hacha



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.5.3 Características del sistema de drenaje

3.5.3.1 Longitud del cauce (L) [km]. Es la longitud del cauce principal, medida desde el punto de concentración hasta el tramo de mayor longitud del mismo.

Generalmente, los caudales medios, máximos y mínimos, crecen con la longitud de los cauces. Según Londoño 2001, esto se debe a la normal relación que existe entre las longitudes de los cauces y las áreas de las Cuencas Hidrográficas correspondientes, de tal manera que el área crece con la longitud y la superficie de captación.

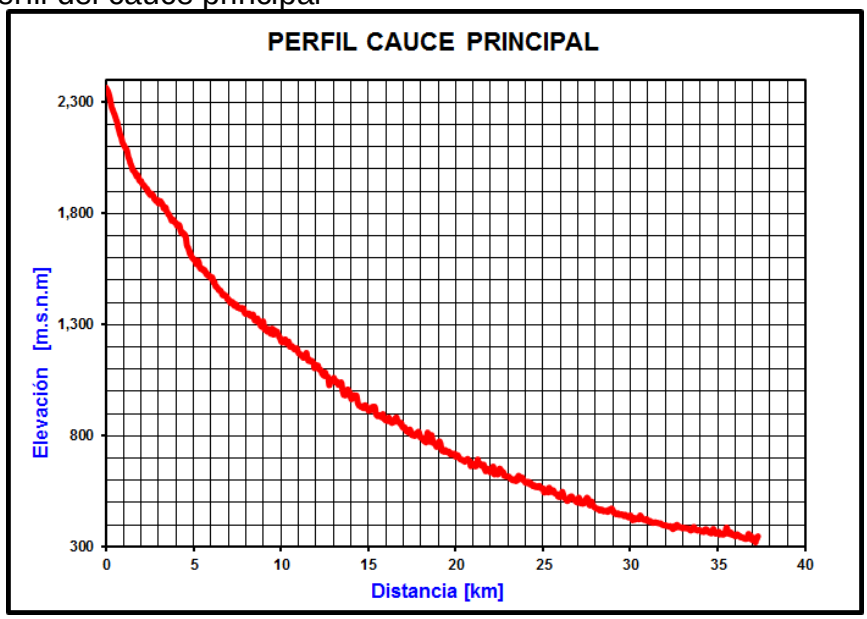
Igualmente, los tiempos promedios de subida y las duraciones promedias totales de las crecientes torrenciales tendrán siempre una evidente relación con la longitud de los cauces. Una longitud mayor supone mayores tiempos de desplazamiento de las crecidas y como consecuencia de esto, mayor atenuación de las mismas, por lo que los tiempos de subida y las duraciones totales de éstas serán evidentemente mayores.

3.5.3.2 Perfil del cauce. El perfil longitudinal de un Río es muy característico. La línea que dibuja la quebrada desde su nacimiento hasta el sitio de estudio se representa gráficamente como una curva cuya forma ideal es la de una curva exponencial cóncava hacia arriba, en la cabecera, y a la altura del nivel de base, en la desembocadura.

La profundidad y el ancho del lecho aumentan aguas abajo, en la medida que disminuye la pendiente. Esto es debido a que aguas abajo aumenta el caudal y disminuye la velocidad, por lo que la carga material transportada cambia de gruesa a fina.

A continuación en la Figura 77 se presenta el perfil del cauce principal para la cuenca del río Hacha, para las subcuencas y microcuencas se presentan en el Anexo 11.

Figura 77. Perfil del cauce principal



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.5.3.3 Pendiente media del cauce. Es la relación entre la altura total del cauce principal (cota máxima menos cota mínima) y la longitud del mismo.

$$P_m = \frac{H_{max} - H_{min}}{L} * 100$$

Dónde:
P_m: Pendiente media
H_{max}: Cota Máxima
H_{min}: Cota Mínima
L: Longitud del Cauce

3.5.4 Tiempos de concentración

Es considerado como el tiempo de viaje de una gota de agua de lluvia que escurre superficialmente desde el lugar más lejano de la cuenca hasta el punto de salida. Para su cálculo se pueden emplear diferentes fórmulas que se relacionan con otros parámetros propios de la cuenca. Para la estimación del tiempo de concentración se recomienda emplear varias ecuaciones empíricas disponibles en la literatura científica, se considera apropiado incluir al menos cinco estimaciones diferentes (Ven Te Chow, 1994).

Ramser y Kirpich lo definen como el tiempo al pico Tp, Viessman (1977) lo define como el tiempo comprendido entre el final de la precipitación efectiva y el final de la escorrentía superficial directa. Este último valor es el punto de inflexión del hidrograma después del caudal pico. Témez (1978) lo define como la diferencia entre el tiempo de finalización del hidrograma de escorrentía superficial directa y el tiempo de finalización de la precipitación efectiva.

En la literatura se encuentran numerosas expresiones para determinar el tiempo de concentración Tc de las Cuencas Hidrográficas, desarrolladas por diferentes autores para diferentes regiones del mundo. A continuación, se presenta un resumen de las ecuaciones utilizadas en el presente estudio y tomadas de diferentes fuentes (Chow et al., 1994; Hidrología de Antioquia, 1997; Linsley et al., 2002; Viessman y Lewis, 2003; Vélez y Botero, 2011):

3.5.4.1 Fórmula de Kirpich (1940). Calcula el tiempo de concentración, Tc, en horas, según la ecuación:

$$T_c = 0.06628 \left(\frac{L}{\sqrt{So}}\right)^{0.77}$$

Dónde:
L: Longitud del cauce principal de la cuenca, en metros
S: Diferencia entre las dos elevaciones extremas de la cuenca, en metros, dividida por L (es decir, la pendiente promedio del recorrido principal en m/m).

3.5.4.2 Ecuación de Témez. Calcula el tiempo de concentración, Tc, en horas, según la ecuación:

$$T_c = 0.30 \left(\frac{L}{S_0^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Dónde:
Tc: Tiempo de concentración, en horas (h).
L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).
S: Pendiente total del cauce principal, en porcentaje (%).

3.5.4.3 Ecuación de Williams. Calcula el tiempo de concentración, Tc, en horas, según la ecuación:

$$T_C = 0.683 \cdot \left(\frac{L \cdot A^{0.4}}{D \cdot S^{0.25}} \right)$$

Dónde:
Tc: Tiempo de concentración, en horas (h).
L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).
A: Área de la cuenca, en kilómetros cuadrados (km2).
D: Diámetro de una cuenca circular con área “A”, en kilómetros (km).
S: Pendiente total del cauce principal, en porcentaje (%).

3.5.4.4 Ecuación de Johnstone y Cross. Calcula el tiempo de concentración, Tc, en horas, según la ecuación:

$$T_C = 2.6 \cdot \left(\frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.5}$$

Dónde:
Tc: Tiempo de concentración, en horas (h).
L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).
S: Pendiente total del cauce principal, en metros por kilómetro (m/km).

3.5.4.5 Fórmula de Giandotti. Proporciona el tiempo de concentración de la cuenca, Tc, en horas, mediante la siguiente fórmula:

$$T_c = \left(\frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{25.3\sqrt{S * L}} \right)$$

Dónde:
L: es la longitud del cauce principal en km
S: es la pendiente promedio del cauce principal de la cuenca en m/m
A: es la superficie de la cuenca en Km^2.

3.5.4.6 Ecuación de SCS – Ranser. Calcula el tiempo de concentración, Tc, en horas, según la ecuación:

$$\mathrm{T_c} = 0{,}97 \cdot \left(\frac{L^3}{\mathrm{H}} \right)^{0.385}$$

Dónde:
Tc: Tiempo de concentración, en horas (h).
L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).
H: Diferencia de cotas entre puntos extremos de la corriente principal, en metros (m).

3.5.4.7 Ecuación de Ventura – Heras. Proporciona el tiempo de concentración de la cuenca, Tc, en horas, mediante la siguiente fórmula:

$$T_C = 0.30 \cdot \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.75}$$

Dónde:
Tc: Tiempo de concentración, en horas (h).
L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).
S: Pendiente total del cauce principal, en porcentaje (%).

3.5.4.8 Bransby-Williams. Calcula el tiempo de concentración, Tc, en horas, según la ecuación:

$$T_C = \frac{L}{1.5 \cdot D} \sqrt[5]{\frac{A^2}{S}}$$

Dónde:
Tc: tiempo de concentración (horas),
L: distancia máxima a la salida (km),
D: diámetro del círculo de área equivalente a la superficie de la cuenca (km^2),
A: área de la cuenca (km^2),
S: pendiente media del cauce principal (%)

3.5.4.9 Ecuación de Clark. Proporciona el tiempo de concentración de la cuenca, Tc, en horas, mediante la siguiente fórmula:

$$T_C = 0.108 \cdot \frac{(A \cdot L)^{1/3}}{\sqrt{S}}$$

Dónde:
Tc: tiempo de concentración (horas),
L: distancia máxima a la salida (km),
A: área de la cuenca (km2),
S: Pendiente total del cauce principal, m/m

3.5.4.10 Fórmula de Témez (1978). Calcula el tiempo de concentración, Tc, en horas, según la ecuación:

$$T_c = 0.3 \left(\frac{L_c}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Dónde:
T_c: es el tiempo de concentración (horas).
L_c: es la longitud del cauce principal (km).
S: es la pendiente promedio del cauce principal (en porcentaje).

3.5.4.11 Fórmula de Valencia y Zuluaga. Calcula el tiempo de concentración, Tc, en horas, según la ecuación:

$$T_C = 1.7694 \cdot A^{0.325} \cdot L^{-0.096} \cdot S^{-0.29}$$

Dónde:
Tc: es el tiempo de concentración (horas),
L: es la longitud del curso de agua más largo (km),
S: es la pendiente en porcentaje,
A: es el área de la cuenca (km2),

3.5.4.12 Fórmula de California Culvert Practice. Proporciona el tiempo de concentración de la cuenca, Tc, en horas, mediante la siguiente fórmula:

$$\mathrm{T_c} = \left(0.87 \cdot \frac{L^3}{\mathrm{H}}\right)^{0.385}$$

Dónde:
Tc: Tiempo de concentración, en horas (h).
L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).
H: Diferencia de cotas entre puntos extremos de la corriente principal, en metros (m).

3.5.4.13 Fórmula de Pilgrim y McDermott. Calcula el tiempo de concentración, Tc, en horas, según la ecuación:

$$T_C = 0.76 \cdot A^{0.38}$$

Dónde:
Tc es el tiempo de concentración (horas),
A es el área de la cuenca (km2)

3.5.5 Índices morfométricos de subcuencas y microcuencas abastecedoras

Con los insumos entregados y el Modelo Digital de Terreno, la red de drenaje y la delimitación de cuencas, se estimaron los parámetros morfométricos y los tiempos de concentración para las subcuencas y microcuencas abastecedoras de centros urbanos y poblados. En Tabla 70 a la Tabla 73 se presentan los resultados de dichos parámetros. El perfil y curva hipsométrica de las subcuencas y microcuencas abastecedoras pueden ser consultadas en el Anexo 5.

Tabla 70. Parámetros morfométricos de las subcuencas

NOMBRE	CODIFICACIÓN	ÁREA	PERÍMETRO	LONGITUD RECTA DE LA CUENCA	ANCHO DE LA CUENCA	PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA		ELEVACIÓN MEDIA DE LA CUENCA	LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL	PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN
		km^2	km	km	km	%	-	m.s.n.m.	km	%	horas
Directos Parte Baja	4403-06-01	34.2	43.8	11.4	3.0	5.2	Suave	251.3	13.6	0.1	9.3
Quebrada La Batea	4403-06-02	7.3	13.7	3.5	2.1	7.3	Medianamente Accidentado	324.2	4.3	7.1	1.2
Quebrada La Perdiz	4403-06-03	63.9	54.1	15.7	4.1	5.2	Suave	588.1	20.0	5.1	3.7
Quebrada El Paraiso	4403-06-04	14.2	21.6	6.6	2.1	9.0	Medianamente Accidentado	1162.1	9.4	9.9	1.7
Quebrada Sucre	4403-06-05	25.0	26.3	9.1	2.7	18.5	Accidente	1624.5	12.2	11.6	1.9
Quebrada Tarqui	4403-06-06	11.5	16.2	5.7	2.0	20.4	Fuertemente Accidentando	2003.7	7.6	10.5	1.5
Quebrada La Ruidosa	4403-06-07	6.5	12.6	4.4	1.5	28.0	Fuertemente Accidentando	2271.6	5.4	11.0	1.4
Directos Parte Alta	4403-06-08	40.6	64.9	17.3	2.3	12.6	Accidente	1566.5	25.6	5.7	4.6
Quebrada La Magola	4403-06-09	25.3	26.1	7.6	3.4	27.7	Fuertemente Accidentando	1940.4	11.6	11.3	2.0
Rio Caraño	4403-06-10	70.8	46.4	13.5	5.2	10.8	Medianamente Accidentado	1615.7	23.8	8.4	3.8
Quebrada Las Doradas	4403-06-11	27.9	31.1	10.1	2.8	23.6	Fuertemente Accidentando	1141.1	12.5	7.5	2.3
Quebrada La Yuca	4403-06-12	60.6	51.9	13.1	4.6	5.0	Suave	779.3	23.6	5.7	3.6
Quebrada San Joaquin	4403-06-13	5.2	12.1	3.3	1.6	10.7	Medianamente Accidentado	258.7	4.1	0.5	2.4
Directos Parte Media	4403-06-14	25.5	52.9	14.2	1.8	12.2	Accidente	453.3	23.5	1.2	6.8

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Tabla 70 (Continuación). Parámetros morfométricos de las subcuencas

NOMBRE	CODIFICACIÓN	ÁREA	PERÍMETRO	LONGITUD RECTA DE LA CUENCA	ANCHO DE LA CUENCA	PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA		ELEVACIÓN MEDIA DE LA CUENCA	LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL	PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN
		km^2	km	km	km	%	-	m.s.n.m.	km	%	horas
Quebrada Arenosa	4403-06-15	1.1	4.4	1.5	0.7	23.6	Fuertemente Accidentando	511.6	1.6	10.9	0.5
Quebrada Palmichal	4403-06-16	3.4	8.2	2.9	1.1	24.8	Fuertemente Accidentando	602.1	3.6	7.6	1.0
Quebrada La Paz	4403-06-17	4.0	10.1	3.5	1.1	20.0	Fuertemente Accidentando	783.7	4.2	10.6	1.2
Quebrada Purgatorio	4403-06-18	1.7	5.7	2.4	0.7	25.0	Fuertemente Accidentando	794.0	2.5	24.9	0.7
Quebrada Berlin	4403-06-19	0.8	5.0	2.2	0.4	32.3	Fuertemente Accidentando	1007.9	2.0	30.6	0.5
Quebrada La Revoltosa	4403-06-20	3.6	9.3	3.5	1.0	27.2	Fuertemente Accidentando	1142.8	4.0	20.0	1.0
Quebrada Santa Elena	4403-06-21	3.7	9.5	3.7	1.0	21.6	Fuertemente Accidentando	1296.0	4.0	21.5	1.0
Quebrada Portada	4403-06-22	2.2	6.3	2.3	0.9	20.6	Fuertemente Accidentando	1518.3	2.6	30.4	0.6
Quebrada NN	4403-06-23	7.1	12.7	3.4	2.1	24.7	Fuertemente Accidentando	1484.3	3.9	17.0	0.9
Quebrada Travesias	4403-06-24	15.8	20.5	7.0	2.3	29.4	Fuertemente Accidentando	956.5	9.7	9.6	1.8
Quebrada La Carbonera	4403-06-25	3.2	10.9	4.3	0.7	36.6	Muy Fuertemente Accidentado	713.1	4.9	10.1	1.1
Quebrada La Sardina	4403-06-26	6.1	11.5	3.7	1.6	21.4	Fuertemente Accidentando	658.0	4.8	12.8	1.3
Quebrada El Dedo	4403-06-27	29.1	31.2	9.5	3.1	11.1	Medianamente Accidentado	526.4	13.6	5.2	2.6

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Tabla 71. Parámetros de forma de las subcuencas

NOMBRE	CODIFICACIÓN	COEFICIENTE DE COMPACIDAD		COEFICIENTE DE FORMA		INDICE DE ALARGAMIENTO		INDICE ASIMETRICO	
		-	Clasificación	-	Clasificación	-	Clasificación	-	Clasificación
Directos Parte Baja	4403-06-01	2.11	Forma oval oblonga a rectangular oblonga	0.26	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	3.82	Cuenca alargada	2.25	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Quebrada La Batea	4403-06-02	1.43	Forma oval redonda a oval oblonga	0.58	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	1.72	Cuenca alargada	1.21	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Quebrada La Perdiz	4403-06-03	1.91	Forma oval oblonga a rectangular oblonga	0.26	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	3.88	Cuenca alargada	3.68	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Quebrada El Paraiso	4403-06-04	1.62	Forma oval oblonga a rectangular oblonga	0.32	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	3.09	Cuenca alargada	1.38	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Quebrada Sucre	4403-06-05	1.49	Forma oval redonda a oval oblonga	0.30	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	3.33	Cuenca alargada	1.10	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Quebrada Tarqui	4403-06-06	1.35	Forma oval redonda a oval oblonga	0.35	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	2.85	Cuenca alargada	1.33	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Quebrada La Ruidosa	4403-06-07	1.40	Forma oval redonda a oval oblonga	0.34	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	2.95	Cuenca alargada	1.07	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Directos Parte Alta	4403-06-08	2.88	Forma oval oblonga a rectangular oblonga	0.14	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	7.41	Cuenca alargada	1.75	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Quebrada La Magola	4403-06-09	1.46	Forma oval redonda a oval oblonga	0.44	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	2.26	Cuenca alargada	1.23	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Rio Caraño	4403-06-10	1.56	Forma oval oblonga a rectangular oblonga	0.39	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	2.57	Cuenca alargada	2.11	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Quebrada Las Doradas	4403-06-11	1.66	Forma oval oblonga a rectangular oblonga	0.27	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	3.67	Cuenca alargada	1.38	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Quebrada La Yuca	4403-06-12	1.88	Forma oval oblonga a rectangular oblonga	0.35	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	2.82	Cuenca alargada	1.74	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Quebrada San Joaquin	4403-06-13	1.50	Forma oval redonda a oval oblonga	0.47	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	2.12	Cuenca alargada	85.28	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Directos Parte Media	4403-06-14	2.95	Forma oval oblonga a rectangular oblonga	0.13	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	7.90	Cuenca alargada	1.41	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016.

Tabla 71 (Continuación). Parámetros de forma de las subcuencas

NOMBRE	CODIFICACIÓN	COEFICIENTE DE COMPACIDAD		COEFICIENTE DE FORMA		INDICE DE ALARGAMIENTO		INDICE ASIMETRICO	
		-	Clasificación	-	Clasificación	-	Clasificación	-	Clasificación
Quebrada Arenosa	4403-06-15	1.20	Forma redonda a oval redonda	0.46	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	2.16	Cuenca alargada	2.22	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Quebrada Palmichal	4403-06-16	1.26	Forma oval redonda a oval oblonga	0.39	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	2.57	Cuenca alargada	1.18	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Quebrada La Paz	4403-06-17	1.43	Forma oval redonda a oval oblonga	0.33	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	3.06	Cuenca alargada	1.52	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Quebrada Purgatorio	4403-06-18	1.25	Forma oval redonda a oval oblonga	0.30	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	3.34	Cuenca alargada	1.27	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Quebrada Berlin	4403-06-19	1.58	Forma oval oblonga a rectangular oblonga	0.17	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	5.94	Cuenca alargada	1.05	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Quebrada La Revoltosa	4403-06-20	1.38	Forma oval redonda a oval oblonga	0.29	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	3.41	Cuenca alargada	1.12	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Quebrada Santa Elena	4403-06-21	1.40	Forma oval redonda a oval oblonga	0.27	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	3.74	Cuenca alargada	3.11	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Quebrada Portada	4403-06-22	1.19	Forma redonda a oval redonda	0.40	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	2.50	Cuenca alargada	1.11	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Quebrada NN	4403-06-23	1.34	Forma oval redonda a oval oblonga	0.61	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	1.63	Cuenca alargada	3.57	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Quebrada Travesias	4403-06-24	1.45	Forma oval redonda a oval oblonga	0.33	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	3.07	Cuenca alargada	2.38	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Quebrada La Carbonera	4403-06-25	1.73	Forma oval oblonga a rectangular oblonga	0.17	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	5.84	Cuenca alargada	1.40	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Quebrada La Sardina	4403-06-26	1.32	Forma oval redonda a oval oblonga	0.44	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	2.26	Cuenca alargada	2.24	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Quebrada El Dedo	4403-06-27	1.63	Forma oval oblonga a rectangular oblonga	0.32	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	3.08	Cuenca alargada	1.71	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Tabla 72. Parámetros morfométricos microcuencas abastecedoras de centros urbanos y poblados

NOMBRE	CODIFICACIÓN	ÁREA	PERÍMETRO	LONGITUD RECTA DE LA CUENCA	ANCHO DE LA CUENCA	PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA		ELEVACIÓN MEDIA DE LA CUENCA	LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL	PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN
		km²	km	km	km	%	-	m.s.n.m.	km	%	horas
Rio Hacha	4403-06	140.1	63.7	17.3	8.1	10.0	Medianamente Accidentado	1648.9	25.1	7.2	4.5
Quebrada San Joaquin	4403-06-02-01	290.4	98.1	27.7	10.5	9.6	Medianamente Accidentado	1425.8	43.8	4.0	6.6
Quebrada San Pablo	4403-06-03-01	0.7	5.0	1.7	0.4	21.7	Fuertemente Accidentando	635.8	1.8	17.3	0.6
La Molitona	4403-06-03-02	5.7	11.2	3.0	1.9	29.6	Fuertemente Accidentando	767.9	3.5	12.3	0.9
Quebrada La Linda	4403-06-11-01	0.0	0.4	0.1	0.1	53.4	Escarpado	698.5	0.1	51.7	0.2
Quebrada La Yuca	4403-06-12-01	3.5	9.7	3.6	1.0	21.0	Fuertemente Accidentando	735.0	4.3	15.8	1.0
Quebrada Santa Barbara	4403-06-12-02	17.0	20.6	5.2	3.3	13.6	Accidente	637.5	6.4	11.3	1.5
Quebrada La Avispa	4403-06-12-03	0.2	2.5	0.8	0.3	37.5	Muy Fuertemente Accidentado	466.7	1.2	13.3	0.4
Quebrada La Esperanza	4403-06-14-01	0.1	1.7	0.7	0.2	33.9	Fuertemente Accidentando	486.3	0.4	19.2	0.3
Rio Hacha	4403-06-14-02	56.6	47.8	11.9	4.8	5.0	Suave	815.3	20.2	6.5	3.5
Quebrada la Martha	4403-06-14-03	0.1	1.3	0.5	0.1	40.4	Muy Fuertemente Accidentado	711.4	0.4	29.7	0.1
Quebrada Lejanias	4403-06-14-04	0.3	2.6	1.0	0.3	17.9	Accidente	558.7	1.0	7.5	0.4
Quebrada La Primavera	4403-06-14-05	1.4	5.1	1.6	0.9	23.5	Fuertemente Accidentando	982.1	1.5	34.5	0.4

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Tabla 72 (Continuación). Parámetros morfométricos microcuencas abastecedoras de centros urbanos y poblados

NOMBRE	CODIFICACIÓN	ÁREA	PERÍMETRO	LONGITUD RECTA DE LA CUENCA	ANCHO DE LA CUENCA	PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA		ELEVACIÓN MEDIA DE LA CUENCA	LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL	PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN
		km²	km	km	km	%	-	m.s.n.m.	km	%	horas
Quebrada el Dedo	4403-06-27-01	1.2	4.7	1.1	1.1	22.8	Fuertemente Accidentando	350.3	1.0	17.6	0.6
Quebrada La Mona	4403-06-27-02	0.1	1.7	0.7	0.1	33.1	Fuertemente Accidentando	483.0	0.7	20.0	0.2
Quebrada El Dedo	4403-06-27-03	0.1	1.0	0.3	0.2	35.3	Muy Fuertemente Accidentado	652.8	0.0	27.3	0.1
Quebrada El Aguila	4403-06-27-04	0.1	1.6	0.6	0.2	36.0	Muy Fuertemente Accidentado	627.1	0.5	13.4	0.2
Quebrada San Francisco	4403-06-27-05	0.0	0.7	0.2	0.1	49.1	Muy Fuertemente Accidentado	409.4	0.1	22.8	0.2

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Tabla 73. Parámetros de forma microcuencas abastecedoras de centros urbanos y poblados

NOMBRE	CODIFICACIÓN	COEFICIENTE DE COMPACIDAD		COEFICIENTE DE FORMA		INDICE DE ALARGAMIENTO		INDICE ASIMETRICO	
		-	Clasificación	-	Clasificación	-	Clasificación	-	Clasificación
Rio Hacha	4403-06	1.52	Forma oval oblonga a rectangular oblonga	0.47	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	2.14	Cuenca alargada	1.42	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Quebrada San Joaquin	4403-06-02-01	1.62	Forma oval oblonga a rectangular oblonga	0.38	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	2.65	Cuenca alargada	2.10	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Quebrada San Pablo	4403-06-03-01	1.65	Forma oval oblonga a rectangular oblonga	0.26	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	3.90	Cuenca alargada	3.38	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
La Molitona	4403-06-03-02	1.32	Forma oval redonda a oval oblonga	0.65	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	1.54	Cuenca alargada	2.42	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Quebrada La Linda	4403-06-11-01	1.09	Forma redonda a oval redonda	0.81	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	1.23	Cuenca alargada	2.04	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Tabla 73 (Continuación). Parámetros de forma microcuencas abastecedoras de centros urbanos y poblados

NOMBRE	CODIFICACIÓN	COEFICIENTE DE COMPACIDAD		COEFICIENTE DE FORMA		INDICE DE ALARGAMIENTO		INDICE ASIMETRICO	
		-	Clasificación	-	Clasificación	-	Clasificación	-	Clasificación
Quebrada La Yuca	4403-06-12-01	1.46	Forma oval redonda a oval oblonga	0.27	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	3.70	Cuenca alargada	1.07	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Quebrada Santa Barbara	4403-06-12-02	1.41	Forma oval redonda a oval oblonga	0.63	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	1.60	Cuenca alargada	1.23	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Quebrada La Avispa	4403-06-12-03	1.49	Forma oval redonda a oval oblonga	0.33	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	2.99	Cuenca alargada	1.09	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Quebrada La Esperanza	4403-06-14-01	1.33	Forma oval redonda a oval oblonga	0.29	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	3.46	Cuenca alargada	3.43	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Rio Hacha	4403-06-14-02	1.79	Forma oval oblonga a rectangular oblonga	0.40	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	2.50	Cuenca alargada	1.80	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Quebrada la Martha	4403-06-14-03	1.50	Forma oval oblonga a rectangular oblonga	0.24	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	4.19	Cuenca alargada	1.95	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Quebrada Lejanias	4403-06-14-04	1.41	Forma oval redonda a oval oblonga	0.29	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	3.46	Cuenca alargada	2.37	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Quebrada La Primavera	4403-06-14-05	1.21	Forma redonda a oval redonda	0.58	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	1.73	Cuenca alargada	2.13	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Quebrada el Dedo	4403-06-27-01	1.20	Forma redonda a oval redonda	0.97	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	1.03	Cuenca alargada	2.52	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Quebrada La Mona	4403-06-27-02	1.57	Forma oval oblonga a rectangular oblonga	0.20	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	4.93	Cuenca alargada	1.33	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Quebrada El Dedo	4403-06-27-03	1.18	Forma redonda a oval redonda	0.51	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	1.97	Cuenca alargada	3.59	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Quebrada El Aguila	4403-06-27-04	1.44	Forma oval redonda a oval oblonga	0.30	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	3.35	Cuenca alargada	2.23	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Quebrada San Francisco	4403-06-27-05	1.16	Forma redonda a oval redonda	0.69	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	1.46	Cuenca alargada	1.72	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.5.6 Conclusiones

La cuenca del río Hacha posee un área de 500.2 km^2 en la cual se subdividieron en 27 subcuencas, siendo las de mayor cobertura el río Caraño. A continuación, se caracterizan la cuenca del río Hacha:

- **Cuenca mayor**

- Un índice de compacidad de 1.89, indicador de una cuenca de Forma Forma oval oblonga a rectangular oblonga.

- Un factor de forma de 0.30, indicador Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas.

- Un índice de asimetría de 1.62, que indica que el cauce está recostado sobre la vertiente derecha.

- Una pendiente media de la cuenca de 5.0%, representativa de un relieve suave.

- Una elevación media de 1,062.4 msnm, que indica que la cuenca en promedio tiene un clima cálido.

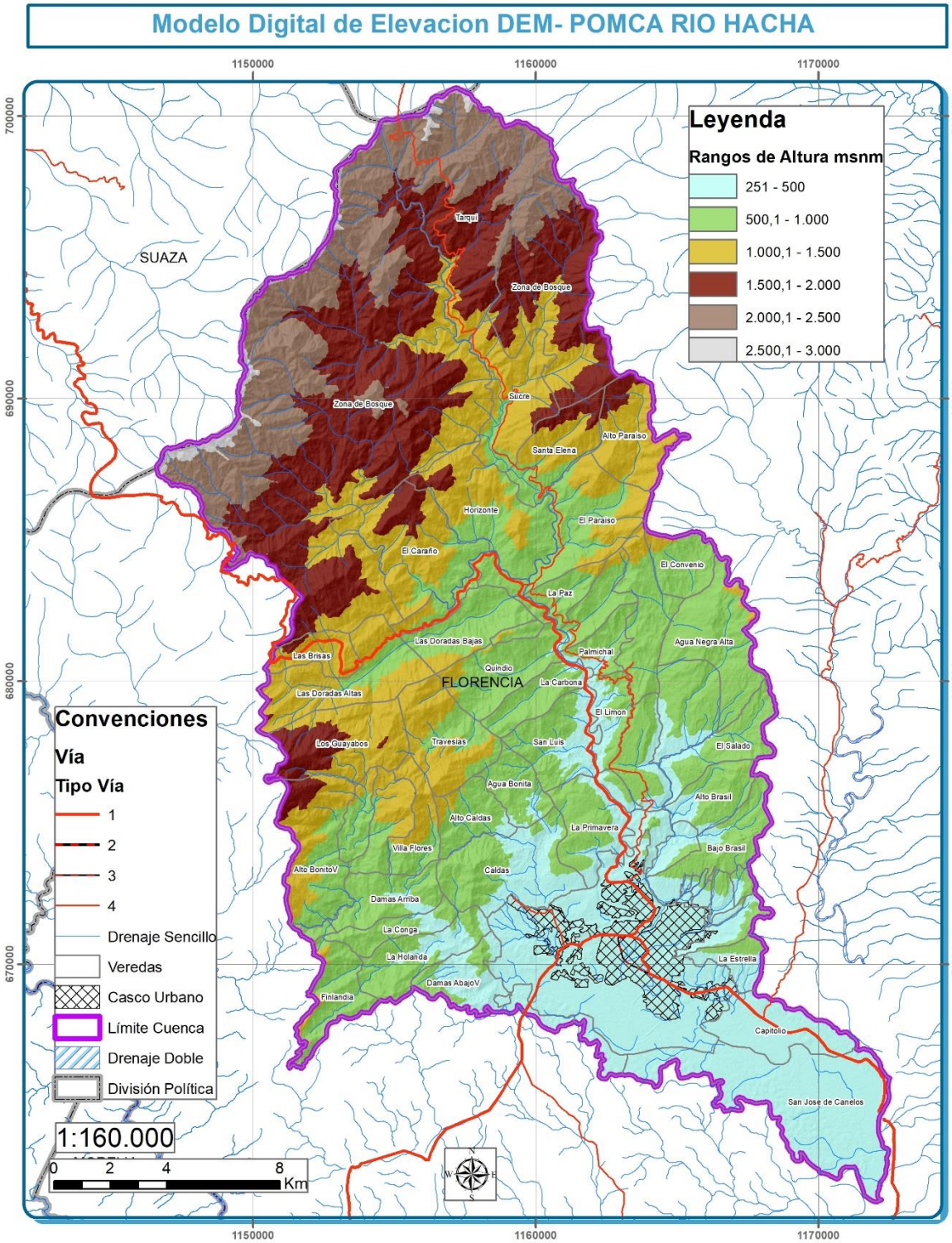
- Tiene una pendiente media de su cauce de 2.82%, que se considera media, si bien es necesario advertir que las pendientes más fuertes se presentan al comienzo de la cuenca, en sus sectores montañosos altos, pero en la mayor parte del cauce las pendientes son bajas.

- El tiempo de concentración promedio es de 16.7 horas, lo que significa que una gota de lluvia que caiga en la parte más alejada de la divisoria de aguas tardará un poco menos de 17 horas en llegar al municipio de Florencia.

3.6 PENDIENTES

Para generar el mapa de pendientes, se empleó el DTM (modelo digital de terreno) de 5 metros, recibido del Fondo de Adaptación por medio de la interventoría, el cual se presenta a continuación en la siguiente salida gráfica (Figura 78)

Figura 78. Modelo Digital de Terreno – DTM- POMCA río Hacha



Fuente: Fondo Adaptación, 2017

3.6.1 Pendientes en Porcentaje.

El mapa de pendientes en porcentaje se generó mediante el software Arcgis®, y se calculó en porcentaje, generando un grid de pendientes de 5 m con el valor de la pendiente en cada pixel. Posteriormente, se reclasifican en siete (7) tipos de pendiente de acuerdo la clasificación de la FAO y utilizada para suelos en el IGAC (Ver Tabla 74).

Tabla 74.Clasificación de pendientes en porcentaje.

RANGO DE PENDIENTE (%)	
	0-3%
	3-7%
	7-12%
	12-25%
	25-50%
	50-75%
	Mayor de 75%

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

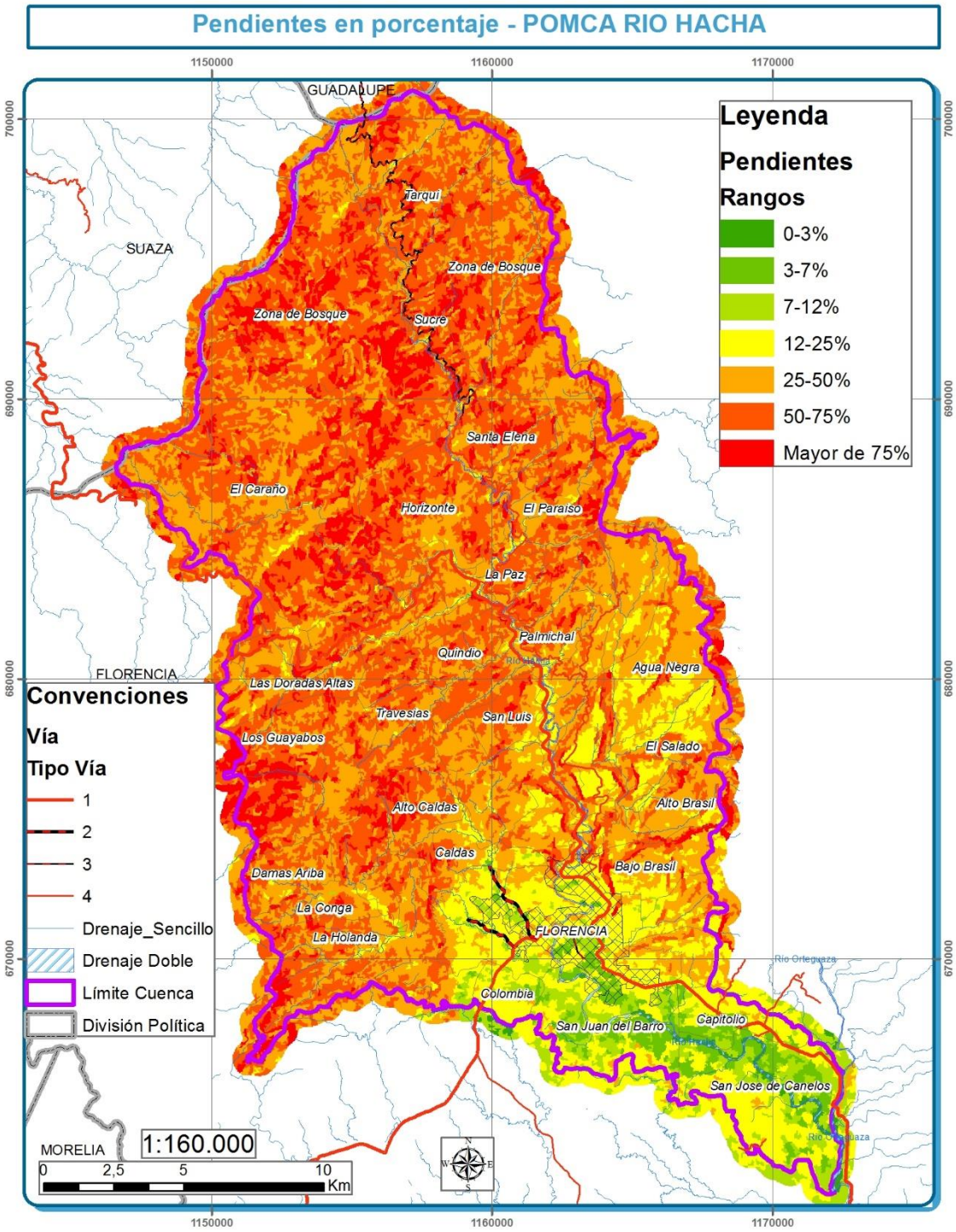
Finalmente se hace un proceso de vectorización, donde se pasan de formato raster a formato vector y una generalización en la cual se eliminan los polígonos menores a 1,5 hectáreas, para que quede acorde con la escala 1:25.000. De esta manera, se genera la salida cartográfica de pendientes para la cuenca del río Hacha en Florencia (Caquetá), en la que predominan las pendientes con los rangos entre 25 -50% y 50 – 75%, que comprenden el 68,88% de la cuenca como se discrimina en la siguiente Tabla (Ver Tabla 75 y Figura 79).

Tabla 75. Rangos de pendientes en porcentaje en la cuenca del río Hacha

GRADIENTE DE PENDIENTE (%)	ÁREA (Ha)	PORCENTAJE DEL ÁREA
0-3%	188,6	0,38%
3-7%	1.151,2	2,30%
7-12%	1.510,7	3,02%
12-25%	6.623,5	13,24%
25-50%	18.120,4	36,22%
50-75%	17.836,5	35,66%
Mayor de 75%	4.592,7	9,18%
TOTAL	50.023,6	100,00%

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Figura 79. Salida Gráfica Pendientes en Porcentaje de la Cuenca del río Hacha



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.6.2 Pendientes en Grados.

El mapa de pendiente en grados se realiza con el software Arcgis®, y se calcula en grados, generando un grid de pendientes de 5 m con el valor de la pendiente en cada pixel. Posteriormente se reclasifican en 8 tipos de pendiente de acuerdo la clasificación utilizada en riesgos (Ver Tabla 76).

Tabla 76. Clasificación de pendientes en grados.

RANGO DE PENDIENTE (°)	
	0°-5°
	6°-12°
	13°-18°
	18°-25°
	26°-30°
	31°-35°
	36°-45°
	Mayor de 45°

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

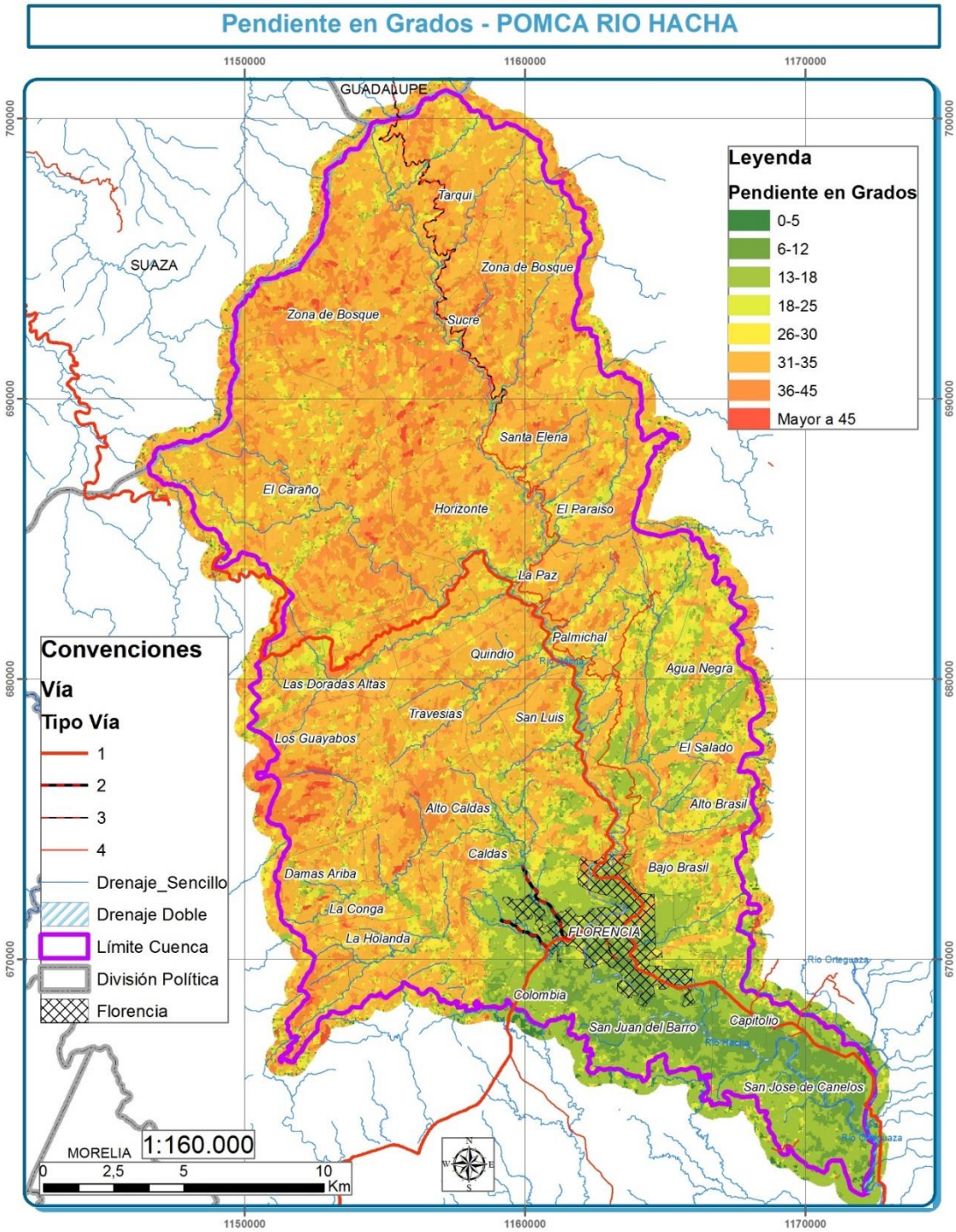
Finalmente se hace un proceso de vectorización, donde se pasan de formato raster a formato vector y se hace una generalización donde se eliminan los polígonos menores a 1,5 hectáreas, para que quede acorde con la escala 1:25.000. Producto de este proceso, se encuentra que las pendientes predominantes para la cuenca del río Hacha en Florencia (Caquetá), corresponden al rango de 31 a 35° con una representatividad en el 44,44% de la cuenca, seguido de los rangos 13°-18° y 36°-45, evidentes en un 15,15% y 15,03% del área de la cuenca respectivamente (Ver Tabla 77 y Figura 80).

Tabla 77. Rangos de pendientes en grados en la cuenca del río Hacha

GRADIENTE DE PENDIENTE (%)	ÁREA (Ha)	PORCENTAJE DEL ÁREA
0°-5°	39,9	0,08%
6°-12°	2.938,1	5,87%
13°-18°	7.582,2	15,16%
18°-25°	3.622,7	7,24%
26°-30°	5.585,1	11,16%
31°-35°	22.231,1	44,44%
36°-45°	7.517,3	15,03%
Mayor de 45°	507,2	1,01%
TOTAL	50.023,6	100,00%

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Figura 80. Salida Gráfica Pendientes en Grados de la Cuenca del río Hacha



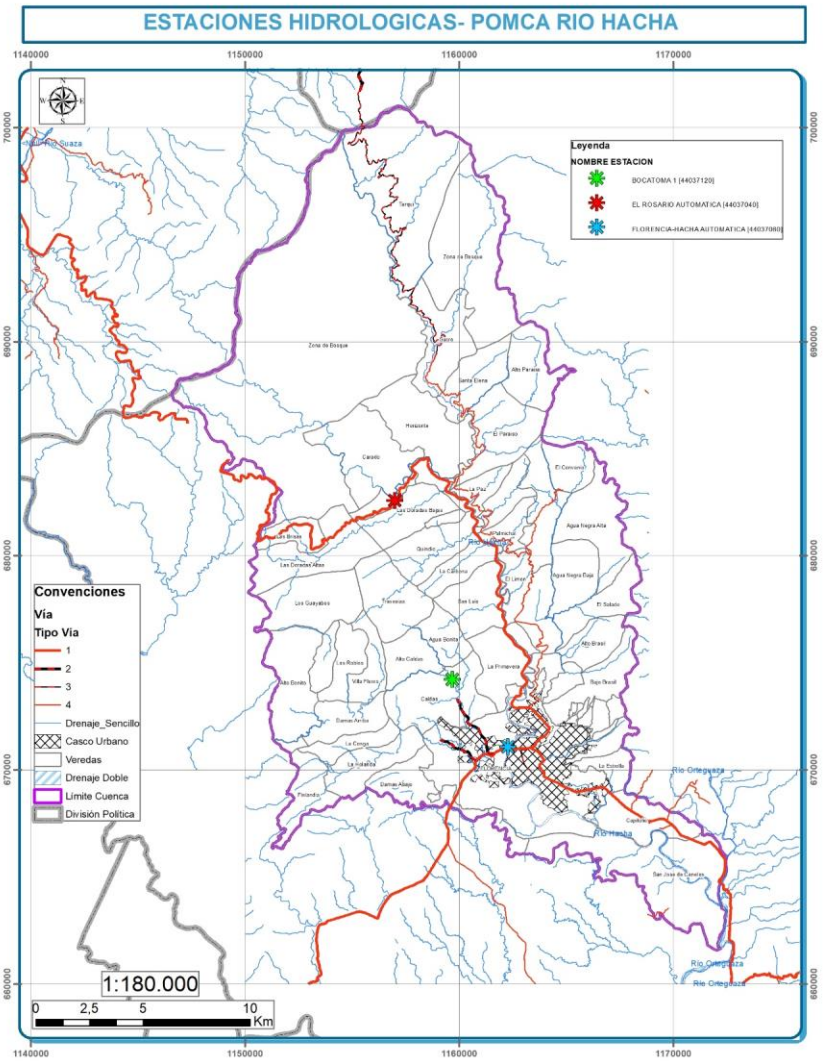
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.7 HIDROLOGÍA

3.7.1 Describir y evaluar la red de estaciones hidrológicas en la cuenca

El régimen hidrológico de caudales se analizó a partir de la información suministrada por IDEAM, correspondiente a los caudales mínimos, medios y máximos a nivel mensual. Se presenta en la Tabla 78 los datos suministrados por el IDEAM de las estaciones empleadas, las cuales se ubican espacialmente como se indica en la Figura 81. Se emplearon para los análisis, los datos de caudales medios diarios de las estaciones Bocatoma 1, El Rosario y Florencia Automática.

Figura 81. Ubicación de las estaciones hidrológicas



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Tabla 78. Datos de las estaciones hidrológicas en el área de influencia de la cuenca del río Hacha

CÓDIGO	NOMBRE	CATEGORÍA	VARIABLE	REGISTROS	DRENAJE
44037120	BOCATOMA 1	LM	CAUDAL	VALORES MEDIOS, NÁXIMOS Y MÍNIMOS MENSUALES (m^3/s)	CORRIENTE DEDO
44037040	ROSARIO EL	LG	CAUDAL	VALORES MEDIOS, NÁXIMOS Y MÍNIMOS MENSUALES (m^3/s)	CORRIENTE CARAÑO
44037060	FLORENCIA AUTOMATICA	LG	CAUDAL	VALORES MEDIOS, NÁXIMOS Y MÍNIMOS MENSUALES (m^3/s)	CORRIENTE HACHA

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016 a partir de información del IDEAM.

La base de datos de las estaciones del IDEAM, reporta varias estaciones en la cuenca del río Hacha: Las estaciones Bocatoma 1 (con datos de 1970 a 2014), El Rosario (con datos de 1964 a 2015) y la estación Florencia Automática (con datos de 1964 a 2014), estaciones empleadas en este estudio, dado que cuentan con un periodo de registro bastante amplio de más de 35 años.

Dicha base de datos menciona también las estaciones Bocatoma 2 sobre la quebrada El Dedo, con registros desde 1974 y suspendida en el año 1977, y la estación El Diamante con registros de solo 3 años entre 1965 y 1967. Estas dos estaciones son descartadas en el análisis debido a sus series incompletas y con poca representatividad.

Como se mencionó anteriormente, en la cuenca se tiene un total de tres estaciones de medición de caudales, operando para describir el comportamiento hidrológico de las cuencas del río Caraño, el río Hacha y la quebrada El Dedo, siendo las dos últimas las cuencas que abastecen principalmente el área urbana de Florencia.

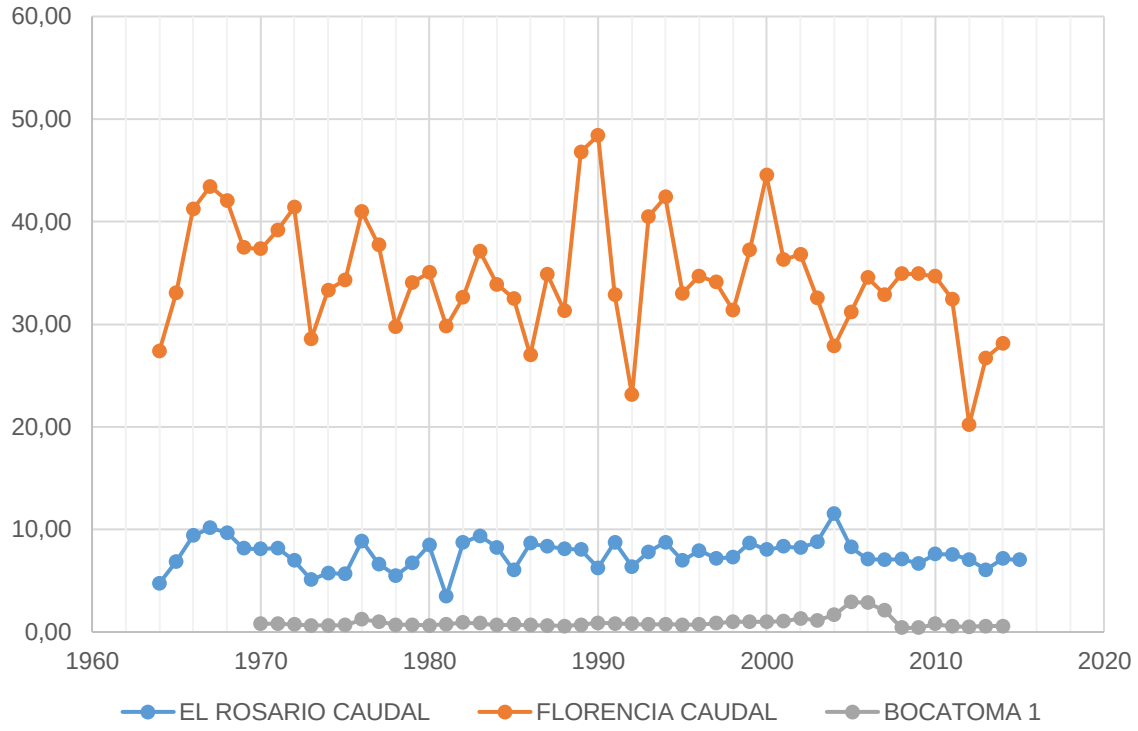
Son múltiples las subcuencas, incluyendo las subcuencas abastecedoras en las que se divide la cuenca del río Hacha, por lo que las mediciones de caudales en tres puntos resultan insuficientes. En este sentido, la red de estaciones en la cuenca es bastante pobre, y requiere de la implementación de por lo menos 5 estaciones más, en las subcuencas de mayor área para tener una representatividad en la información; dichas subcuencas son las correspondientes a las quebradas La Yuca, La Perdiz, Las Doradas, La Magola y Sucre, que son subcuencas con áreas mayores a 25 Km^2.

En cuanto a la calidad de la información, de las tres (3) estaciones existentes en la cuenca, se presenta a continuación el análisis de datos anómalos para series de caudal a partir de gráficos que relacionan los registros de caudales medios mensuales medidos en las estaciones.

Tomando como estación base la estación Florencia Automática sobre el río Hacha, dado que la misma cuenta con más años de registros y menos vacíos en los datos, se grafica a continuación los caudales medios mensuales de esta estación, relacionados con los caudales medios mensuales de las otras dos estaciones.

Se presentan a continuación las gráficas que relacionan los caudales medios mensuales de las estaciones (Gráfica 34), tomando como base la estación Florencia Automática, graficas en las cuales se aprecia la diferencia en los valores, debido a que las estaciones tienen datos de corrientes hídricas diferentes como se observa en la Tabla 78, sin embargo información válida y que no se descarta para poder realizar los diferentes análisis.

Gráfica 34. Tendencias de caudales



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.7.2 Tratamiento de la información hidrológica

3.7.2.1 Llenado de datos faltantes. Previo al análisis de homogeneidad, se realiza un llenado de datos faltantes, empleando los valores promedio mensuales de cada mes del año de los caudales de las estaciones (Ver Tabla 79 y Anexo 12).

Tabla 79. Datos faltantes en las estaciones

NOMBRE ESTACIÓN	REGISTROS DESDE	REGISTROS HASTA	N° DE AÑOS	N° DE MESES	DATOS FALTANTES (MESES)	PORCENTAJE DE DATOS FALTANTES	DATOS SUMINISTRADOS
Bocatoma 1	1976	2014	39	468	5	1.07	Valores medios mensuales de caudales (m3/s)
	1976	2014	39	468	7	1.50	Valores máximos mensuales de caudales (m3/s)
	1976	2014	39	468	5	1.07	Valores mínimos mensuales de caudales (m3/s)
El Rosario	1964	2015	52	624	12	1.92	Valores medios mensuales de caudales (m3/s)
	1964	2015	52	624	14	2.24	Valores máximos mensuales de caudales (m3/s)
	1964	2015	52	624	18	2.88	Valores mínimos mensuales de caudales (m3/s)
Florencia Automática	1964	2014	51	612	29	4.74	Valores medios mensuales de caudales (m3/s)
	1964	2014	51	612	30	4.90	Valores máximos mensuales de caudales (m3/s)
	1964	2014	51	612	29	4.74	Valores mínimos mensuales de caudales (m3/s)

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016.

3.7.2.2 Consistencia. La consistencia se analizó mediante la prueba de tendencia Mann-Kendall (Ver resultados en la Tabla 80), que se basa en el cálculo del estadístico S definido como sigue (Cantor Gómez & Ochoa Jaramillo, 2011):

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} \operatorname{sgn}(x_j - x_i)$$

$$sgn(t) = \begin{cases} 1, t > 0 \\ 0, t = 0 \\ -1, t < 0 \end{cases}$$

Dónde:

n es el tamaño de la muestra

xj y xi corresponden a datos secuenciales

El estadístico S tiene una distribución normal, si la muestra es grande, con media cero y varianza evaluada para t grupos:

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^{m} t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18}$$

Finalmente se calcula un estadístico Z estandarizado:

$$sgn(t) = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}}, S > 0 \\ 0, S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}}, S < 0 \end{cases}$$

Tabla 80. Prueba de Mann-Kendall para cada parámetro de las estaciones hidrológicas

NOMBRE ESTACIÓN	Estadistico Z	Consistencia	DATOS SUMINISTRADOS
Bocatoma 1	0.43	SI	Valores medios mensuales de caudales (m3/s)
	-0.32	SI	Valores máximos mensuales de caudales (m3/s)
	-0.42	SI	Valores mínimos mensuales de caudales (m3/s)
El Rosario	0.81	SI	Valores medios mensuales de caudales (m3/s)
	1.30	SI	Valores máximos mensuales de caudales (m3/s)
	0.39	SI	Valores mínimos mensuales de caudales (m3/s)
Florencia Auomática	0.32	SI	Valores medios mensuales de caudales (m3/s)
	0.85	SI	Valores máximos mensuales de caudales (m3/s)
	0.08	SI	Valores mínimos mensuales de caudales (m3/s)

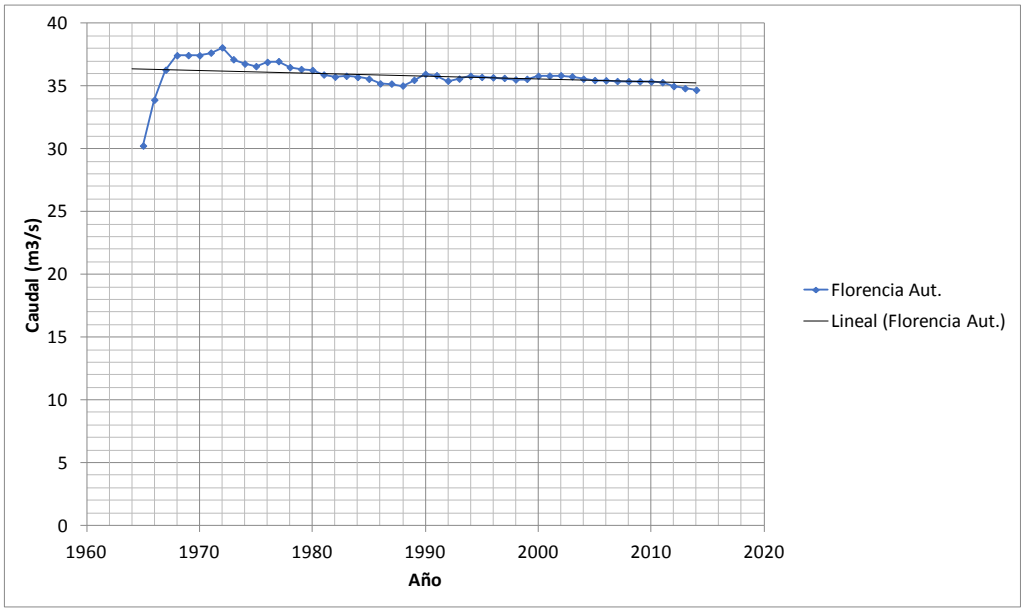
Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016.

3.7.2.3 Gráficos de media móvil para verificar consistencia de series. Para verificar la existencia de datos anómalos y las tendencias de las series, se realizó una exploración de los mismos a partir de gráficas de medias móviles de caudal en cada una de las estaciones.

En las siguientes gráficas se aprecia en general una tendencia lineal de estabilización de la media a lo largo de los años de Registro. Para la Estación Florencia la tendencia es lineal descendente (Gráfica 35) al igual que para la estación El Rosario (Gráfica 36). Para el caso de la estación Bocatoma, esta tendencia es ascendente (Gráfica 37). No obstante, lo anterior, es claro que los valores de las medias móviles a lo largo de los años, se mantienen en valores

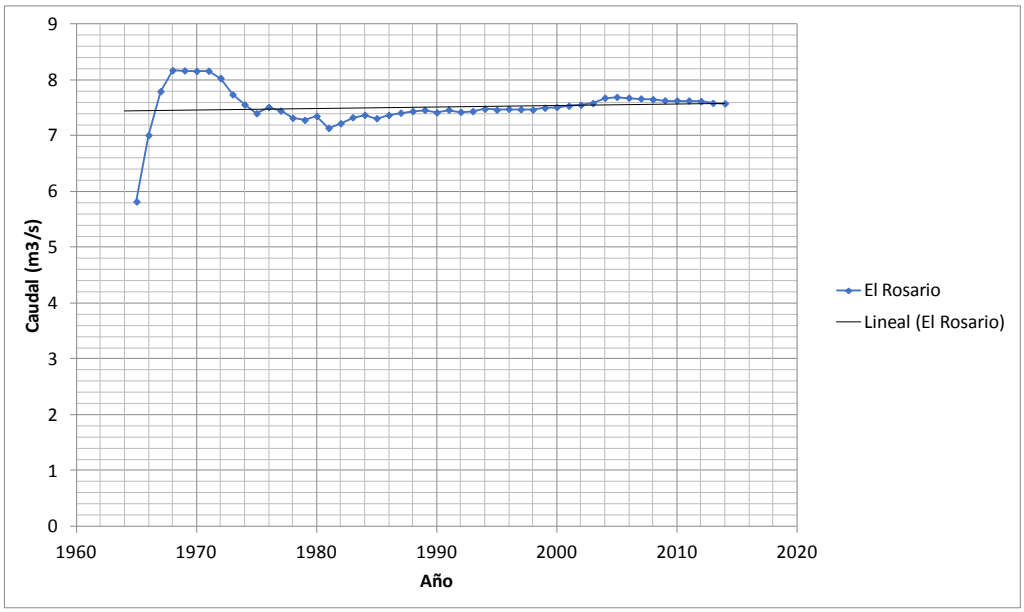
cercanos, indicando esto que las estaciones no han presentado cambios significativos o apreciables que modifiquen las mediciones en las mismas.

Gráfica 35. Media móvil estación Florencia Automática



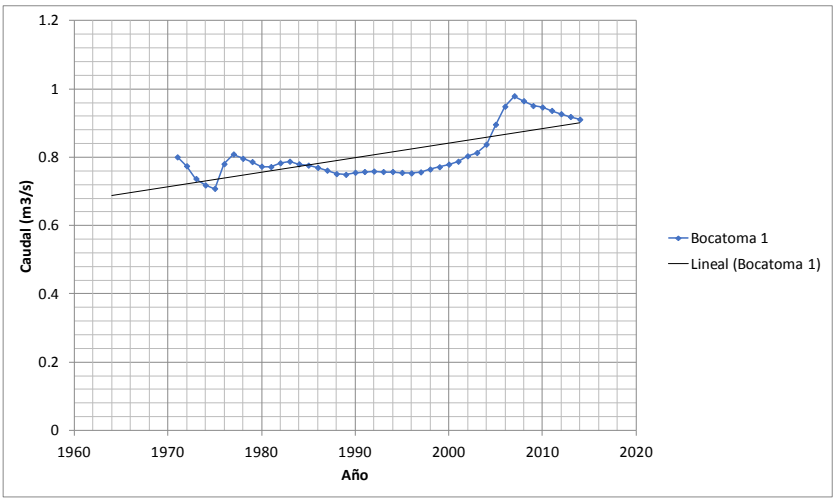
Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016.

Gráfica 36. Media móvil estación El Rosario



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016.

Gráfica 37. Media móvil estación Bocatoma

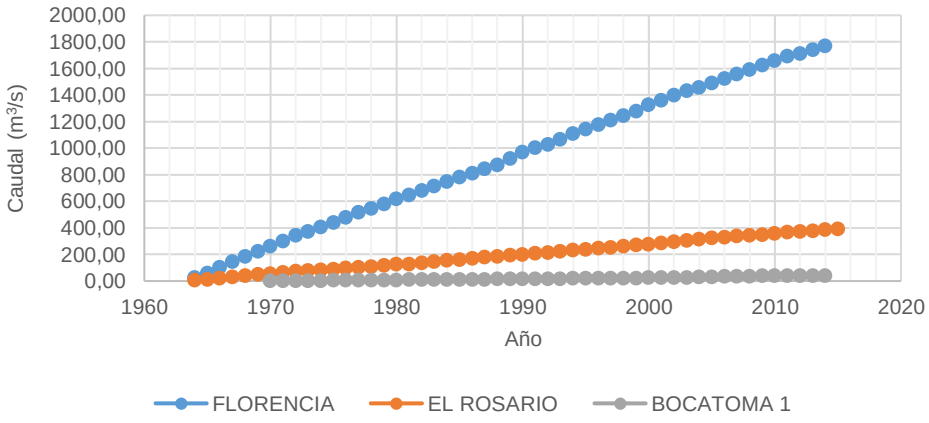


Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016.

3.7.2.4 Curva de Doble Masa. Debido a que se seleccionaron estaciones que no corresponden al mismo drenaje y que presentan diferencias en los valores colectados, se realizó el análisis de consistencia por el método de dobles masas, que se construye en base a los valores acumulados de la estación a evaluar con los datos de otra que sirve como patrón o de los valores promedio.

Para la aplicación del método de las curvas de doble masa para homogeneidad de las series de datos, se tuvo en cuenta que las estaciones son cercanas, en este caso se realizó la curva de masa, comparando la estación Florencia con las otras estaciones (Gráfica 38). Se tomó esta estación como base, debido a que se encuentra en el área de la cuenca y presentan una serie de datos bastante extensa y un valor de registros faltantes muy bajo.

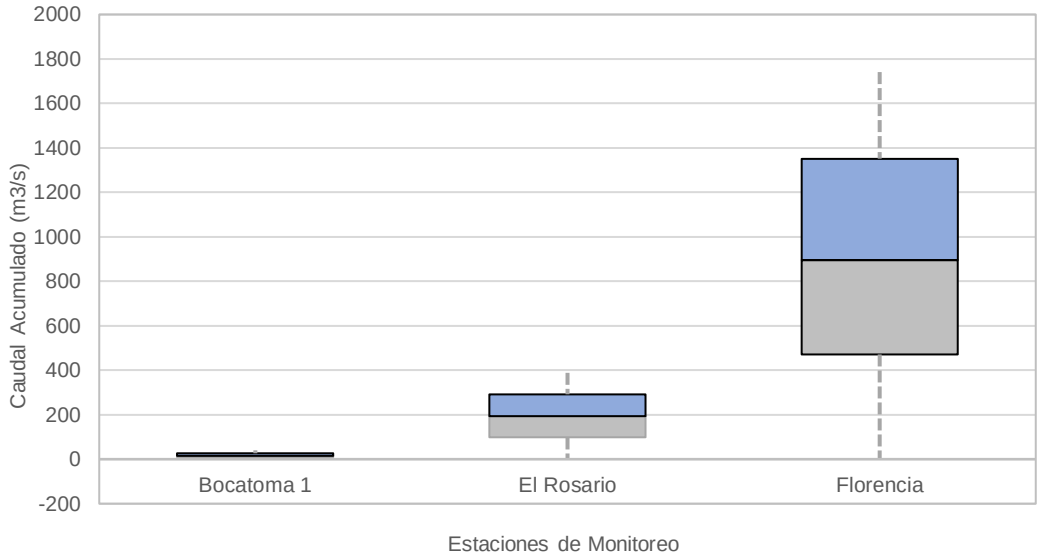
Gráfica 38. Curvas de Masa Estaciones Caudal Cuenca Hidrográfica Río Hacha



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.7.2.5 Diagramas de caja. Para verificar la existencia de datos anómalos en las series de datos, se realizó una exploración de los mismos a partir de los gráficos de cajas, en la Gráfica 39 se aprecia que los gráficos de cajas de los datos de caudales mantienen la totalidad de los datos, sin embargo, los datos de las estaciones no corresponden a una misma fuente hídrica, por lo que los valores mínimos y máximos son bastante diferentes, por lo tanto no se descartan para el análisis.

Gráfica 39. Diagrama de caja de caudal acumulado



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.7.3 Inventario de infraestructuras hidráulicas

De acuerdo con la información remitida por la empresa de servicios públicos, SERVAF S.A. E.S.P., son tres las fuentes de las cuales se abastece el acueducto del municipio de Florencia: La quebrada El Dedo, la quebrada El Águila y el río Hacha (Bocatoma Caraño). La ubicación de dichas bocatomas es la siguiente, de acuerdo con el prestador del servicio (Ver Tabla 81).

Tabla 81. Coordenadas Bocatomas SERVAF

BOCATOMA	CUENCA	LONGITUD ESTE	LATITUD NORTE
Caraño	Río Hacha	1°44’4.5”	-75°38’30”
Caldas	Q. El Dedo	1°39’3.7”	-75°38’37”
Águila	Q. El Águila	1°38’57.95”	-75°38’33.38”

Fuente: SERVAF 2017.

De igual forma, el prestador del servicio reporta para estas bocatomas, los siguientes caudales promedio captados desde el año 2012 al 2016 (Ver Tabla 82).

Tabla 82. Caudales captados Bocatoma El Caraño

AÑO	FUENTE ABASTECEDORA		
	RÍO HACHA	QUEBRADA EL DEDO	QUEBRADA ÁGUILA
2012	710.1	176.2	73.2
2013	731.6	166.0	68.6
2014	729.8	167.9	61.2
2015	706.4	165.1	68.2
2016	738.4	160.2	69.8
Promedio	**723.3**	**167.1**	**68.2**

Fuente: SERVAF 2017.

De acuerdo con la información consignada en las concesiones de agua emitidas por CORPOAMAZONIA, se tiene un registro de 22 puntos de captación de agua superficial (Figura 82), cuya información se presenta en la Tabla 83.

Tabla 83. Información de captaciones superficiales en la cuenca del río Hacha

ID	NOMBRE CAPTACIÓN	NOMBRE DE LA FUENTE DE CAPTACIÓN	TIPO DE CAPTACIÓN	CAUDAL CONCESIONADO (LPS)
41	Acueducto SERVAF	Río Hacha	Bocatoma lateral	750
43	Acueducto SERVAF	Quebrada El Águila	Bocatoma de fondo	182
42	Acueducto SERVAF	Quebrada El Dedo	Bocatoma de fondo	78
44	Acueducto rural Parcelación El Bosque	Quebrada La Avispa	Sin Información	5.76
45	Acueducto Vereda la Primavera	Quebrada la Martha	Tubo en forma de T	1
46	Acueducto Rural San Francisco	Quebrada San Francisco	Bocatoma de fondo	14.1
47	Acueducto de la Vereda Sebastopol -Nueva Jerusalén (Acueducto Rural Sajel)	Quebrada San Pablo	Bocatoma lateral	7
48	Batallón De Servicios No 12 General Fernando Serrano Uribe Del Municipio De Florencia Caquetá.	Quebrada el Dedo	Bocatoma de fondo	5

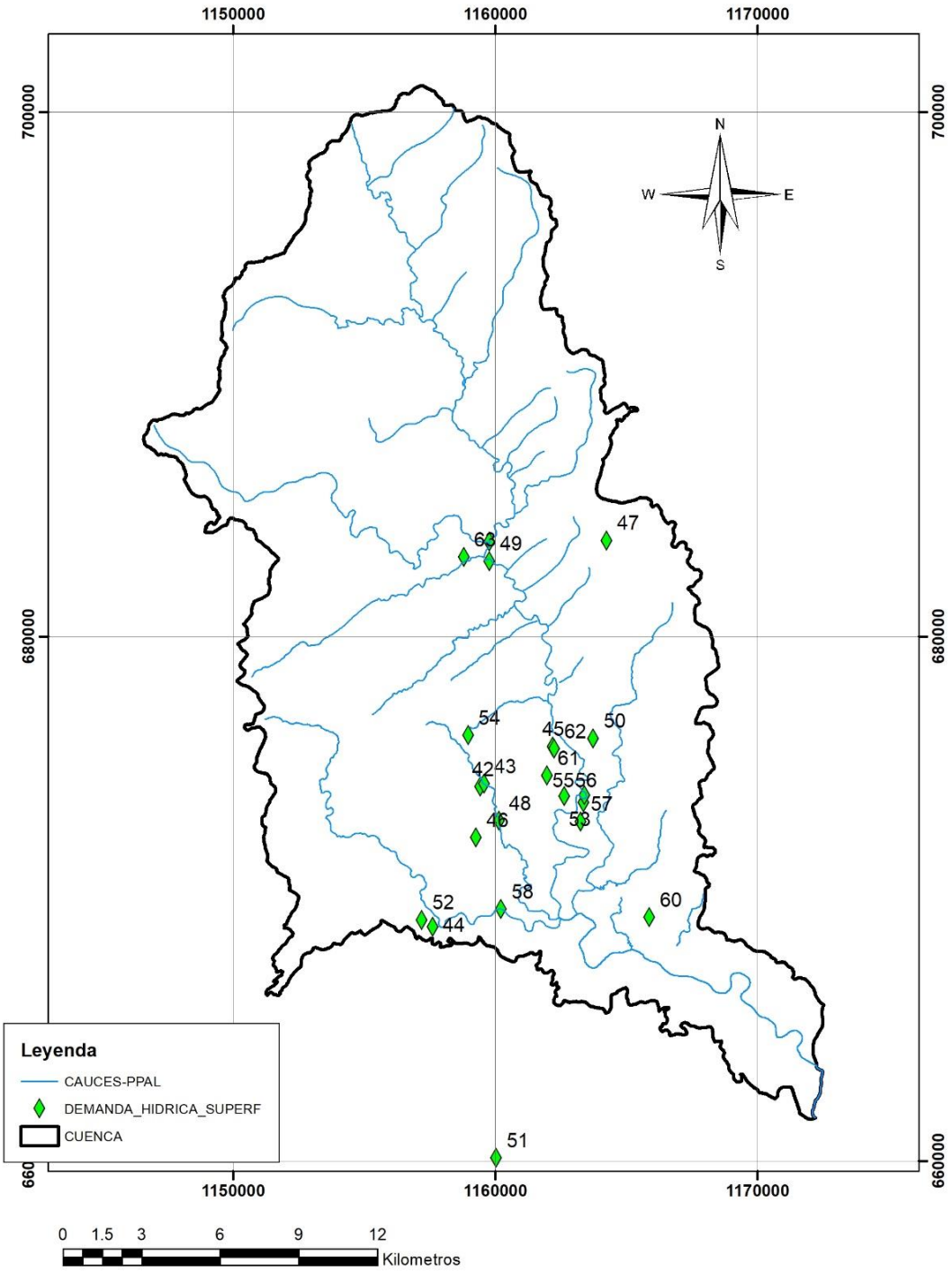
Fuente: Expedientes de Concesiones de agua - Corpoamazonía 2017

Tabla 93 (Continuación). Información de captaciones superficiales en la cuenca del río Hacha.

ID	NOMBRE CAPTACIÓN	NOMBRE DE LA FUENTE DE CAPTACIÓN	TIPO DE CAPTACIÓN	CAUDAL CONCESIONADO (LPS)
49	Predio Chalet San Miguel	Quebrada las Lajas	Bocatoma de fondo	2
50	Proyecto Piscícola "Finca la Marsella"	La Molitona	Directa - Manguera	3
51	Proyecto Piscícola "Finca Frijolito"	Quebrada San Antonio	Bocatoma de fondo	3
52	Proyecto Piscícola "Finca Santa Barbara"	Quebrada Santa Barbara	Bocatoma trapezoidal	1
53	Porcícola y Piscícola "Finca la Esperanza"	Quebrada La Esperanza	Directa - Manguera	5
54	Proyecto Piscícola "Predio Villa Nubia"	Quebrada La Mona	Directa - Manguera	1.33
55	Proyecto compra y beneficio material de arrastre "Villa Consuelo"	Río Hacha	Bombeo	0,01
56	Proyecto compra y beneficio material de arrastre "Villa Consuelo"	Quebrada La Primavera	Bocatoma de fondo	0,01
57	Multiservicios el Gato Arias	Lago Turbay	Directa - Manguera	0.754
58	Nestlé de Colombia S. A. Planta Florencia	Quebrada La Yuca	Bombas centrífugas con motor eléctrico de 12 HP, con tubos de 4"	10
60	Gaseosas Florencianas	Quebrada San Joaquín	Bocatoma de fondo	5
61	Balneario Las Heliconias	Quebrada Lejanías	Directa - Manguera	1.5
62	Balneario Real Campestre	Quebrada la Martha	Tubo en forma de T	1.93
63	Centro Recreacional Villa Linda	Quebrada La Linda	Directa - Manguera	1

Fuente: Expedientes de Concesiones de agua - Corpoamazonía 2017

Figura 82. Captaciones en la cuenca del río Hacha

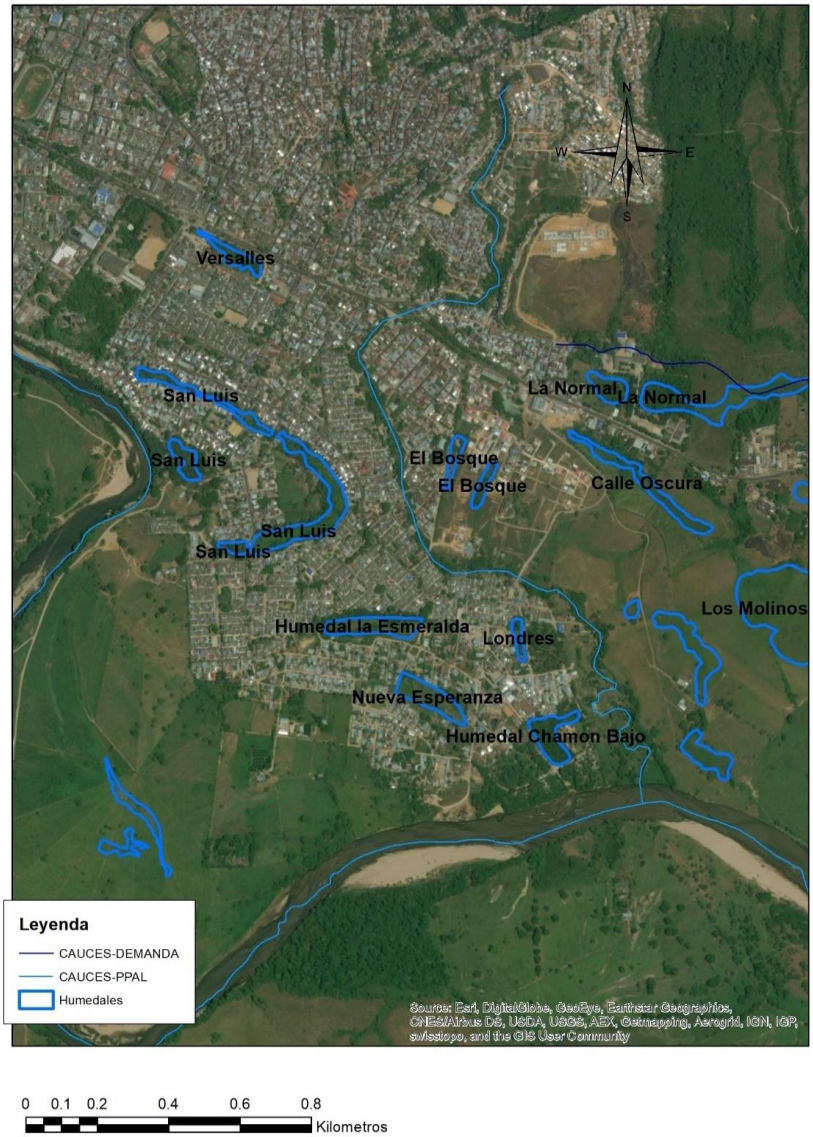


Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016.

3.7.4 Sistemas lenticos en el área de la cuenca del río Hacha

De acuerdo con la información secundaria, se han encontrado dentro del área de la cuenca, especialmente en el área urbana de Florencia, 12 humedales, los cuales se listan en la Tabla 84 (Figura 83) sumando un área de 38.1 Ha, que representa, respecto al área total de la cuenca, un porcentaje menor al 0.10%, por lo que es de esperarse que su influencia en los procesos hidrológicos a nivel de cuenca, sean despreciables. De acuerdo con lo anterior, no se considera necesario tener en cuenta estos pequeños almacenamientos, en el ciclo hidrológico regional.

Figura 83. Humedales urbanos en la cuenca del río Hacha



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016.

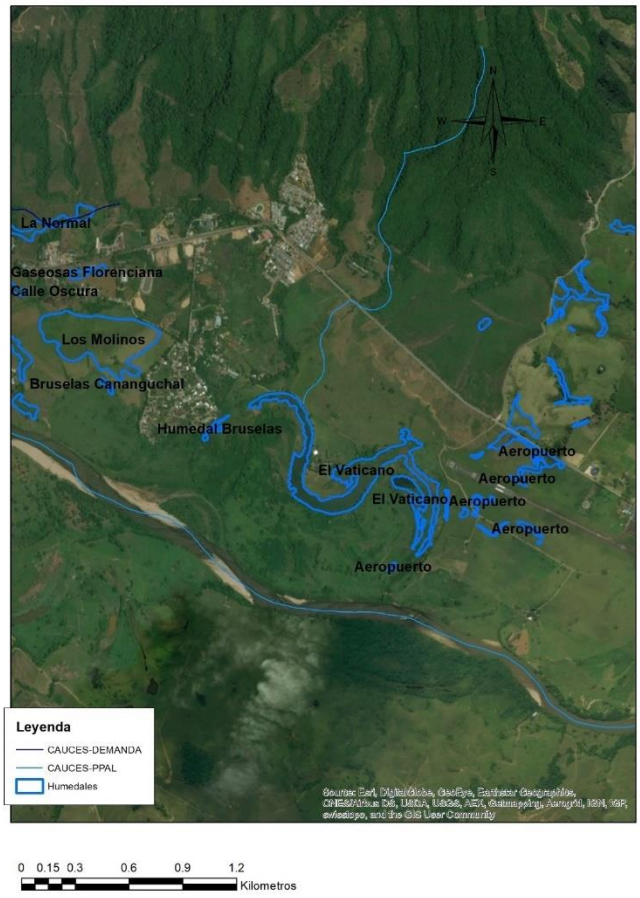
Tabla 84. Inventario de humedales urbanos

ID.	NOMBRE	BARRIO	ÁREA (HA)
1	San Luis	San Luis - Obrero	12
2	Versalles	Versalles	1.0
3	Esmeralda	La Esmeralda	2.0
4	Bosque	Bosque	1.0
5	Londres	Londres	2.0
6	Calle Oscura	Parque de la Amazonía	1.0
7	La Castilla	Abbas Turbay	3.1
8	Azola Anabaena	Zona de Expansión	1.0
9	El Puerto	Zona de Expansión	9.0
10	Fuente de Agua	Ciudadela Siglo XXI	2.0
11	Siglo XXI	Ciudadela Siglo XXI	2.0
12	La Normal	Institución Educativa Normal	2.0

Fuente: Inventario y caracterización de humedales - Corpoamazonía 2009

De igual forma, hacia el sector del Aeropuerto, se localizan dos Humedales de gran extensión: Los Molinos, El Vaticano, y pequeños humedales alrededor del aeropuerto (Figura 84).

Figura 84. Humedales urbanos en la cuenca del río Hacha sector Aeropuerto



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016.

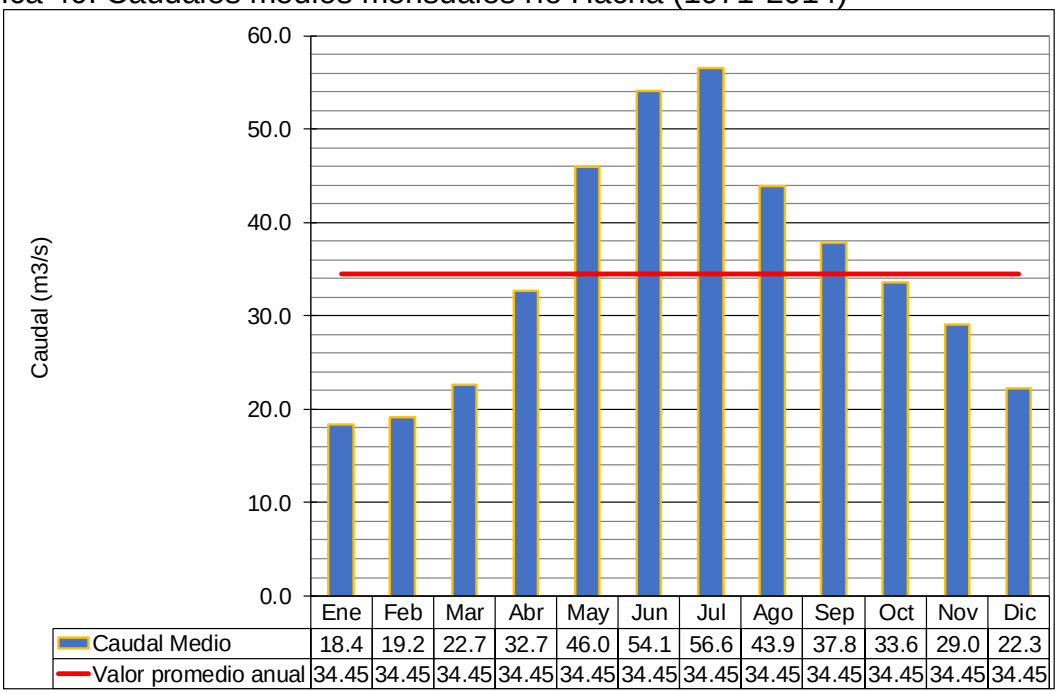
En cuanto a la alteración de las series hidrológicas vale la pena resaltar, que en la cuenca no se cuenta con la existencia de embalses que puedan de una forma u otra, alternar las series históricas, por lo cual, no se considera necesario hacer un análisis de verificación de las condiciones de alteración de las series, por embalses.

3.7.5 Descripción y evaluación de la red de estaciones hidrológicas

La caracterización del régimen hidrológico se analiza teniendo en cuenta las condiciones a nivel mensual y anual, dado que para estas franjas de tiempo se pueden claramente ver condiciones repetitivas, como por ejemplo el analizar las temporadas de caudales maximos y su variabilidad en el año, análisis que se presenta a continuación a partir de las series de datos mensuales de mas de 15 años.

3.7.5.1 Caudales en el río Hacha. El comportamiento de los caudales medios en la estación Florencia, localizada sobre el cauce del río Hacha, es de tipo monomodal con un periodo del año en los cuales los valores de caudal están por encima del promedio y un periodo donde los mismos están por debajo del promedio (Ver Gráfica 40). El caudal medio más alto es de 56.6 m^3/s en el mes de julio, con un caudal promedio anual de 34.5 m^3/s.

Gráfica 40. Caudales medios mensuales río Hacha (1971-2014)

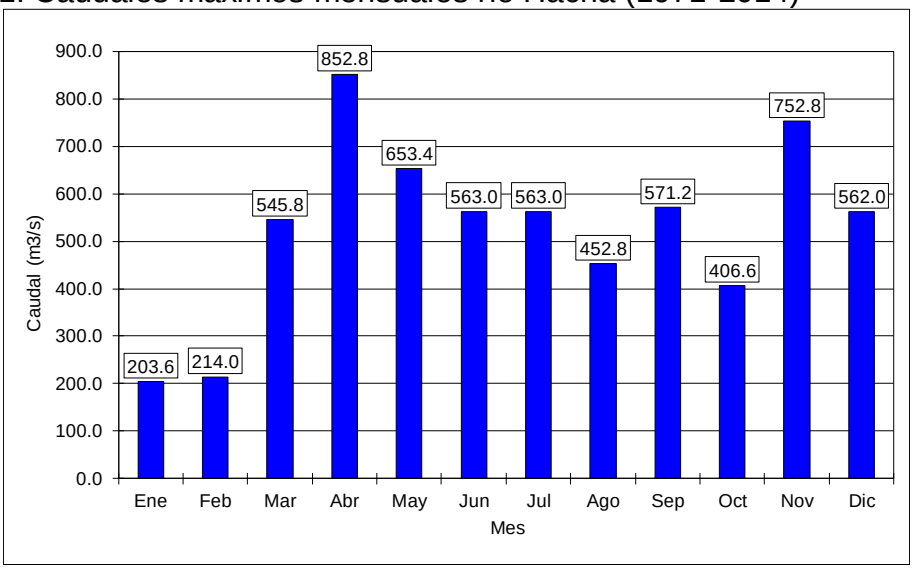


	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Caudal Medio	18.4	19.2	22.7	32.7	46.0	54.1	56.6	43.9	37.8	33.6	29.0	22.3
Valor promedio anual	34.45	34.45	34.45	34.45	34.45	34.45	34.45	34.45	34.45	34.45	34.45	34.45

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

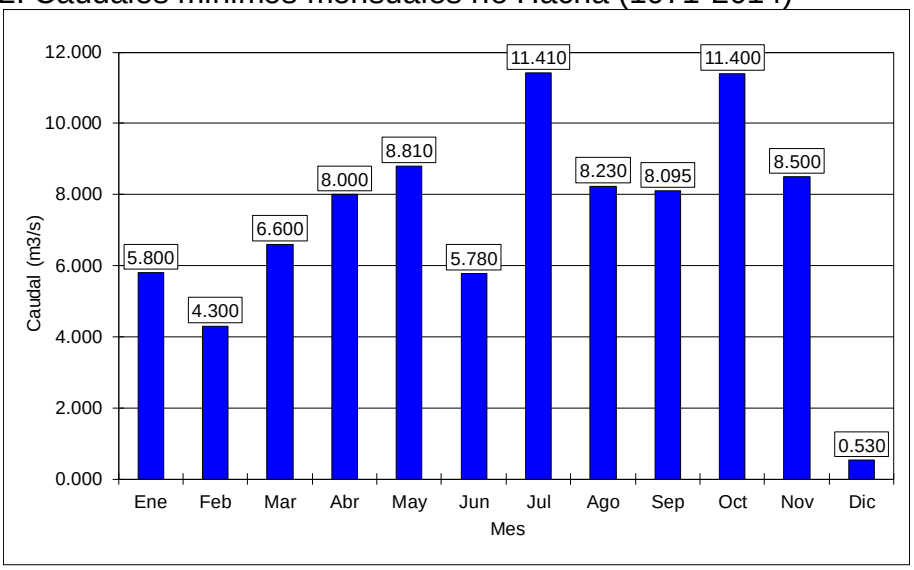
Para esta estación, el caudal máximo registrado es de 852.8 m^3/s presentado en el mes de abril, seguido por un valor de 752.8 m^3/s presentado en el mes de noviembre (Gráfica 41). Los caudales mínimos se han presentado en los meses de final e inicio del año, diciembre y enero, con valores de 0.53 y 5.8 m^3/s respectivamente siendo diciembre el mes en el que se ha presentado el valor más bajo en la serie de datos (Ver Gráfica 42).

Gráfica 41. Caudales máximos mensuales río Hacha (1971-2014)



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Gráfica 42. Caudales mínimos mensuales río Hacha (1971-2014)



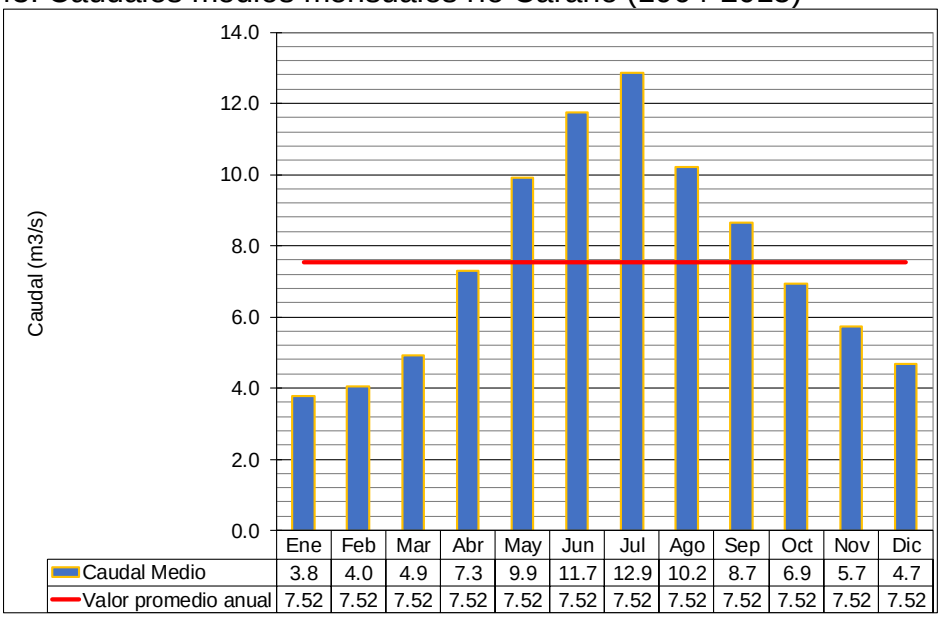
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Se resalta también que febrero es también uno de los meses en los que se han presentado caudales bajos registrados en la serie de datos. Acorde con los registros de caudales medios en la estación, los valores mínimos más altos son los que se han presentado en los meses de julio (11.41 m^3/s), mes de temporada de caudales altos, y en el mes de octubre (11.4 m^3/s), mes que presenta valores cercanos al valor medio.

3.7.5.2 Caudales en el río Caraño. La estación El Rosario localizada sobre el río Caraño, muestra a partir de sus datos un comportamiento de tipo monomodal en sus valores promedio mensuales multianuales, donde existe un periodo del año, en los cuales los valores de caudal están por encima del promedio y un periodo donde los mismos están por debajo del promedio (Ver Gráfica 43). Para el caso de la temporada de caudales altos, a mitad del año entre junio y julio, el caudal medio más alto es de 12.9 m^3/s en el mes de julio. En contraste, los caudales más bajos se presentan en el mes de febrero, con un valor promedio de 3.8 m^3/s. El caudal promedio anual en la estación es de 7.52 m^3/s.

La Gráfica 44 muestra el comportamiento de los caudales máximos mensuales multianuales en el río, manteniéndose para estos, el régimen de tipo monomodal y con un valor de caudal máximo en el mes de agosto. El caudal máximo en la estación es de 207.0 m^3/s, seguido por un valor de 204 m^3/s en el mes de diciembre. Los caudales máximos más bajos se presentan en los meses de enero a mayo y en el mes de septiembre.

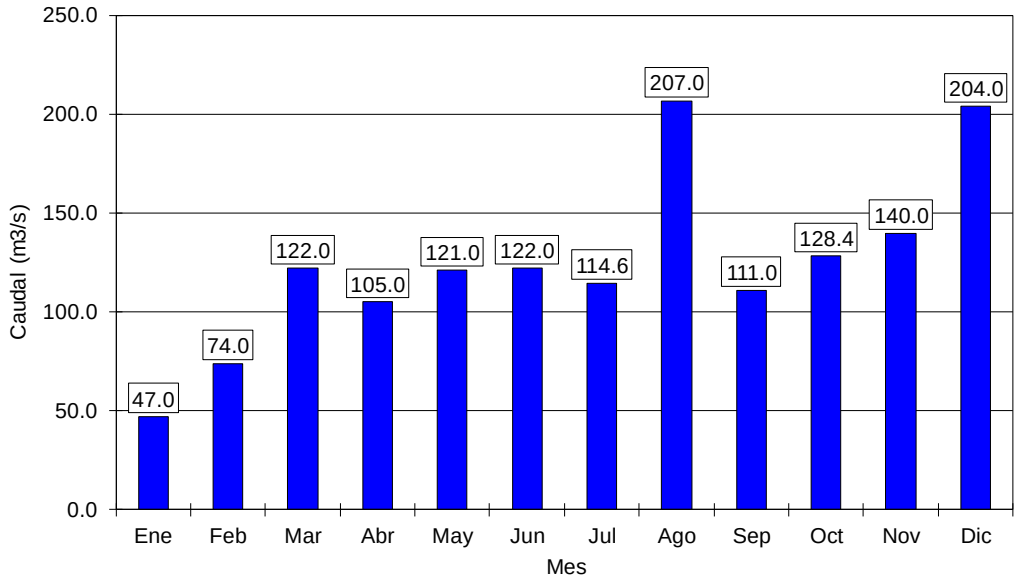
Gráfica 43. Caudales medios mensuales río Caraño (1964-2015)



	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Caudal Medio	3.8	4.0	4.9	7.3	9.9	11.7	12.9	10.2	8.7	6.9	5.7	4.7
Valor promedio anual	7.52	7.52	7.52	7.52	7.52	7.52	7.52	7.52	7.52	7.52	7.52	7.52

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

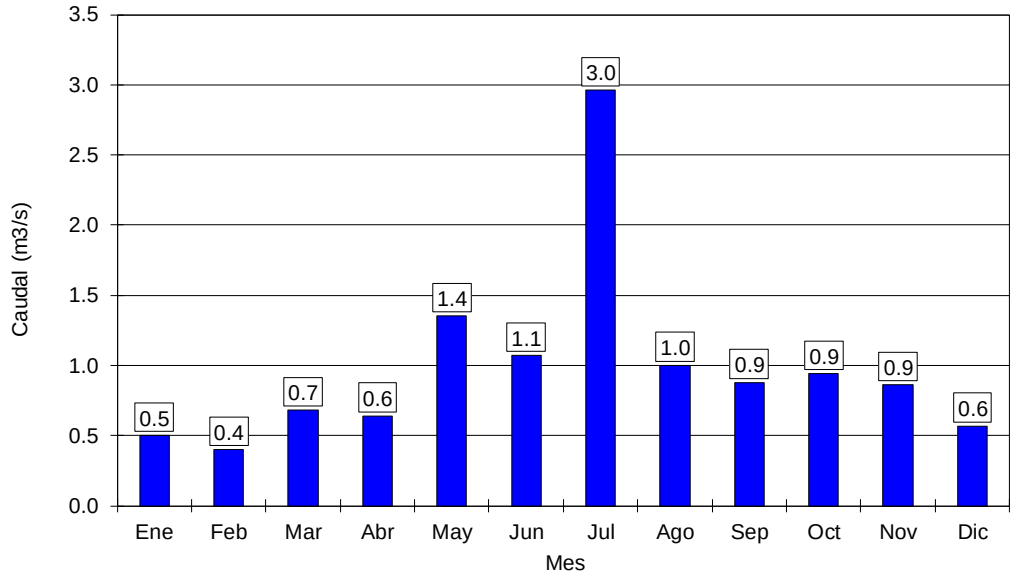
Gráfica 44. Caudales máximos mensuales río Caraño (1964-2015)



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

De acuerdo con la Gráfica 45 los caudales mínimos en la estación se han presentado en los meses de enero y febrero, con valores de 0.5 y 0.4 m^3/s respectivamente. De igual forma, los meses con caudales más bajos, son los del primer semestre del año (entre enero y junio).

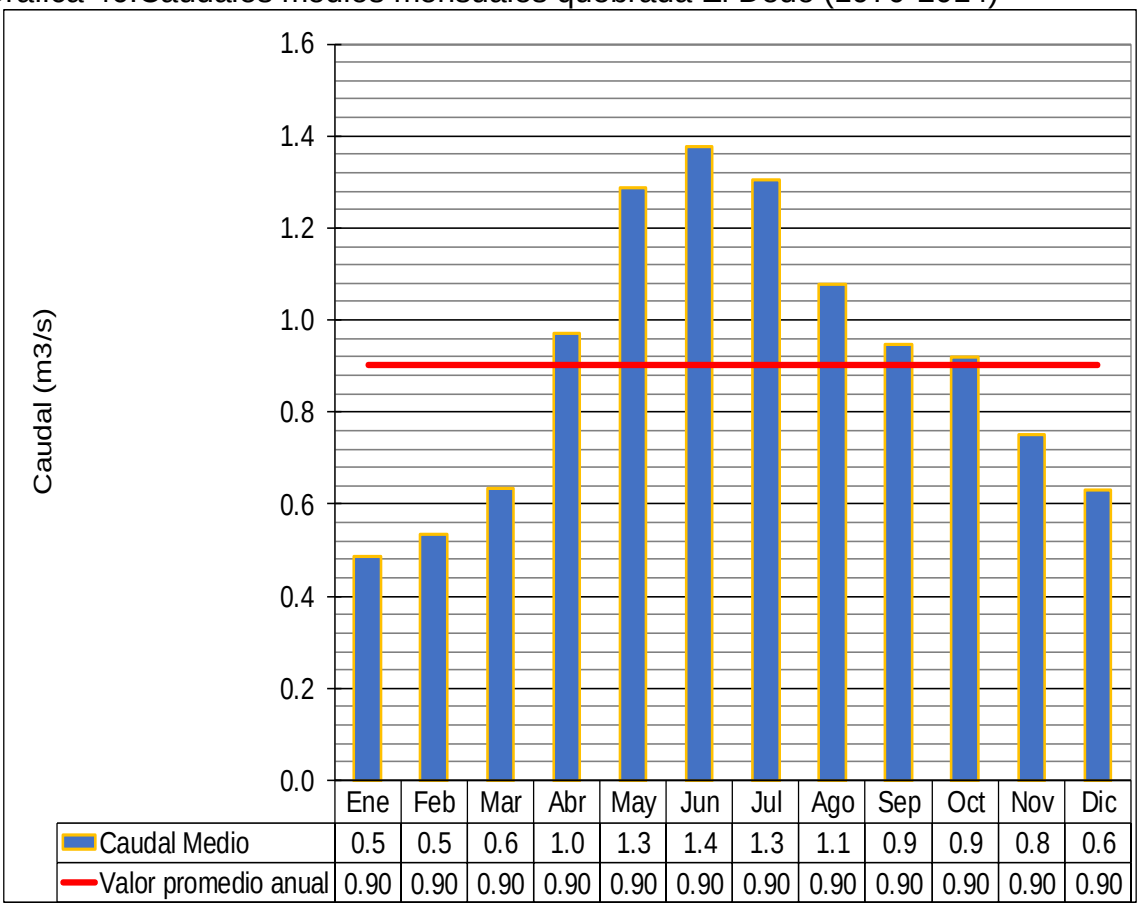
Gráfica 45. Caudales mínimos mensuales río Caraño (1964-2015)



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.7.5.3 Caudales en la quebrada El Dedo. Para el caso de la quebrada El Dedo, se tienen los datos de la estación de medición de caudales Bocatoma 1 (Ver Gráfica 46). De acuerdo con estos datos, el caudal medio multianual para la quebrada es de 0.90 m^3/s con un caudal mínimo y máximo promedio de 0.40 y 2.9 m^3/s. Al igual que en la estación anterior, el régimen de caudales es también de tipo monomodal.

Gráfica 46.Caudales medios mensuales quebrada El Dedo (1970-2014)

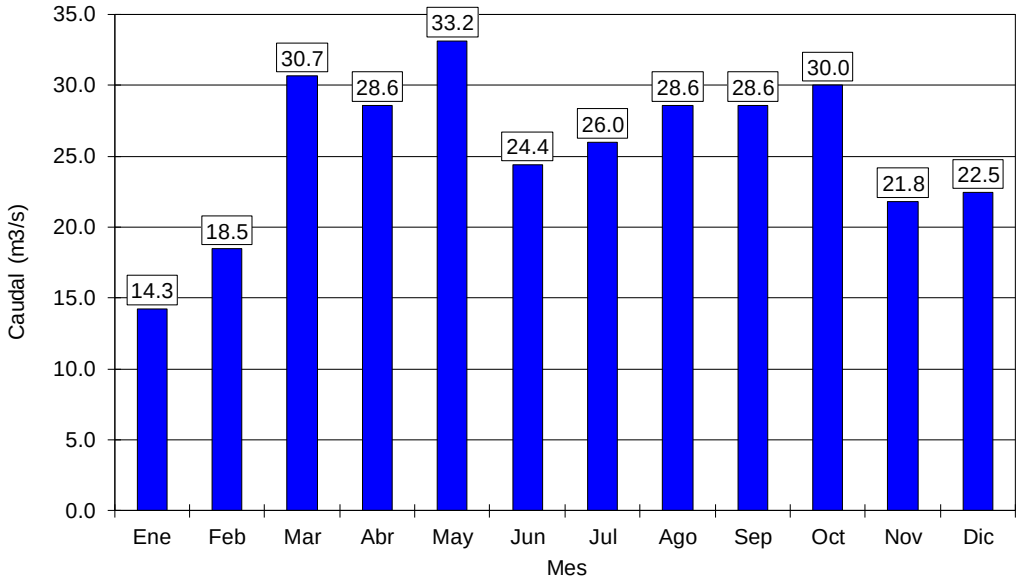


	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Caudal Medio	0.5	0.5	0.6	1.0	1.3	1.4	1.3	1.1	0.9	0.9	0.8	0.6
Valor promedio anual	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

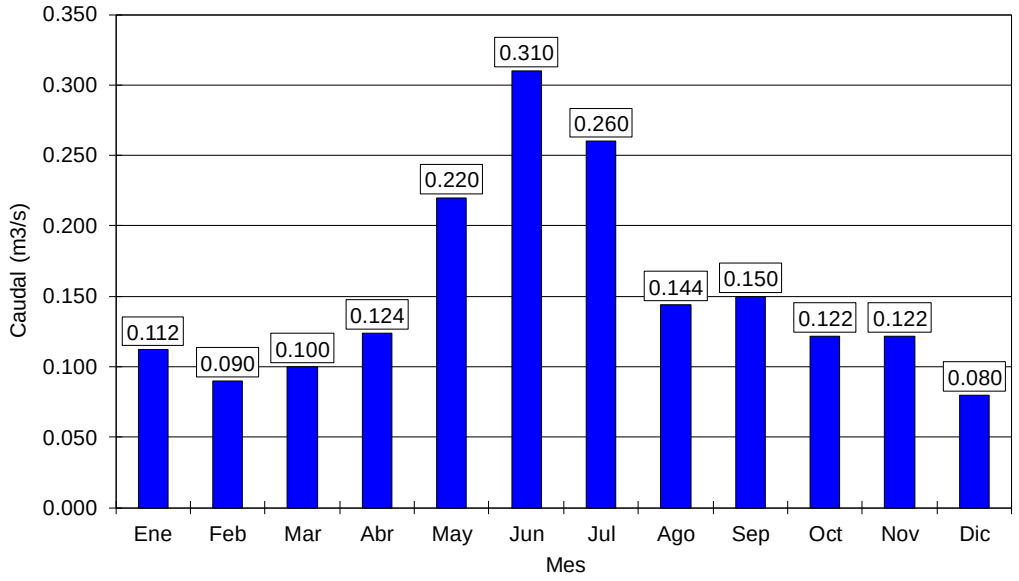
En esta estación se aprecia que el régimen de caudales máximos (Gráfica 47), muestra también la tendencia a ser monomodal. El caudal máximo registrado en la estación es de 33.2 m^3/s registrado en el mes de mayo. En contraste, el valor mínimo registrado en la estación es de 0.080 m^3/s (Gráfica 48).

Gráfica 47. Caudales máximos mensuales quebrada El Dedo (1970-2014)



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Gráfica 48. Caudales mínimos mensuales quebrada El Dedo (1970-2014)



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.7.5.4 Dinámica de sedimentos. En el área de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha no se encuentra información de estaciones que contengan valores medios mensuales, ni totales de transporte de sedimentos. Sin embargo se cuenta con información de dos estaciones en la parte baja del área de influencia de la cuenca, pero relacionadas a la corriente San Pedro (estación Itarca) y corriente Orteguaza (estación Larandia), que contienen datos de los valores medios mensuales de sedimentos, con series de datos menores de 15 años. Los valores se presentan en la Tabla 85 y la Tabla 86, para las corrientes San Pedro y Orteguaza respectivamente, las cuales debido a su localización, no brindan información de procesos de colmatación o alteración del régimen hidrológico en el área de la cuenca.

Tabla 85. Valores Medios Mensuales de Sedimentos Estación Itarca (Kg/m^3)

AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE
1986	0.075	0.057	0.089	0.113	0.077	0.183	0.123	0.126	0.133	0.159	0.195	0.135
1987	0.145	0.174	0.1	0.133	0.326	0.186	0.154	0.241	0.127	0.256	0.348	0.095
1989	0.104	0.174	0.145	0.218	0.329	0.183	0.251	0.161	0.25	0.161	0.187	0.135
1990	0.22	0.249	0.235	0.198	0.256	0.21	0.316	0.185	0.159	0.187	0.305	0.2
1991	0.198	0.137	0.172	0.176	0.127	0.142	0.196	0.127	0.159	0.216	0.187	0.167
1992	0.076	0.174	0.097	0.149	0.135	0.137	0.127	0.226	0.191	0.106	0.124	0.084
1993	0.109	0.107	0.151	0.126	0.157	0.151	0.175	0.159	0.108	0.203	0.152	0.14
1994	0.096	0.14	0.183	0.227	0.221	0.225	0.413	0.337	0.383	0.273	0.25	0.178
1995	0.169	0.253	0.086	0.109	0.164	0.18	0.197	0.105	0.199	0.135	0.123	0.204
1996	0.234	0.176	0.244	0.415	0.239	0.324	0.265	0.175	0.159	0.187	0.237	0.147
1997	0.145	0.186	0.131	0.163	0.18	0.202	0.41	0.33	0.137	0.258	0.198	0.063
1998	0.071	0.181	0.142	0.197	0.242	0.2	0.359	0.157	0.07	0.396	0.186	0.195
1999	0.355	0.408	0.214	0.48	0.878	0.329	0.497	0.224	0.236	0.168	0.203	0.28
2003	0.145	0.174	0.286	0.107	0.047	0.046	0.035	0.138	0.096	0.05	0.053	0.051
2004	0.036	0.017	0.019	0.077	0.046	0.053	0.251	0.024	0.076	0.154	0.062	0.039
Promedio	0.145	0.174	0.146	0.184	0.221	0.183	0.251	0.175	0.159	0.187	0.187	0.135

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Tabla 86. Valores Medios Mensuales de Sedimentos Estación Larandia (Kg/m^3)

AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE
1986	0.267	0.707	0.219	0.623	0.436	0.579	0.451	0.352	0.525	0.498	0.609	0.384
1990	0.182	0.24	0.219	0.297	0.274	0.301	0.237	0.204	0.525	0.282	0.229	0.269
1991	0.166	0.231	0.33	0.281	0.432	0.498	0.512	0.277	2.35	2.82	3.65	0.808
1996	0.174	0.226	0.26	0.441	0.331	1.29	0.375	0.443	0.494	0.546	0.609	0.279
1997	0.182	0.063	0.196	0.539	0.336	0.626	2.06	0.403	0.484	0.355	0.252	0.13
1998	0.255	0.414	0.234	0.31	0.374	0.364	0.234	0.262	0.249	0.361	0.199	0.16
1999	0.136	0.304	0.217	0.222	0.568	0.463	0.3	0.215	0.221	0.463	0.5	0.551
2003	0.182	0.084	0.083	0.079	0.123	0.151	0.14	0.136	0.173	0.187	0.149	0.13
2004	0.096	0.086	0.106	0.478	0.411	0.415	0.352	0.274	0.384	0.48	0.212	0.15
2005	0.092	0.134	0.195	0.236	0.305	0.398	0.259	0.266	0.141	0.196	0.177	0.214
2007	0.182	0.24	0.197	0.264	0.271	0.393	0.294	0.305	0.136	0.159	0.115	0.144
2009	0.272	0.151	0.374	0.213	0.175	0.498	0.198	0.189	0.622	0.207	0.609	0.124
Promedio	0.182	0.240	0.219	0.332	0.336	0.498	0.451	0.277	0.525	0.546	0.609	0.279

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.7.6 Caracterización del régimen hidrológico de la cuenca del río Hacha

En este numeral se muestra la metodología y los resultados de la estimación de caudales medios diarios, caudales máximos y caudales mínimos para diferentes períodos de retorno. En la primera parte se explica la metodología del cálculo de caudales medios diarios para cada una de las subcuencas y microcuencas establecidas en el presente estudio, se indica la forma de estimación de los caudales máximos y finalmente se muestra como se calcularon los caudales mínimos.

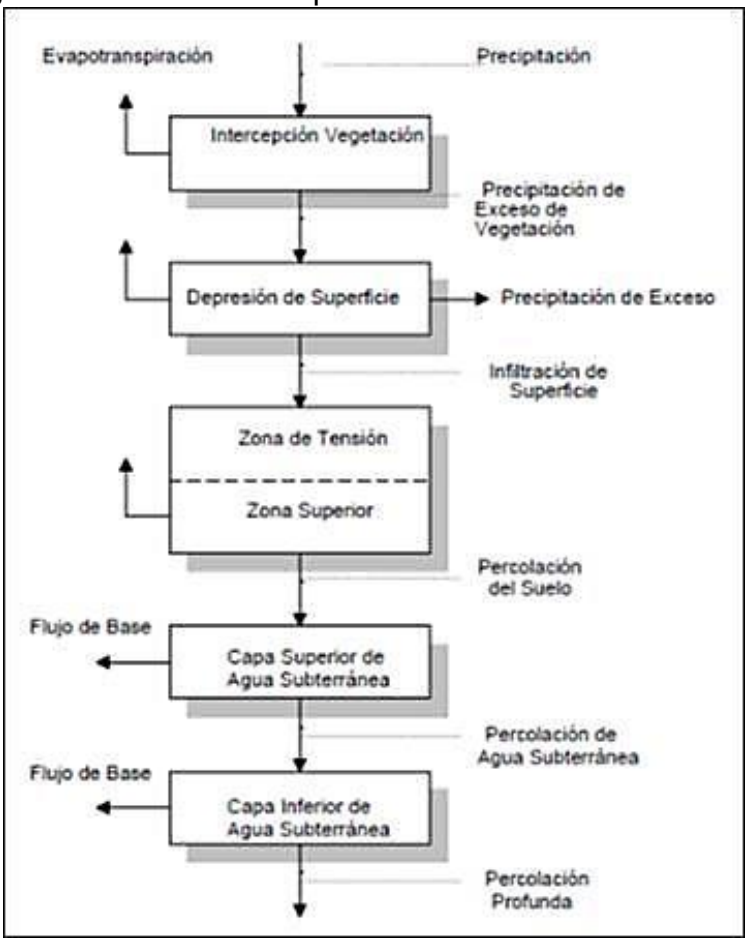
3.7.6.1 Cálculo de caudales medios diarios. El Sistema de Modelación Hidrológica HMS, del US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, HEC, de los EUA, está diseñado para simular el proceso lluvia-escurrimiento mediante diversos modelos que tiene incluidos dentro de su software, por ejemplo el método para calcular las pérdidas del SCS (Soil Conservation Service, actualmente NRCS, National Resources Conservation Service), entre otros. Es capaz de modelar diferentes sistemas de cuencas, tanto rurales como urbanas, concebido para la simulación de eventos hidrológicos aislados, principalmente; sin embargo, se puede utilizar como modelo de simulación continua mediante la utilización del modelo de pérdidas llamado: SMA (Soil Moisture Accounting), que es similar al modelo Sacramento utilizado por el NWSRFS de los EUA. La información requerida para la aplicación del modelo es la siguiente:

- ✓ Área de la cuenca y/o subcuencas
- ✓ Tiempo de retardo (Lag)
- ✓ Tormentas registradas en pluviógrafos u observatorios.
- ✓ Precipitación diaria y/o horaria correspondiente a las fechas del período a simular.
- ✓ Caudales máximos horarios y/o diarios de la creciente que se quiere simular, para poder calibrar.

- **Modelo Soil Moisture Accounting - SMA**

El modelo SMA estima el exceso de precipitación rastreando la intercepción, infiltración, percolación, y evapotranspiración usando un modelo de almacenamiento de cinco capas tal como se muestra en la Figura 85, los almacenes incluyen intercepción de vegetación, depresión de superficie, perfil de suelo, agua subterránea superior y agua subterránea inferior.

Figura 85. Diagrama del modelo de aproximación de humedad de suelo.



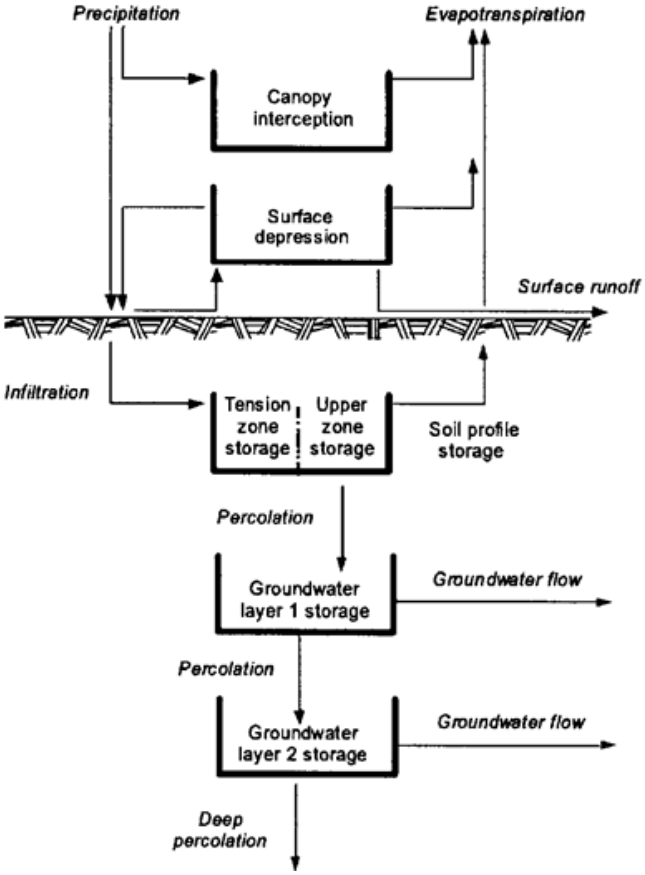
Fuente: Manual HEC-HMS, 2015.

Entre los resultados proporcionados por el algoritmo del modelo SMA se encuentra, en primer lugar, el exceso de precipitación, cuya transformación en hidrograma de escorrentía superficial se realiza mediante una simulación posterior, independiente del modelo SMA. Por otro lado, se determina también el flujo subterráneo, cuya transformación en hidrograma se realiza también mediante un modelado externo posterior. Otro de los resultados que proporciona es el relativo a la percolación profunda.

Elementos constituyentes

El modelo SMA representa la cuenca mediante un conjunto de capas o depósitos, como se muestra esquemáticamente en la Figura 86, en la que se pueden ver también las conexiones o flujos de agua existentes entre los mismos.

Figura 86. Esquema conceptual del modelo SMA.



Fuente: Manual HEC-HMS, 2015.

El primero de los depósitos de almacenamiento que se muestran en la figura anterior representa la parte de precipitación que es interceptada por la vegetación y no llega

a alcanzar la superficie del terreno. El siguiente depósito representa el almacenamiento de agua en la superficie del terreno, en pequeñas depresiones.

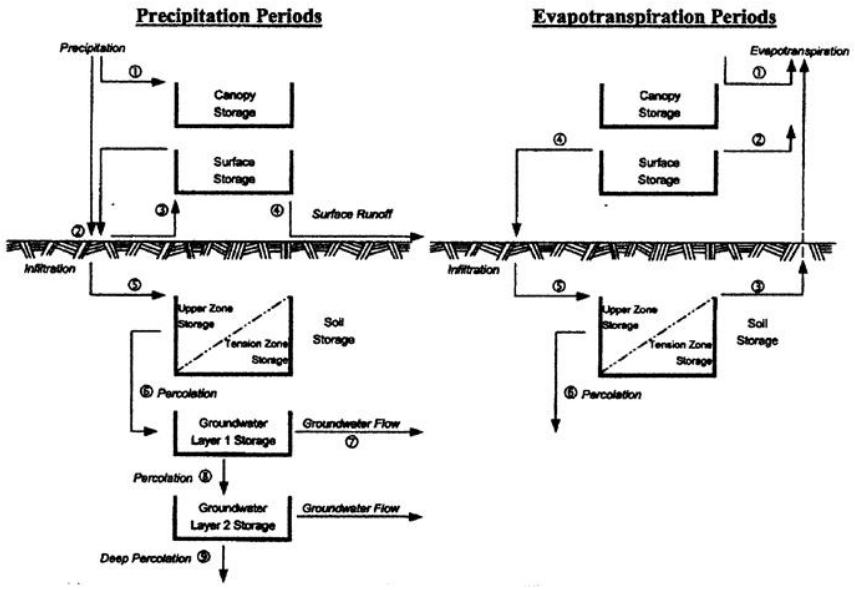
Pasando al interior del terreno, hay que señalar la existencia de un depósito que trata de representar el fenómeno complejo de almacenamiento de agua en la capa superior del suelo, que está dividido, a su vez, en dos zonas: la upper zone, que está constituida por la parte de suelo que es capaz de perder agua por evapotranspiración y/o percolación, y la tension zone, que representa la parte del suelo que pierde agua exclusivamente por evapotranspiración. En realidad, la subdivisión del depósito de almacenamiento del suelo en dos zonas trata de diferenciar la existencia de agua libre y de agua capilar en el interior del mismo.

Los dos depósitos subterráneos de almacenamiento de agua en el suelo, que se pueden reducir a uno solo, según las circunstancias, sirven para representar el flujo hipodérmico y el flujo base. La consideración, en cada caso, de uno o de los dos depósitos está condicionada por la forma de la curva de recesión del hidrograma correspondiente.

Proceso de Cálculo

El modelo SMA calcula el flujo hacía, desde, o entre los depósitos de almacenamiento antes indicados, siendo muy importante resaltar que la secuencia del proceso de cálculo es diferente, según que se consideren períodos de precipitación o de ausencia de precipitación, tal como se indica en los dos esquemas mostrados en la Figura 87.

Figura 87. Esquemas del proceso de cálculo en el modelo SMA.



Fuente: Manual HEC-HMS, 2015.

En los períodos en que existen precipitaciones, el primer destino del agua de lluvia es el depósito de intercepción por la vegetación, cuya máxima capacidad de almacenamiento está representada por el parámetro INTVEG, cuyo valor debe ser definido por el usuario. El exceso de precipitación sobre la capacidad de almacenamiento, unido al agua existente en el depósito de almacenamiento superficial al comienzo del intervalo de cálculo constituye el volumen de agua disponible para la infiltración en la capa superior del suelo.

El volumen potencial de infiltración de agua en el suelo durante un intervalo de tiempo Δt se determina mediante la expresión:

$$IP = MCSI\left(1 - \frac{AS}{CAS}\right)\Delta t$$

Siendo:

- IP: Potencial de infiltración en el suelo durante el intervalo Δt.
- MCIS: Máxima capacidad de infiltración de agua en el suelo, definida por el usuario.
- AS: Volumen de agua almacenado en el suelo al comienzo del intervalo de tiempo.
- CAS: Máxima capacidad de almacenamiento de agua en el suelo. Es un valor definido por el usuario.

De la expresión anterior se deduce que si el depósito de almacenamiento de agua en el suelo se encuentra vacío, el potencial de infiltración iguala a la máxima capacidad de infiltración, mientras que si el citado depósito se encuentra lleno, el potencial de infiltración es nulo.

Para determinar el volumen de agua que realmente se infiltra en el suelo durante el mencionado Δt, hay que comparar el valor calculado de IP con el volumen total de agua disponible para la infiltración al comienzo del intervalo. El mínimo de estos dos valores coincide con el volumen de agua realmente infiltrado.

Si el volumen de agua disponible para la infiltración supera el valor de IP, el exceso de agua se incorpora al depósito de almacenamiento superficial. Cuando esta incorporación supera la capacidad del depósito de almacenamiento superficial (CADSUP), definida por el usuario, el exceso se convierte en escorrentía superficial.

Desde el depósito de almacenamiento de agua en el suelo se produce el fenómeno de percolación hacia el primero de los depósitos de agua subterránea considerados generalmente en el modelo SMA. El volumen potencial de percolación entre ambos depósitos, durante el mencionado Δt, se determina mediante la expresión:

$$PP_1 = MCPS\left(\frac{AS}{CAS}\right)\left(1 - \frac{ADS1}{CADS1}\right)\Delta t$$

Siendo:

- PP1: Potencial de percolación hacia el primer depósito de agua subterránea.
- MCPS: Máxima capacidad de percolación desde el depósito de almacenamiento de agua en el suelo, definida por el usuario.
- ADS1: Volumen de agua almacenado en el primer depósito de agua subterránea al comienzo del intervalo de tiempo.
- CADS1: Máxima capacidad de almacenamiento de agua en el primer depósito de agua subterránea. Es Un parámetro definido por el usuario.
- AS, CAS: Ver notación indicada anteriormente.

De la expresión anterior se deduce que el potencial de percolación es tanto mayor cuanto más lleno se encuentra el depósito de almacenamiento de agua en el suelo y más vacío el primer depósito de agua subterránea, al comienzo del intervalo de tiempo, y viceversa.

Por otro lado, el volumen de agua disponible para la percolación es igual a la suma de la infiltración real desde la superficie y del volumen de agua existente al comienzo del intervalo en el depósito de almacenamiento de agua en el suelo. El mínimo resultante de la comparación entre este valor y el potencial de percolación antes calculado representa el volumen real de percolación que tiene lugar durante el correspondiente Δt hacia el primer depósito de agua subterránea.

De manera análoga, el potencial de percolación entre los dos depósitos de agua subterránea se determina mediante la expresión:

$$PP_2 = MCPS1\left(\frac{ADS1}{CADS1}\right)\left(1 - \frac{ADS2}{CADS2}\right)\Delta t$$

Dónde:

- PP2: Potencial de percolación entre los dos depósitos de agua subterránea.
- MCPDS1: Máxima capacidad de percolación entre los dos depósitos de agua subterránea, definida por el usuario.
- ADS2: Volumen de agua almacenado en el segundo depósito de agua subterránea al comienzo del intervalo de tiempo.
- CADS2: Máxima capacidad de almacenamiento de agua en el segundo depósito de agua subterránea. Es un parámetro definido por el usuario.

Durante cada intervalo de tiempo, se produce también otra salida de agua desde el primer depósito de agua subterránea, que contribuye a alimentar el caudal, en forma de flujo hipodérmico o flujo base, en el punto de desagüe de la cuenca considerada.

El volumen (VDS1) que representa dicha salida de agua se determina mediante la expresión:

$$VDS1 = \frac{1}{2}\left(Q_{1,t+\Delta t} + Q_{1,t}\right)\Delta t$$

Siendo: Q1,t y Q1,t+Δt los caudales de salida de dicho depósito al principio y al final del intervalo de cálculo, respectivamente. El valor de Q1,t+Δt se determina, a su vez, a partir de la expresión:

$$Q_{1,t+\Delta t} = \frac{PR_1 + ADS1 - PP_2 - \frac{1}{2}Q_{1,t}\,\Delta t}{TADS1 + \frac{\Delta t}{2}}$$

Siendo PR1 el volumen de percolación que tiene lugar, durante el intervalo de tiempo de cálculo, entre el suelo y el primer depósito de agua subterránea, y TADS1 el coeficiente de almacenamiento del depósito subterráneo, que debe ser definido por el usuario. El significado del resto de las variables se ha indicado anteriormente.

El volumen de agua disponible para la percolación entre los dos depósitos de agua subterránea es igual al existente en el depósito superior al comienzo del intervalo de tiempo (ADS1), más la percolación real desde el depósito de almacenamiento de agua en el suelo (PR1), menos el volumen (VDS1) evacuado desde el primer depósito de agua subterránea durante el citado incremento de tiempo. El mínimo resultante de la comparación entre este volumen de agua disponible para la percolación y el potencial de percolación (PP2), antes calculado, representa el volumen real de percolación (PR2) que tiene lugar, durante el correspondiente Δt, entre ambos depósitos de agua subterránea.

El siguiente paso en el proceso de cálculo es la determinación del potencial de percolación desde el segundo depósito de agua subterránea hacia capas más profundas, que se realiza con ayuda de la expresión:

$$PP_3 = MCPDS2\left(\frac{ADS2}{CADS2}\right)$$

Siendo PP3 el mencionado potencial de percolación profunda y MCPDS2 la máxima capacidad de infiltración desde el segundo depósito de agua subterránea. Como se puede observar, el valor de PP3 sólo depende del valor de MCPDS2 y del grado de llenado del depósito de agua subterránea al comienzo del intervalo de tiempo.

Haciendo un pequeño paréntesis en el esquema secuencial de la exposición del proceso de cálculo, cabe hacer mención a la posible existencia de la siguiente

situación: la consideración de uno sólo de los dos depósitos de almacenamiento de agua subterránea, e incluso la no consideración de ninguno de ellos.

En este último caso, la percolación profunda se produce directamente desde el depósito de almacenamiento de agua en el suelo, con un potencial de percolación (PP_1) dado por la siguiente expresión:

$$PP_1 = MCPS\left(\frac{AS}{CAS}\right)$$

De acuerdo con la notación anterior. En el caso de considerar un único depósito de agua subterránea, la percolación profunda se produce directamente desde el mismo, con un potencial de percolación (PP_2) dado por la siguiente expresión:

$$PP_2 = MCPS1\left(\frac{ADS1}{CADS1}\right)$$

Obviamente, la consideración de estas situaciones especiales condiciona el desarrollo del proceso de cálculo, que no incluirá la totalidad de los pasos que contempla la secuencia general.

Cerrando el paréntesis antes indicado y volviendo a la secuencia general, hay que señalar que durante cada intervalo de tiempo se produce también otra salida de agua desde el segundo depósito de almacenamiento de agua subterránea, que contribuye a alimentar, en forma de flujo base, el caudal en el punto de desagüe de la cuenca considerada. El volumen (VDS2) que representa dicha salida de agua se determina mediante las siguientes expresiones, cuyo aspecto formal es muy similar al de las utilizadas al hacer referencia al primero de los depósitos de agua subterránea:

$$VDS2 = \frac{1}{2}\left(Q_{2,t+\Delta t} + Q_{2,t}\right)\Delta t$$

$$Q_{2,t+\Delta t} = \frac{PR_2 + ADS2 - PP_3 - \frac{1}{2}Q_{2,t}\,\Delta t}{TADS2 + \frac{\Delta t}{2}}$$

Las variables consideradas tienen el mismo significado que antes, con la única salvedad de que se refieren al segundo de los depósitos de agua subterránea, en lugar del primero.

El volumen de agua disponible para la percolación profunda es igual al existente en el depósito inferior de agua subterránea al comienzo del intervalo (ADS2), más la percolación real (PR2) desde el depósito superior de agua subterránea, menos el

volumen desaguado (VDS2) desde el depósito inferior durante el citado incremento de tiempo.

El mínimo resultante de la comparación entre este volumen de agua disponible para la percolación profunda y el potencial de la misma (PP3), calculado antes, representa el volumen real percolado (PR3) hacia capas profundas, durante el correspondiente Δt. Es interesante resaltar que este volumen constituye una pérdida de agua definitiva del sistema, que no aflora a la superficie aguas arriba del punto de desagüe de la cuenca.

En los períodos en que hay ausencia de precipitaciones, el proceso de cálculo presenta diferencias sustanciales, en sus primeras fases, respecto a lo anteriormente expuesto. Así, para empezar, el primero de los depósitos de almacenamiento de agua considerado en el modelo, que representa la intercepción por parte de la vegetación, no recibe ninguna entrada de agua, como es lógico. No obstante, sí se produce un vaciado, parcial o total, del mismo debido al fenómeno de evapotranspiración.

El siguiente depósito que contribuye a satisfacer la demanda de evapotranspiración, una vez que se ha vaciado totalmente el anterior, es el que representa el almacenamiento superficial del agua en depresiones del terreno. Dicho depósito experimenta también una pérdida de agua por infiltración en el suelo, de acuerdo con el mismo proceso ya descrito al tratar los períodos lluviosos, manteniendo su validez la expresión antes indicada para determinar el volumen potencial de infiltración (IP) del agua en el suelo.

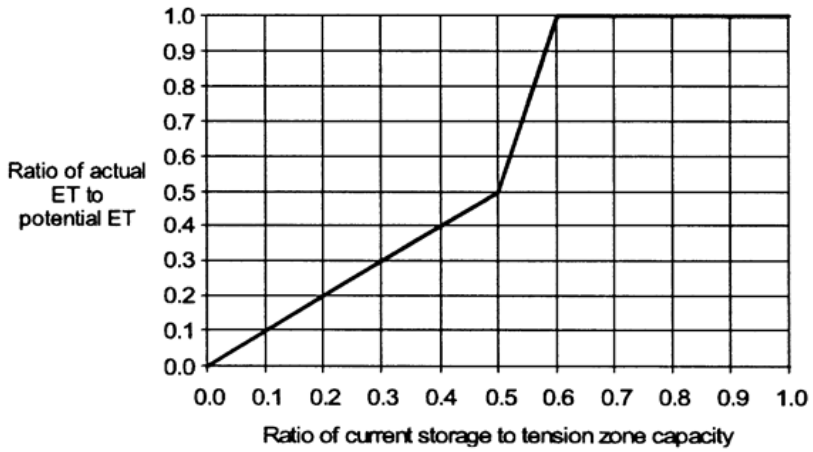
La diferencia estriba en que, a la hora de calcular la infiltración real, hay que tener en cuenta que el volumen de agua disponible para la infiltración en el suelo es igual al existente en el depósito superficial al comienzo del intervalo Δt, designado como AS, menos el volumen necesario para hacer frente a la demanda de evapotranspiración que aún queda por satisfacer. Dependiendo de las circunstancias, puede darse el caso de que el volumen de agua disponible para la infiltración sea nulo.

Cuando la demanda de evapotranspiración potencial total (EPT) no se puede satisfacer plenamente a partir del volumen de agua contenido en los dos primeros depósitos, entra en juego el depósito de almacenamiento de agua en suelo, para hacer frente al resto de la demanda, que se puede designar como ETS, a través de un proceso que merece un comentario especial.

En primer lugar, se intenta satisfacer, a partir del volumen de agua contenido en la upper zone del depósito de almacenamiento de agua en el suelo al comienzo del intervalo. En caso afirmativo, la evapotranspiración real total (ERT) es igual a la potencial, y el volumen de agua que queda en el citado depósito continúa el mismo proceso que se ha descrito anteriormente, al hacer referencia a episodios lluviosos.

Por el contrario, si ello no es posible, se empieza a utilizar el agua contenida en la tension zone del citado depósito de almacenamiento de agua en el suelo, en la que el agua se encuentra fuertemente ligada a las partículas del suelo, lo cual dificulta su extracción. En este caso, la evapotranspiración real que se produce desde el suelo (ERS) es menor que la demanda potencial (ETS). La relación entre ambos valores es función del cociente entre el volumen de agua (AS) almacenado en el suelo al comienzo del intervalo y la capacidad de almacenamiento en la tension zone del suelo, según se puede ver en el gráfico mostrado en la Figura 88.

Figura 88. Relación entre la evapotranspiración real desde el suelo y la humedad contenida en el mismo.



Fuente: Manual HEC-HMS, 2015.

El agua que queda en el depósito de almacenamiento de agua en el suelo, una vez satisfecha la demanda de evapotranspiración, está disponible para continuar su penetración en el terreno, alimentando sucesivamente los depósitos utilizados para representar el almacenamiento en capas más profundas. Los pasos que se siguen en este proceso son idénticos, incluidas las expresiones matemáticas, a los descritos al analizar los eventos lluviosos. A continuación, se enumera los parámetros de entrada que solicita el modelo:

- Soil (%), Groundwater 1 (%) y Groundwater 2 (%): El primer parámetro a especificar es el de las condiciones iniciales para cada una de las tres capas. Esto se refiere al porcentaje del almacenamiento total de la capa que se encuentra llena de agua al inicio de la simulación.

- Max Infiltration (mm/hr): Indica el límite de infiltración del almacenamiento superficial hacia la capa de suelo.

- Impermeable (%): Representa el porcentaje de zonas impermeables dentro de la subcuenca.

- Soil Storage (mm): Representa el almacenamiento disponible en la capa de suelo.

- Tension Storage (mm): Especifica la cantidad de agua almacenada en el suelo que no drena bajo los efectos de la gravedad.

- Soil Percolation (mm/hr): Indica el límite de percolación desde el almacenamiento de suelo hacia el agua subterránea superficial.

- GW 1 Storage (mm) y GW 2 Storage (mm): El almacenamiento GW1 y GW2 representan el almacenamiento total en la capa superior e inferior de agua subterránea, respectivamente.

- GW 1 Percolation (mm/hr) y GW 2 Percolation (mm/hr): La percolación GW1 indica la tasa de percolación desde la capa superior de agua subterránea hacia la inferior, mientras que la percolación GW2 es la tasa de percolación profunda hacia fuera del sistema.

- GW 1 Coefficient (hr) y GW 2 Coefficient (hr): Son usados como condiciones de tiempo para transformar el agua en almacenamiento en salidas laterales. Este caudal lateral se puede convertir en flujo base.

A continuación, se presentan los rangos que se utilizaron para los parámetros en la calibración del modelo hidrológico.

Tabla 87. Rangos empleados para la calibración del modelo hidrológico

Parámetro	Rango	
	Mínimo	Máximo
Soil (%)	10	100
Groundwater 1 (%)	10	100
Groundwater 2 (%)	10	100
Max infitration (mm/h)	0	15
Impervious (%)	0	30
Soil Storage (mm)	10	100
Tension Storage (mm)	0	80
Soil Percolation (mm/h)	0	15
GW 1 Storage (mm)	10	100
GW 1 Percolation (mm/h)	0	15
GW 1 Coefficient (H)	0	200
GW 2 Storage (mm)	0	100
GW 2 Percolation (mm/h)	0	15
GW 2 Coefficient (h)	100	1500

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

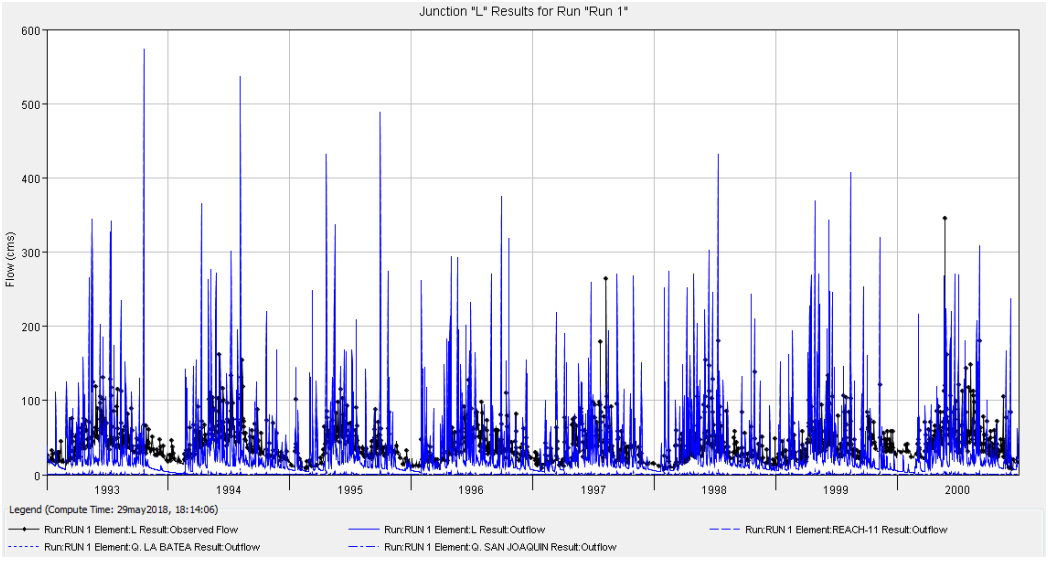
Calibración y validación del modelo de SMA en las estaciones

El modelo SMA fue calibrado en la estación Florencia en el período comprendido entre el año 1993 al 1996, la información utilizada son las estaciones con datos de precipitación para la calibración del modelo, teniendo en cuenta el análisis de la distribución de la precipitación en la cuenca y de la estación Macagual como representativa para la cuenca del río Hacha y con buena calidad de los registros. En el Anexo 13 se presentan los insumos del modelo hidrológico.

Los resultados del proceso de calibración muestran un muy buen ajuste entre los caudales simulados por el modelo y los caudales observados en el período seleccionado, los caudales máximos son levemente sobrestimados por el modelo, mientras que los caudales que son igualados o excedidos del 25% del tiempo en adelante muestran un muy buen ajuste.

El período de validación usado en la estación Florencia está comprendido entre el año 1996 y 2000. Los resultados corroboran los ajustes obtenidos en el período de calibración. Al igual que en la calibración, el desempeño del modelo fue bueno para los caudales que se exceden el 25% del tiempo en adelante, con coeficiente de Nash de 55.6% para la estación, sobre el río Hacha. En la Figura 89, se presenta la comparación de la serie y curva de duración de caudales simulada con respecto a la observada, para cada las dos estaciones.

Figura 89. Serie de caudales, observada y simulada en el proceso de validación del modelo. Estación Florencia.



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

A continuación, se muestran los parámetros calibrados para el modelo lluvia escorrentía para cada una de las subcuencas del río Hacha y para las microcuencas abastecedoras. Se aplicaron los mismos parámetros de la subcuenca donde se encuentra esta.

Tabla 88. Parámetros del modelo lluvia escorrentía por subcuenca

Subcuencas	Soil (%)	Groundwater 1 (%)	Groundwater 2 (%)	Max infiltration (mm/h)	Impervious (%)	Soil Storage (mm)	Tension Storage (mm)	Soil Percolation (mm/h)	GW 1 Storage (mm)	GW 1 Percolation (mm/h)	GW 1 Coefficient (H)	GW 2 Storage (mm)	GW 2 Percolation (mm/h)	GW 2 Coefficient (h)
Directos Parte Alta	30	20	10	4	0	90	75	4	70	3	100	60	5	20
Q. La Magola	30	20	10	4	0	90	75	4	70	3	100	60	5	20
Q. Tarqui	30	20	10	4	0	90	75	4	70	3	100	60	5	20
Q. La Ruidosa	30	20	10	4	0	90	75	4	70	3	100	60	5	20
Q. Portada	30	20	10	4	0	90	75	4	70	3	100	60	5	20
Q. Sucre	30	20	10	4	0	90	75	4	70	3	100	60	5	20
Quebrada NN	30	20	10	4	0	90	75	4	70	3	100	60	5	20
Q.Santa Elena	30	20	10	4	0	90	75	4	70	3	100	60	5	20
Q. La Revoltosa	30	20	10	4	0	90	75	4	70	3	100	60	5	20
Q. Berlin	30	20	10	4	0	90	75	4	70	3	100	60	5	20
Rio Carano	20	20	10	1.5	0	60	40	1	40	1	100	60	1	5
Q. El Paraiso	30	20	10	4	0	90	75	4	70	3	100	60	5	20

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Tabla 88 (Continuación). Parámetros del modelo lluvia escorrentía por subcuenca

Subcuencas	Soil (%)	Groundwater 1 (%)	Groundwater 2 (%)	Max infiltration (mm/h)	Impervious (%)	Soil Storage (mm)	Tension Storage (mm)	Soil Percolation (mm/h)	GW 1 Storage (mm)	GW 1 Percolation (mm/h)	GW 1 Coefficient (H)	GW 2 Storage (mm)	GW 2 Percolation (mm/h)	GW 2 Coefficient (h)
Q. Las Doradas	30	20	10	4	0	90	75	4	70	3	100	60	5	20
Q. Purgatorio	30	20	10	4	0	90	75	4	70	3	100	60	5	20
Q. Travesias	30	20	10	4	0	90	75	4	70	3	100	60	5	20
Q. La Paz	30	20	10	4	0	90	75	4	70	3	100	60	5	20
Q. Palmichal	30	20	10	4	0	90	75	4	70	3	100	60	5	20
Q. La Carbonera	30	20	10	4	0	90	75	4	70	3	100	60	5	20
Directos Parte Media	30	20	10	4	0	90	75	4	70	3	100	60	5	20
Q. La Sardina	30	20	10	4	0	90	75	4	70	3	100	60	5	20
Q. Arenosa	30	20	10	4	0	90	75	4	70	3	100	60	5	20
Q. La Perdiz	30	20	10	4	0	90	75	4	70	3	100	60	5	20
Q. La Yuca	30	20	10	4	0	90	75	4	70	3	100	60	5	20
Quebrada El Dedo	30	20	10	9	0	90	75	9	70	8	100	60	5	100
Q. La Batea	30	20	10	4	0	90	75	4	70	3	100	60	5	20
Q. San Joaquin	30	20	10	4	0	90	75	4	70	3	100	60	5	20
Directos Parte Baja	30	20	10	4	0	90	75	4	70	3	100	60	5	20

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Se realizó una calibración del modelo hidrológico de manera manual, en la cual se determinó la sensibilidad del modelo y de cada uno de los parámetros, donde el objetivo de la calibración es buscar un valor óptimo para cada parámetro. Por lo tanto, lo que se hizo, consistió en coger parámetro por parámetro, buscar un punto óptimo dentro del rango en el cual cada parámetro funciona mejor.

De acuerdo a la sensibilidad del modelo los parámetros más sensibles son Max infitration (mm/h) y GW 1 Percolation (mm/h). Siendo la GW 1 Percolation (mm/h) el parámetro más sensible.

A continuación, se explicará la influencia de cada paramento y su respectiva sensibilidad en el modelo.

Máxima infiltración: Es considerado uno de los parámetros más sensibles del modelo, debido a que entre menor sea este valor se genera mayor flujo superficial. Es el parámetro principal que tiene mayor influencia sobre el comportamiento de los picos de caudal en los datos simulados. Por las características del suelo en la cuenca del río Hacha, se estableció un rango entre 1 a 10.

GW 1 Percolation: La máxima capacidad de percolación del primer depósito es también uno de los parámetros más sensibles y significativos que influyen directamente sobre los picos más altos del flujo superficial. Debido a que pequeños cambios en este valor de parámetro, genera gran influencia sobre el valor de los caudales.

Simulación de caudales medios diarios

A partir de los parámetros calibrados con la estación Florencia, se simularon los caudales medios diarios en las subcuencas y microcuencas de la cuenca del río Hacha y con los datos de lluvias de la estación Macagual, la cual es la que mejor representa el régimen de caudales de la estación hidrológica. Cabe mencionar que la modelación se realiza hasta el año 2014, teniendo en cuenta que la información suministrada de precipitación a nivel diario fue hasta ese año.

Los resultados que se muestran a continuación corresponden a los datos mensuales de las series simuladas de caudales medios diarios que se muestran en el Anexo 14, donde se observar a manera de ejemplo el procedimiento de cálculo de los caudales medios, máximos y mínimos y además la figura de la curva de duración de caudales diarios para cada una de las subcuencas y microcuencas abastesedoras.

En la Tabla 89, se presentan los caudales medios mensuales y su rendimiento hídrico para la cuenca mayor y las subcuencas y en la Tabla 90 para las

microcuencas abastecedoras de los centros poblados. En el Anexo 13, se muestran los modelos hidrológicos.

Tabla 89. Caudales medios mensuales y rendimiento hídrico para las subcuencas (caudal m^3/s).

Subcuenca	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Caudal Medio	Rendimiento hídrico (l/s/km2)
4403-06-01	0.78	1.44	2.61	3.95	4.37	3.80	3.45	2.45	2.26	2.14	1.76	1.04	2.50	73.15
4403-06-02	0.18	0.31	0.56	0.84	0.93	0.81	0.74	0.52	0.48	0.46	0.38	0.23	0.54	73.59
4403-06-03	1.43	2.67	4.87	7.39	8.17	7.09	6.46	4.58	4.22	4.01	3.28	1.94	4.68	73.15
4403-06-04	0.34	0.60	1.09	1.64	1.82	1.58	1.44	1.02	0.94	0.89	0.73	0.43	1.04	73.31
4403-06-05	0.56	1.04	1.91	2.89	3.19	2.78	2.52	1.79	1.65	1.57	1.29	0.76	1.83	73.31
4403-06-06	0.27	0.48	0.88	1.33	1.47	1.28	1.16	0.82	0.76	0.72	0.59	0.35	0.84	73.18
4403-06-07	0.14	0.27	0.50	0.75	0.83	0.72	0.66	0.47	0.43	0.41	0.34	0.20	0.48	72.95
4403-06-08	0.71	1.21	2.16	3.52	3.91	3.30	3.01	2.08	1.96	1.84	1.55	0.86	2.18	53.64
4403-06-09	0.57	1.06	1.93	2.92	3.23	2.81	2.56	1.81	1.67	1.59	1.30	0.77	1.85	73.12
4403-06-10	3.75	4.39	6.30	9.49	10.96	10.41	10.18	8.37	7.88	7.26	6.31	4.53	7.48	105.69
4403-06-11	0.64	1.17	2.13	3.23	3.57	3.10	2.82	2.00	1.84	1.75	1.43	0.85	2.04	73.22
4403-06-12	1.36	2.54	4.62	7.01	7.74	6.73	6.12	4.34	4.00	3.80	3.11	1.84	4.43	73.14
4403-06-13	0.13	0.22	0.40	0.60	0.66	0.58	0.53	0.37	0.35	0.33	0.27	0.15	0.38	74.01
4403-06-14	0.59	1.07	1.95	2.95	3.26	2.83	2.58	1.82	1.69	1.60	1.31	0.77	1.87	73.12
4403-06-15	0.04	0.05	0.08	0.13	0.14	0.12	0.10	0.07	0.06	0.06	0.05	0.02	0.08	72.69
4403-06-16	0.09	0.15	0.26	0.39	0.44	0.38	0.35	0.25	0.23	0.21	0.17	0.09	0.25	74.59
4403-06-17	0.10	0.17	0.31	0.46	0.51	0.44	0.40	0.29	0.27	0.25	0.20	0.11	0.29	73.68
4403-06-18	0.06	0.08	0.13	0.20	0.22	0.19	0.17	0.12	0.10	0.10	0.08	0.04	0.12	74.54
4403-06-19	0.02	0.03	0.05	0.09	0.10	0.08	0.07	0.04	0.04	0.04	0.03	0.01	0.05	62.78
4403-06-20	0.08	0.15	0.28	0.42	0.46	0.40	0.37	0.26	0.24	0.23	0.18	0.10	0.26	73.10
4403-06-21	0.08	0.15	0.28	0.43	0.47	0.41	0.38	0.27	0.25	0.23	0.18	0.10	0.27	73.76
4403-06-22	0.05	0.09	0.17	0.25	0.28	0.25	0.22	0.15	0.14	0.13	0.10	0.05	0.16	71.87
4403-06-23	0.16	0.30	0.54	0.82	0.91	0.79	0.72	0.51	0.47	0.44	0.37	0.22	0.52	73.46
4403-06-24	0.38	0.67	1.21	1.83	2.02	1.75	1.60	1.13	1.04	0.99	0.81	0.48	1.16	73.25
4403-06-25	0.08	0.14	0.25	0.37	0.41	0.36	0.33	0.23	0.21	0.20	0.16	0.09	0.24	73.60
4403-06-26	0.15	0.26	0.47	0.71	0.78	0.68	0.62	0.44	0.40	0.38	0.32	0.19	0.45	74.11
4403-06-27	0.32	0.49	0.91	1.50	1.68	1.38	1.29	0.94	0.87	0.80	0.69	0.40	0.94	32.32

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Tabla 90. Caudales medios mensuales y rendimiento hídrico para las microcuencas abastecedoras (caudal m^3/s).

Microcuenca	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Caudal Medio	Rendimiento hídrico (l/s/km2)
4403-06	2.706	4.825	8.706	13.439	14.868	12.816	11.672	8.223	7.618	7.214	5.956	3.465	8.459	60.38
4403-06-02-01	0.031	0.052	0.095	0.143	0.158	0.137	0.124	0.088	0.081	0.077	0.064	0.038	0.091	73.59
4403-06-03-01	0.032	0.059	0.107	0.163	0.180	0.156	0.142	0.101	0.093	0.088	0.072	0.043	0.103	73.15
4403-06-03-02	0.006	0.011	0.021	0.031	0.034	0.030	0.027	0.019	0.018	0.017	0.014	0.008	0.020	73.15
4403-06-11-01	0.001	0.002	0.005	0.007	0.008	0.007	0.006	0.004	0.004	0.004	0.003	0.002	0.004	73.22
4403-06-12-01	1.269	2.369	4.315	6.544	7.231	6.285	5.718	4.053	3.737	3.547	2.906	1.718	4.141	73.14
4403-06-12-02	0.003	0.006	0.010	0.015	0.017	0.015	0.013	0.010	0.009	0.008	0.007	0.004	0.010	73.14
4403-06-12-03	0.005	0.010	0.018	0.027	0.029	0.026	0.023	0.016	0.015	0.014	0.012	0.007	0.017	73.14
4403-06-14-01	0.001	0.001	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	73.12
4403-06-14-02	6.700	12.196	22.169	33.527	37.029	32.187	29.276	20.729	19.161	18.176	14.888	8.785	21.235	73.12
4403-06-14-03	0.002	0.004	0.007	0.011	0.012	0.011	0.010	0.007	0.006	0.006	0.005	0.003	0.007	73.12
4403-06-14-04	0.001	0.002	0.004	0.006	0.007	0.006	0.006	0.004	0.004	0.003	0.003	0.002	0.004	73.12
4403-06-14-05	0.002	0.004	0.007	0.011	0.012	0.010	0.009	0.007	0.006	0.006	0.005	0.003	0.007	73.12
4403-06-27-01	0.189	0.287	0.530	0.875	0.981	0.807	0.754	0.550	0.509	0.464	0.403	0.230	0.548	32.32
4403-06-27-02	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	32.32
4403-06-27-03	0.039	0.059	0.109	0.180	0.202	0.166	0.155	0.113	0.105	0.095	0.083	0.047	0.113	32.32
4403-06-27-04	0.063	0.096	0.177	0.292	0.328	0.270	0.252	0.184	0.170	0.155	0.135	0.077	0.183	32.32
4403-06-27-05	0.008	0.013	0.023	0.038	0.043	0.035	0.033	0.024	0.022	0.020	0.018	0.010	0.024	32.32

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

El modelo hidrológico desarrollado del presente documento puede ser utilizado para las subcuencas que no tengan herramientas de planificación con mayor detalle de información o de mayor resolución elaborados por las corporaciones en el componente de hidrología.

Las salidas cartográficas rendimientos hídricos y de los caudales mínimos, medios y máximos a nivel mensual y anual de las subcuencas del río Hacha se encuentran ubicadas en la cartografía adjunta al diagnóstico (Ver Anexos Capitulo 11-SIG).

3.7.6.2 Cálculo de caudales mínimos. Con los resultados obtenidos mediante el modelo de SMA para cada una de las subcuencas y microcuencas abastecedoras de acueductos de centros poblados, se extrajeron los caudales mínimos para cada año y se realizó análisis de frecuencia para estos encontrándose para todos los casos que la función que ofrecía el mejor ajuste aplicando la prueba de bondad Chi Cuadrado.

En la Tabla 91, se muestran los caudales mínimos para diferentes períodos de retorno en la cuenca del río Hacha y las subcuencas y en la Tabla 93, se presenta para las microcuencas abastecedoras de centros poblados. En el Anexo 14 se demuestra el cálculo de caudales mínimos por subcuencas y microcuencas, donde se podrá observar la distribución utilizada dependiendo del resultado de la prueba de bondad, como así mismo los parámetros utilizados en dicha distribución.

Tabla 91. Caudales mínimos para diferentes períodos de retorno en las subcuencas del río Hacha. (Caudales m3/s)

Subcuencas	Tr (Caudales mínimos)									
	2	5	10	15	20	25	30	50	100	500
Directos Parte Baja	0.127	0.071	0.041	0.027	0.018	0.011	0.006	0.000	0.000	0.000
Quebrada La Batea	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Quebrada La Perdiz	0.220	0.132	0.087	0.065	0.052	0.042	0.034	0.015	0.000	0.000
Quebrada El Paraiso	0.056	0.019	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Quebrada Sucre	0.092	0.064	0.046	0.036	0.029	0.024	0.021	0.011	0.000	0.000
Quebrada Tarqui	0.036	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Quebrada La Ruidosa	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Directos Parte Alta	0.132	0.074	0.043	0.028	0.018	0.012	0.006	0.000	0.000	0.000
Quebrada La Magola	0.086	0.046	0.026	0.016	0.010	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000
Rio Caraño	1.952	1.418	1.102	0.934	0.822	0.738	0.671	0.493	0.268	0.000
Quebrada Las Doradas	0.091	0.042	0.019	0.008	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Quebrada La Yuca	0.213	0.127	0.082	0.060	0.045	0.035	0.027	0.006	0.000	0.000
Quebrada San Joaquín	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Directos Parte Media	0.086	0.046	0.026	0.016	0.010	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000
Quebrada Arenosa	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Quebrada Palmichal	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Quebrada La Paz	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Quebrada Purgatorio	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Quebrada Berlin	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Quebrada La Revoltosa	0.024	0.015	0.011	0.010	0.009	0.008	0.008	0.006	0.005	0.004
Quebrada Santa Elena	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Quebrada Portada	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Quebrada NN	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Quebrada Travesías	0.067	0.026	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Quebrada La Carbonera	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Quebrada La Sardina	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Quebrada El Dedo	0.067	0.026	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Tabla 92. Caudales mínimos para diferentes períodos de retorno para las microcuencas abastecedoras de centros poblados en la cuenca del río Hacha. (Caudales m^3/s)

Microcuencas	Tr (Caudales mínimos)									
	2	5	10	15	20	25	30	50	100	500
Rio Hacha	0.406	0.232	0.167	0.142	0.127	0.118	0.111	0.095	0.080	0.061
Quebrada San Joaquin	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Quebrada San Pablo	0.005	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002
La Molitona	0.023	0.015	0.011	0.009	0.008	0.007	0.007	0.005	0.003	0.001
Quebrada La Linda	0.026	0.016	0.011	0.009	0.008	0.007	0.006	0.004	0.002	0.000
Quebrada La Yuca	0.199	0.119	0.077	0.056	0.042	0.033	0.025	0.006	0.000	0.000
Quebrada Santa Barbara	0.025	0.016	0.012	0.009	0.008	0.007	0.006	0.005	0.003	0.000
Quebrada La Avispa	0.023	0.015	0.011	0.009	0.008	0.007	0.006	0.005	0.003	0.000
Quebrada La Esperanza	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Rio Hacha	0.975	0.465	0.175	0.026	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Quebrada la Martha	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Quebrada Lejanias	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Quebrada La Primavera	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Quebrada el Dedo	0.040	0.017	0.007	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Quebrada La Mona	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Quebrada El Dedo	0.017	0.012	0.009	0.008	0.007	0.007	0.006	0.005	0.004	0.002
Quebrada El Aguila	0.022	0.013	0.009	0.007	0.006	0.005	0.005	0.003	0.002	-0.001
Quebrada San Francisco	0.012	0.010	0.010	0.010	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.008

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.7.6.3 Cálculo de caudales máximos Los caudales máximos se calculan utilizando el modelo del U.S.S.C.S – United States Soil Conservation Service, el cual estima la escorrentía producida por una tormenta en una cuenca, con base en la relación que existe entre humedad antecedente del terreno y el complejo suelo - cobertura vegetal.

Este método ha sido diseñado para simular la escorrentía superficial en una corriente de agua en respuesta a un evento de precipitación como un sistema interconectado de componentes hidrológicas e hidráulicas. Cada componente se modela como un aspecto del proceso precipitación - escorrentía dentro de una porción de la hoya hidrográfica, comúnmente referida como una subcuenca.

Para analizar el comportamiento de la transformación lluvia escorrentía se aplica el modelo propuesto por el U.S.S.C.S, que se basa en la siguiente relación fundamental:

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{Pe}$$

Dónde:
F = Infiltración real.
S = Infiltración potencial.
Q = Escorrentía real.
Pe = Escorrentía potencial o exceso de precipitación.

Esta relación tiene validez a partir del momento en que se inicia la escorrentía. Toda la precipitación ocurrida antes del comienzo de la escorrentía se considera como pérdida (intercepción, no contribuye al flujo superficial).

Las pérdidas iniciales de la precipitación se denominan abstracciones iniciales (Ia), las cuales se calculan con la siguiente relación empírica:

$$Ia = 0.2S$$

Se tiene entonces que:

$$Pe = P - Ia \text{ y } F = Pe - Q$$

Sustituyendo en la relación inicial y despejando el valor de Q se obtiene la expresión:

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

El S.C.S. luego de analizar gran cantidad de hidrogramas de cuencas, encontró un procedimiento para calcular el valor de S con base en un parámetro llamado Número de Curva (CN), mediante la siguiente expresión:

$$S = \frac{2540}{CN} - 25.4$$

En donde S esta expresado en milímetros.

El valor de (CN) para cada condición de humedad antecedente es propio de cada cuenca y se obtiene con base en el tipo de suelo y la condición hidrológica, que es un indicador de la cobertura vegetal y de la capacidad de infiltración del suelo.

El CN corresponde con el número de curva de la metodología del Soil Conservation Service, de acuerdo con las diferentes referencias bibliográficas.

Los Números de curva para las cuencas analizadas en gran parte de su superficie se encuentran cubiertas por cultivos, zonas de pastoreo y algunos bosques

secundarios. Para el caso de zonas cultivadas, los números de curvas (CN) reportados por V.T. Chow (1994), presentan valores entre 55 y 78, valores cercanos a los de los bosques secundarios. Los Números de Curva de las subcuencas se presentan en la Tabla 93.

Dado que se tienen unas coberturas del suelo en la cuenca, tomando como referencia los valores de CN reportados por V.T. Chow (1994), a cada una de las coberturas existentes se les asigna un valor de CN y el mismo se pondera para cada una de las subcuencas.

Tabla 93. Cálculo del Números de curva, tiempo para las subcuencas

SUBCUENCA	PORCENTAJE DE ÁREAS EN LAS SUBCUENCAS						NÚMERO DE CURVA	
	Cultivos, zonas de pastoreo	CN	Bosques secundarios	CN	Tejido urbano consolidado	CN	Ponderado (CN)	Adoptado (CN)
Quebrada El Dedo	73.0	62	24.5	55		78	58.7	60
Quebrada La Yuca	77.0	62	17.4	55		78	57.3	60
Quebrada La Carbona	69.0	62	27.6	55		78	57.9	60
Quebrada Travesías	80.0	62	19.7	55		78	60.4	60
Quebrada Las Doradas	74.0	62	20.6	55		78	57.2	60
Rio Caraño	60.0	62	39.9	55		78	59.2	60
Quebrada La Magola	75.0	62	25.0	55		78	60.3	60
Quebrada La Ruidosa	76.9	62	23.4	55		78	60.5	60
Quebrada Tarqui	83.0	62	12.8	55		78	58.5	60
Quebrada Sucre	76.0	62	21.0	55		78	58.7	60
Quebrada Santa Elena	68.0	62	30.4	55		78	58.9	60
Quebrada La Revoltosa	77.0	62	17.7	55		78	57.5	60
Quebrada El Paraíso	70.0	62	28.4	55		78	59.0	60
Quebrada La Paz	57.0	62	40.7	55		78	57.7	60
Quebrada Palmichal	68.0	62	25.9	55		78	56.4	60
Quebrada La Perdiz	61.0	62	15.0	55	24.0	78	64.8	65
Quebrada La Batea	35.0	62	32.9	55	32.1	78	64.8	65
Quebrada San Joaquín	64.0	62	7.0	55	29.0	78	66.2	65
Quebrada Portada	73.0	62	24.4	55		78	58.7	60
Quebrada Berlín	68.0	62	37.9	55		78	63.0	60
Quebrada Purgatorio	60.0	62	38.8	55		78	58.5	60
Quebrada Arenosa	61.0	62	26.2	55		78	52.2	60
Quebrada La Sardina	82.0	62	17.0	55		78	60.2	60
Quebrada NN	84.0	62	7.0	55		78	55.9	60
Río Hacha							59.3	61

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Según las caracterizaciones de campo y la información secundaria, las características de los tipos de suelos que se presentan en la cuenca en estudio.

Para estimar la escorrentía máxima se aplicó el hidrograma unitario sintético propuesto por el S.C.S., cuya forma está definida por las siguientes ecuaciones:

$$q_P = \frac{0{,}2083 * A * E}{T_P}$$

$$T_P = \frac{D}{2} + T_L$$

$$T_L = \frac{100 L^{0.80} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.70}}{1900 Y^{0.50}}$$

Dónde:

qp = Caudal pico unitario, en m^3/s por cada milímetro de escorrentía.
A = Área de drenaje, en km^2.
TP = Tiempo al pico, en horas.
D =Duración de la lluvia efectiva o duración del hidrograma unitario, en horas.
TL = Tiempo de retardo de la cuenca, en horas.
tb = Tiempo base del hidrograma unitario.
E = Escurrimiento unitario, en este estudio E = 1 mm.
L Longitud del cauce principal
CN: Número de curva
Y: Pendiente promedio del terreno de la cuenca.

En la Tabla 94, se presentan los cálculos de los caudales empleando el método del SCS para los diferentes periodos de retorno, en las distintas subcuencas y en la salida de la cuenca del río Hacha. En la Tabla 95, se encuentran los valores para las microcuencas abastecedoras. En el anexo 15 se presenta el modelo lluvias escorrentía para eventos máximos con diferentes periodos de retorno.

Tabla 94. Caudales máximos estimados para las subcuencas (m^3/s)

Subcuenca	Tr 2 años	Tr 5 años	Tr 10 años	Tr 25 años	Tr 30 años	Tr 50 años	Tr 100 años	Tr 500 años
Directos Parte Baja	42.1	72.7	93.3	116.9	121.2	132.7	147.4	178.5
Quebrada La Batea	11.6	18.6	22.8	27.6	28.4	30.8	33.8	40.0
Quebrada La Perdiz	42.9	69.7	85.9	104.4	107.8	116.9	128.5	152.8
Quebrada El Paraíso	12.1	21.2	26.8	33.3	34.5	37.8	41.9	50.7
Quebrada Sucre	20.2	35.3	44.7	55.6	57.6	63.0	69.9	84.6
Quebrada Tarqui	11.1	19.4	24.5	30.5	31.6	34.6	38.4	46.4
Quebrada La Ruidosa	6.4	11.3	14.3	17.8	18.4	20.1	22.4	27.0
Directos Parte Alta	48.9	82.7	106.1	133.1	138.1	151.3	168.4	204.6
Quebrada La Magola	20.5	35.8	45.3	56.3	58.3	63.8	70.8	85.6
Rio Caraño	39.5	69.6	88.2	109.8	113.8	124.6	138.4	167.7
Quebrada Las Doradas	20.0	35.0	44.3	55.1	57.1	62.4	69.3	83.8
Quebrada La Yuca	30.7	54.2	68.7	85.6	88.7	97.2	108.0	130.9
Quebrada San Joaquín	7.4	11.9	14.7	17.8	18.3	19.9	21.8	25.8
Directos Parte Media	29.7	50.9	63.9	79.7	82.7	90.6	100.8	122.4
Quebrada Arenosa	1.3	2.2	2.9	3.6	3.7	4.1	4.5	5.5
Quebrada Palmichal	3.7	6.5	8.2	10.1	10.5	11.5	12.7	15.4
Quebrada La Paz	4.3	7.5	9.5	11.8	12.2	13.4	14.8	17.9
Quebrada Purgatorio	2.0	3.5	4.4	5.5	5.7	6.3	7.0	8.5
Quebrada Berlin	1.0	1.7	2.1	2.7	2.8	3.0	3.4	4.1
Quebrada La Revoltosa	4.0	7.0	8.8	11.0	11.3	12.4	13.8	16.6
Quebrada Santa Elena	4.1	7.2	9.0	11.2	11.6	12.7	14.1	17.0
Quebrada Portada	2.6	4.5	5.7	7.1	7.4	8.1	9.0	10.9
Quebrada NN	7.6	13.3	16.8	20.8	21.6	23.6	26.2	31.6
Quebrada Travesías	12.8	22.4	28.4	35.3	36.5	40.0	44.4	53.6
Quebrada La Carbonera	3.3	5.7	7.3	9.0	9.3	10.2	11.3	13.7
Quebrada La Sardina	6.3	11.1	14.0	17.4	18.0	19.7	21.8	26.4
Quebrada El Dedo	19.5	34.2	43.3	53.8	55.8	61.1	67.8	82.0

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Tabla 95. Caudales extremos estimados para las microcuencas abastecedoras de la Cuenca del Río Hacha (m^3/s)

Microcuenca	Tr 2 años	Tr 5 años	Tr 10 años	Tr 25 años	Tr 30 años	Tr 50 años	Tr 100 años	Tr 500 años
Rio Hacha	102.9	179.4	228.5	285.7	296.3	324.7	361.1	437.4
Quebrada San Joaquin	2.0	3.1	3.9	4.7	4.8	5.2	5.7	6.8
Quebrada San Pablo	0.9	1.5	1.9	2.3	2.4	2.6	2.8	3.4
La Molitona	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6
Quebrada La Linda	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
Quebrada La Yuca	28.7	50.6	64.2	79.9	82.8	90.8	100.8	122.2
Quebrada Santa Bárbara	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3
Quebrada La Avispa	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5
Quebrada La Esperanza	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Rio Hacha	337.6	578.5	726.3	905.9	940.0	1029.8	1145.7	1391.2
Quebrada la Martha	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5
Quebrada Lejanias	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3
Quebrada La Primavera	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4
Quebrada el Dedo	11.4	19.9	25.2	31.4	32.5	35.6	39.5	47.8
Quebrada La Mona	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Quebrada El Dedo	2.3	4.1	5.2	6.5	6.7	7.3	8.1	9.8
Quebrada El Aguila	3.8	6.7	8.4	10.5	10.9	11.9	13.2	16.0
Quebrada San Francisco	0.5	0.9	1.1	1.4	1.4	1.6	1.7	2.1

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

3.7.7 Estimación de caudales

De acuerdo con el Decreto 1076 de 2015, se define como: “Volumen de agua necesario en términos de calidad, cantidad, duración y estacionalidad para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos y para el desarrollo de las actividades socioeconómicas de los usuarios aguas abajo de la fuente de la cual dependen tales ecosistemas”.

Para la estimación del caudal ambiental se emplearán las 3 metodologías presentadas en el documento "Guía técnica para la formulación de planes de ordenamiento del recurso Hídrico". Estas metodologías se presentan a continuación:

3.7.7.1 Métodos para la estimación de caudales ambientales

- **Metodología 1: Resolución 865 de 2004**. Propone considerar como caudal ambiental el valor máximo de caudal ecológico obtenido mediante la aplicación de los siguientes tres métodos:

  - ✓ Mínimo histórico: corresponde al caudal promedio multianual que permanece el 97,5% del tiempo, obtenido de la curva de duración de la serie de caudales medios diarios, para el periodo de análisis, por medio de la aplicación del percentil 0,975.

  - ✓ Porcentaje de descuento: este representa el 25% del caudal mensual multianual más bajo de la corriente de estudio (*IDEAM, 2010*).

  - ✓ Reducción por caudal ambiental: esta aproximación corresponde al 25% del caudal medio multianual en condiciones de oferta media.

- **Metodología 2: Método basado en el índice de retención y regulación hídrica.** La segunda metodología para la determinación del caudal ambiental, según el *Estudio Nacional del Agua -ENA (IDEAM, 2010)*, corresponde al 85% o 75% según el valor del Índice de Retención Hidráulica –IRH, obtenido de la curva de duración de caudales medios y su intersección con la recta de caudal promedio multianual. Cuando el IRH obtenido sea inferior a 0,7, el caudal ambiental será el 75% del caudal medio diario multianual, pero para valores de IRH superiores a 0,7 el caudal ambiental será el 85% del caudal medio diario multianual.

- **Metodología 3: Cálculo de Q95 y 7Q10 para condiciones secas, húmedas y neutrales.** Por último, la tercera metodología propone que el caudal ambiental debe ser hallado aplicando los métodos 7Q10 y Q95 (*ANLA, 2013*).

Para la aplicación del 7Q10, propuesto por Chiang y Johnson (1976), es recomendable utilizar las series de caudales mínimos diarios, pero dado que esta información no se encuentra usualmente disponible, se emplea la serie completa de caudales medios diarios, obtenida para cada caso de estudio, tras la aplicación del modelo SMA, sin discriminar por año o condición hidrológica. La información es promediada por semana para cada año perteneciente al periodo de registro, empleando una ventana móvil en Excel. Los promedios semanales son ordenados para obtener el valor mínimo semanal de cada año, con lo que se obtiene la serie

anual de excedencias. Finalmente, a la serie construida se le realiza un análisis de frecuencias de eventos mínimos que es ajustada a la función de probabilidad empírica. El valor del índice 7Q10 de cada caso será el caudal correspondiente al periodo de retorno de 10 años.

Por su parte, el Q95 es evaluado por condición hidrológica según la clasificación del ONI, como se describe en la Tabla 9.6. En cada uno de los casos se tomó, para los 12 meses de cada año, el caudal medio generado de toda la serie, obteniendo así 36 grupos (tres condiciones hidrológicas por 12 meses). A la serie de cada mes por condición hidrológica se le determinó el percentil 95, resultando 36 valores de Q95 para cada uno de las subcuencas y microcuencas.

Finalmente, el caudal ambiental por el método 7Q10-Q95 es el que se obtiene del valor máximo entre los 12 valores del 7Q10 y los 36 de Q95. En el anexo 6, se presentan el cálculo de los caudales ambientales para cada uno de las metodologías, adicionalmente se puede observar los parámetros de las distribuciones.

3.7.7.2 Valores de Caudales Ambientales de acuerdo a cada Metodología

Una vez aplicadas todas las metodologías se obtienen los caudales ambientales para las subcuencas y microcuencas estudiadas, los cuales se pueden observar desde la Tabla 96 a la Tabla 103

Tabla 96. Caudales ambientales para las subcuencas aplicando las metodologías 1 y 2 (Caudal m3/s)

CÓDIGO	SUBCUENCAS	METODOLOGÍA 1	METODOLOGÍA 2
4403-06-01	Directos Parte Baja	0.63	0.50
4403-06-02	Quebrada La Batea	0.13	0.10
4403-06-03	Quebrada La Perdiz	1.17	0.90
4403-06-04	Quebrada El Paraíso	0.26	0.20
4403-06-05	Quebrada Sucre	0.46	0.40
4403-06-06	Quebrada Tarqui	0.21	0.20
4403-06-07	Quebrada La Ruidosa	0.12	0.10
4403-06-08	Directos Parte Alta	0.54	0.40
4403-06-09	Quebrada La Magola	0.46	0.40
4403-06-10	Rio Caraño	1.87	3.50
4403-06-11	Quebrada Las Doradas	0.51	0.40
4403-06-12	Quebrada La Yuca	1.11	0.90
4403-06-13	Quebrada San Joaquín	0.10	0.10
4403-06-14	Directos Parte Media	0.47	0.40
4403-06-15	Quebrada Arenosa	0.02	0.00
4403-06-16	Quebrada Palmichal	0.06	0.10

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 96 (Continuación). Caudales ambientales para las subcuencas aplicando las metodologías 1 y 2 (Caudal m3/s).

CÓDIGO	SUBCUENCAS	METODOLOGÍA 1	METODOLOGÍA 2
4403-06-17	Quebrada La Paz	0.07	0.10
4403-06-18	Quebrada Purgatorio	0.03	0.00
4403-06-19	Quebrada Berlín	0.01	0.00
4403-06-20	Quebrada La Revoltosa	0.07	0.10
4403-06-21	Quebrada Santa Elena	0.07	0.10
4403-06-22	Quebrada Portada	0.04	0.00
4403-06-23	Quebrada NN	0.13	0.10
4403-06-24	Quebrada Travesías	0.29	0.20
4403-06-25	Quebrada La Carbonera	0.06	0.00
4403-06-26	Quebrada La Sardina	0.11	0.10
4403-06-27	Quebrada El Dedo	0.24	0.20

Tabla 97. Caudales ambientales para las microcuencas aplicando las metodologías 1 y 2 (Caudal l/s).

CÓDIGO	MICROCUENCAS	METODOLOGÍA 1	METODOLOGÍA 2
4403-06	Rio Hacha	2.11	1.70
4403-06-02-01	Quebrada San Joaquín	0.02	0.02
4403-06-03-01	Quebrada San Pablo	0.03	0.02
4403-06-03-02	La Molitona	0.001	0.001
4403-06-11-01	Quebrada La Linda	0.001	0.001
4403-06-12-01	Quebrada La Yuca	1.04	0.84
4403-06-12-02	Quebrada Santa Bárbara	0.001	0.001
4403-06-12-03	Quebrada La Avispa	0.001	0.001
4403-06-14-01	Quebrada La Esperanza	0.001	0.001
4403-06-14-02	Rio Hacha	5.31	4.55
4403-06-14-03	Quebrada la Martha	0.001	0.001
4403-06-14-04	Quebrada Lejanías	0.001	0.001
4403-06-14-05	Quebrada La Primavera	0.001	0.001
4403-06-27-01	Quebrada el Dedo	0.14	0.12
4403-06-27-02	Quebrada La Mona	0.001	0.001
4403-06-27-03	Quebrada El Dedo	0.03	0.02
4403-06-27-04	Quebrada El Águila	0.05	0.04
4403-06-27-05	Quebrada San Francisco	0.01	0.01

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 98. Caudales ambientales para las subcuencas en condición hidrológica El Niño, metodología 3.

SUBCUENCAS	CAUDALES AMBIENTALES PARA CONDICIÓN HIDROLÓGICA EL NIÑO, METODOLOGÍA 3 (CAUDALES EN M3/S)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Directos Parte Baja	0.07	0.20	0.40	0.51	0.63	0.91	0.82	0.60	0.41	0.32	0.17	0.12
Quebrada La Batea	0.00	0.00	0.10	0.10	0.13	0.20	0.17	0.10	0.10	0.07	0.05	0.02
Quebrada La Perdiz	0.15	0.30	0.70	1.01	1.18	1.71	1.53	1.10	0.75	0.59	0.32	0.24
Quebrada El Paraiso	0.03	0.10	0.20	0.21	0.27	0.38	0.34	0.20	0.20	0.14	0.06	0.06
Quebrada Sucre	0.05	0.10	0.30	0.41	0.46	0.67	0.60	0.40	0.30	0.23	0.14	0.08
Quebrada Tarqui	0.01	0.10	0.10	0.20	0.21	0.30	0.28	0.20	0.12	0.10	0.06	0.05
Quebrada La Ruidosa	0.00	0.00	0.10	0.10	0.12	0.20	0.15	0.10	0.10	0.08	0.04	0.00
Directos Parte Alta	0.08	0.20	0.30	0.40	0.60	0.70	0.70	0.60	0.41	0.35	0.26	0.15
Quebrada La Magola	0.05	0.10	0.30	0.41	0.46	0.68	0.61	0.40	0.30	0.23	0.14	0.08
Rio Caraño	1.46	1.80	2.40	2.80	3.59	4.46	5.00	5.00	4.12	3.54	2.89	2.09
Quebrada Las Doradas	0.05	0.10	0.30	0.41	0.52	0.75	0.67	0.50	0.33	0.25	0.14	0.10
Quebrada La Yuca	0.14	0.30	0.70	0.91	1.12	1.62	1.45	1.03	0.71	0.56	0.30	0.23
Quebrada San Joaquín	0.00	0.00	0.10	0.10	0.11	0.14	0.12	0.10	0.10	0.06	0.02	0.00
Directos Parte Media	0.05	0.10	0.30	0.41	0.46	0.69	0.61	0.40	0.30	0.23	0.14	0.08
Quebrada Arenosa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01
Quebrada Palmichal	0.01	0.00	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.01	0.01	0.00	0.01
Quebrada La Paz	0.01	0.00	0.00	0.10	0.10	0.11	0.10	0.10	0.04	0.02	0.00	0.01
Quebrada Purgatorio	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
Quebrada Berlin	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Quebrada La Revoltosa	0.01	0.00	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.02	0.01	0.00	0.01
Quebrada Santa Elena	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.02	0.01	0.00	0.01
Quebrada Portada	0.01	0.00	0.00	0.01	0.03	0.10	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
Quebrada NN	0.01	0.00	0.10	0.10	0.13	0.20	0.16	0.10	0.10	0.07	0.05	0.01
Quebrada Travesías	0.04	0.10	0.20	0.21	0.30	0.42	0.38	0.30	0.20	0.16	0.08	0.06
Quebrada La Carbonera	0.00	0.00	0.00	0.01	0.10	0.10	0.10	0.10	0.01	0.01	0.00	0.01
Quebrada La Sardina	0.00	0.00	0.10	0.10	0.11	0.16	0.14	0.10	0.10	0.07	0.03	0.00
Quebrada El Dedo	0.03	0.10	0.20	0.21	0.33	0.40	0.36	0.30	0.20	0.16	0.10	0.05

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 99. Caudales ambientales para las microcuencas en condición hidrológica El Niño, metodología 3.

MICROCUENCAS	CAUDALES AMBIENTALES PARA CONDICIÓN HIDROLÓGICA EL NIÑO, METODOLOGÍA 3 (CAUDALES EN M3/S)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Rio Hacha	0.305	0.600	1.300	1.905	2.192	3.017	2.690	2.100	1.403	1.160	0.722	0.484
Quebrada San Joaquin	0.011	0.004	0.017	0.017	0.022	0.034	0.028	0.017	0.017	0.014	0.011	0.007
Quebrada San Pablo	0.006	0.007	0.015	0.022	0.026	0.038	0.034	0.024	0.016	0.013	0.007	0.005
La Molitona	0.011	0.001	0.003	0.004	0.005	0.007	0.006	0.005	0.003	0.002	0.001	0.001
Quebrada La Linda	0.012	0.011	0.010	0.011	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.011	0.010	0.010
Quebrada La Yuca	0.127	0.280	0.654	0.850	1.047	1.511	1.356	0.957	0.659	0.521	0.280	0.215
Quebrada Santa Barbara	0.012	0.012	0.011	0.013	0.015	0.012	0.003	0.002	0.012	0.001	0.001	0.011
Quebrada La Avispa	0.014	0.011	0.011	0.012	0.004	0.016	0.016	0.013	0.012	0.012	0.011	0.011
Quebrada La Esperanza	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.011	0.011	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Rio Hacha	0.544	1.137	3.410	4.603	5.275	7.810	6.928	4.547	3.413	2.600	1.591	0.928
Quebrada la Martha	0.000	0.009	0.001	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000
Quebrada Lejanias	0.010	0.010	0.010	0.010	0.011	0.011	0.001	0.001	0.011	0.010	0.010	0.010
Quebrada La Primavera	0.010	0.010	0.010	0.011	0.012	0.013	0.002	0.001	0.001	0.001	0.010	0.010
Quebrada el Dedo	0.028	0.058	0.117	0.119	0.194	0.243	0.212	0.175	0.117	0.091	0.065	0.040
Quebrada La Mona	0.009	0.009	0.000	0.010	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.010
Quebrada El Dedo	0.010	0.012	0.024	0.025	0.040	0.048	0.044	0.036	0.024	0.019	0.021	0.016
Quebrada El Aguila	0.010	0.019	0.039	0.040	0.065	0.078	0.071	0.058	0.039	0.031	0.028	0.020
Quebrada San Francisco	0.011	0.010	0.011	0.014	0.019	0.020	0.019	0.016	0.015	0.014	0.012	0.011

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 100. Caudales ambientales para las subcuencas en condición hidrológica Neutra, metodología 3.

SUBCUENCAS	CAUDALES AMBIENTALES PARA CONDICIÓN HIDROLÓGICA NEUTRA, METODOLOGÍA 3 (CAUDALES EN M3/S)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Directos Parte Baja	0.10	0.03	0.10	0.41	0.70	0.91	0.82	0.50	0.41	0.40	0.30	0.20
Quebrada La Batea	0.00	0.00	0.02	0.10	0.13	0.20	0.17	0.10	0.10	0.10	0.10	0.02
Quebrada La Perdiz	0.15	0.10	0.24	0.81	1.30	1.71	1.53	0.90	0.80	0.80	0.60	0.30
Quebrada El Paraiso	0.03	0.00	0.02	0.20	0.30	0.38	0.34	0.20	0.20	0.20	0.10	0.10
Quebrada Sucre	0.10	0.05	0.10	0.30	0.50	0.67	0.60	0.34	0.30	0.30	0.20	0.10
Quebrada Tarqui	0.01	0.00	0.04	0.11	0.21	0.30	0.28	0.20	0.12	0.20	0.10	0.10
Quebrada La Ruidosa	0.00	0.00	0.01	0.10	0.12	0.17	0.15	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
Directos Parte Alta	0.10	0.10	0.14	0.40	0.60	0.70	0.60	0.50	0.41	0.40	0.40	0.20
Quebrada La Magola	0.10	0.05	0.10	0.30	0.50	0.68	0.61	0.40	0.30	0.30	0.20	0.10
Rio Caraño	1.90	1.29	1.40	2.50	3.90	4.46	4.56	4.69	4.12	3.70	3.50	2.90
Quebrada Las Doradas	0.10	0.03	0.10	0.40	0.60	0.75	0.67	0.40	0.33	0.40	0.30	0.10

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 100 (Continuación). Caudales ambientales para las subcuencas en condición hidrológica Neutra, metodología 3

SUBCUENCAS	CAUDALES AMBIENTALES PARA CONDICIÓN HIDROLÓGICA NEUTRA, METODOLOGÍA 3 (CAUDALES EN M3/S)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Quebrada La Yuca	0.14	0.10	0.10	0.80	1.20	1.62	1.45	0.83	0.71	0.80	0.60	0.30
Quebrada San Joaquín	0.00	0.00	0.00	0.10	0.11	0.14	0.12	0.10	0.10	0.10	0.02	0.00
Directos Parte Media	0.10	0.05	0.10	0.30	0.50	0.69	0.61	0.40	0.30	0.30	0.20	0.10
Quebrada Arenosa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01
Quebrada Palmichal	0.01	0.00	0.00	0.02	0.10	0.10	0.10	0.04	0.01	0.01	0.00	0.01
Quebrada La Paz	0.01	0.00	0.00	0.10	0.10	0.11	0.10	0.10	0.04	0.10	0.00	0.01
Quebrada Purgatorio	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
Quebrada Berlin	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Quebrada La Revoltosa	0.01	0.00	0.00	0.02	0.10	0.10	0.10	0.10	0.02	0.01	0.00	0.01
Quebrada Santa Elena	0.00	0.00	0.00	0.02	0.10	0.10	0.10	0.10	0.02	0.01	0.00	0.01
Quebrada Portada	0.01	0.00	0.00	0.01	0.03	0.06	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
Quebrada NN	0.01	0.00	0.01	0.10	0.13	0.20	0.16	0.10	0.10	0.10	0.10	0.01
Quebrada Travesías	0.04	0.00	0.01	0.20	0.30	0.42	0.38	0.21	0.20	0.20	0.10	0.10
Quebrada La Carbonera	0.00	0.00	0.00	0.01	0.10	0.10	0.10	0.03	0.01	0.01	0.00	0.01
Quebrada La Sardina	0.00	0.00	0.01	0.10	0.11	0.16	0.14	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
Quebrada El Dedo	0.03	0.02	0.05	0.20	0.33	0.40	0.36	0.23	0.20	0.20	0.20	0.10

Tabla 101. Caudales ambientales para las microcuencas en condición hidrológica Neutra, metodología 3.

MICROCUENCAS	CAUDALES AMBIENTALES PARA CONDICIÓN HIDROLÓGICA NEUTRA, METODOLOGÍA 3 (CAUDALES EN M3/S)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Rio Hacha	0.305	0.200	0.300	1.600	2.400	3.017	2.690	1.709	1.500	1.600	1.200	0.600
Quebrada San Joaquin	0.011	0.004	0.004	0.017	0.022	0.034	0.028	0.017	0.017	0.017	0.017	0.007
Quebrada San Pablo	0.006	0.002	0.005	0.018	0.029	0.038	0.034	0.020	0.018	0.018	0.013	0.007
La Molitona	0.011	0.000	0.001	0.003	0.005	0.007	0.006	0.004	0.003	0.003	0.003	0.001
Quebrada La Linda	0.012	0.011	0.010	0.011	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.011	0.010	0.010
Quebrada La Yuca	0.127	0.093	0.093	0.747	1.121	1.511	1.356	0.771	0.659	0.747	0.560	0.280
Quebrada Santa Barbara	0.012	0.012	0.011	0.013	0.015	0.012	0.003	0.002	0.012	0.002	0.001	0.011
Quebrada La Avispa	0.014	0.011	0.011	0.012	0.005	0.016	0.016	0.013	0.012	0.012	0.011	0.011
Quebrada La Esperanza	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.011	0.011	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Rio Hacha	1.137	0.519	1.144	3.410	5.683	7.810	6.928	4.547	3.413	3.410	2.273	1.137
Quebrada la Martha	0.000	0.009	0.000	0.001	0.002	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000
Quebrada Lejanias	0.010	0.010	0.010	0.010	0.011	0.011	0.001	0.001	0.011	0.010	0.010	0.010
Quebrada La Primavera	0.010	0.010	0.010	0.011	0.012	0.013	0.002	0.001	0.001	0.001	0.010	0.010
Quebrada el Dedo	0.028	0.016	0.037	0.117	0.194	0.243	0.212	0.132	0.117	0.117	0.117	0.058
Quebrada La Mona	0.009	0.009	0.000	0.010	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.010
Quebrada El Dedo	0.010	0.010	0.010	0.024	0.040	0.048	0.044	0.027	0.024	0.024	0.024	0.016
Quebrada El Aguila	0.010	0.013	0.019	0.040	0.065	0.078	0.071	0.044	0.039	0.039	0.039	0.020
Quebrada San Francisco	0.011	0.010	0.011	0.014	0.019	0.020	0.019	0.016	0.015	0.014	0.012	0.011

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 102. Caudales ambientales para las subcuencas en condición hidrológica La Niña, metodología 3.

SUBCUENCAS	CAUDALES AMBIENTALES PARA CONDICIÓN HIDROLÓGICA LA NIÑA, METODOLOGÍA 3 (CAUDALES EN M3/S)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Directos Parte Baja	0.100	0.100	0.100	0.246	0.770	0.911	0.817	0.469	0.405	0.400	0.300	0.200
Quebrada La Batea	0.000	0.000	0.017	0.074	0.170	0.193	0.165	0.100	0.100	0.100	0.100	0.016
Quebrada La Perdiz	0.200	0.200	0.239	0.404	1.440	1.713	1.532	0.878	0.800	0.700	0.500	0.400
Quebrada El Paraiso	0.100	0.000	0.015	0.084	0.300	0.379	0.342	0.200	0.200	0.136	0.100	0.100
Quebrada Sucre	0.100	0.100	0.100	0.151	0.570	0.670	0.596	0.340	0.300	0.300	0.200	0.200
Quebrada Tarqui	0.009	0.000	0.041	0.068	0.270	0.299	0.275	0.150	0.121	0.100	0.100	0.100
Quebrada La Ruidosa	0.000	0.000	0.007	0.049	0.116	0.170	0.149	0.100	0.100	0.100	0.100	0.001
Directos Parte Alta	0.190	0.100	0.141	0.281	0.562	0.622	0.700	0.500	0.414	0.400	0.300	0.200
Quebrada La Magola	0.100	0.100	0.104	0.157	0.570	0.679	0.607	0.342	0.300	0.300	0.200	0.200
Rio Caraño	2.000	1.500	1.500	1.868	3.593	4.460	5.300	4.800	4.123	3.600	3.200	2.400
Quebrada Las Doradas	0.100	0.100	0.105	0.196	0.570	0.747	0.665	0.400	0.325	0.300	0.200	0.200
Quebrada La Yuca	0.200	0.200	0.200	0.422	1.340	1.618	1.452	0.826	0.706	0.600	0.500	0.400
Quebrada San Joaquín	0.000	0.000	0.000	0.028	0.110	0.136	0.124	0.100	0.100	0.100	0.018	0.000
Directos Parte Media	0.100	0.100	0.103	0.162	0.570	0.687	0.609	0.343	0.300	0.300	0.200	0.200
Quebrada Arenosa	0.000	0.000	0.000	0.000	0.026	0.023	0.019	0.023	0.018	0.017	0.032	0.010
Quebrada Palmichal	0.011	0.000	0.000	0.019	0.100	0.100	0.100	0.040	0.014	0.007	0.000	0.011
Quebrada La Paz	0.013	0.000	0.000	0.020	0.100	0.112	0.100	0.100	0.036	0.019	0.000	0.010
Quebrada Purgatorio	0.011	0.004	0.000	0.014	0.016	0.030	0.023	0.004	0.007	0.007	0.010	0.010
Quebrada Berlin	0.010	0.005	0.004	0.004	0.002	0.011	0.006	0.010	0.012	0.010	0.010	0.010
Quebrada La Revoltosa	0.011	0.000	0.000	0.020	0.100	0.100	0.100	0.046	0.017	0.007	0.000	0.010
Quebrada Santa Elena	0.004	0.000	0.000	0.022	0.100	0.100	0.100	0.054	0.018	0.009	0.000	0.006
Quebrada Portada	0.013	0.000	0.003	0.006	0.070	0.058	0.044	0.008	0.001	0.003	0.004	0.011
Quebrada NN	0.009	0.001	0.013	0.048	0.170	0.190	0.158	0.100	0.100	0.100	0.100	0.014
Quebrada Travesías	0.100	0.000	0.009	0.087	0.370	0.420	0.379	0.214	0.200	0.200	0.100	0.100
Quebrada La Carbonera	0.000	0.000	0.000	0.013	0.100	0.100	0.100	0.030	0.007	0.005	0.001	0.010
Quebrada La Sardina	0.000	0.000	0.014	0.044	0.115	0.161	0.141	0.100	0.100	0.100	0.100	0.001
Quebrada El Dedo	0.100	0.019	0.051	0.157	0.332	0.400	0.400	0.226	0.200	0.200	0.200	0.100

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 103. Caudales ambientales para las microcuencas en condición hidrológica La Niña, metodología 3.

MICROCUENCAS	CAUDALES AMBIENTALES PARA CONDICIÓN HIDROLÓGICA LA NIÑA, METODOLOGÍA 3 (CAUDALES EN M3/S)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Rio Hacha	0.500	0.300	0.390	0.756	2.370	3.017	2.690	1.709	1.500	1.300	1.100	0.800
Quebrada San Joaquín	0.011	0.004	0.004	0.010	0.029	0.033	0.028	0.017	0.017	0.017	0.017	0.007
Quebrada San Pablo	0.006	0.004	0.005	0.009	0.032	0.038	0.034	0.019	0.018	0.015	0.011	0.009
La Molitona	0.011	0.001	0.001	0.002	0.006	0.007	0.006	0.004	0.003	0.003	0.002	0.002
Quebrada La Linda	0.012	0.011	0.010	0.011	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.011	0.010	0.010
Quebrada La Yuca	0.187	0.187	0.187	0.394	1.251	1.511	1.356	0.771	0.659	0.560	0.467	0.374
Quebrada Santa Bárbara	0.012	0.012	0.011	0.013	0.015	0.012	0.003	0.002	0.012	0.001	0.001	0.011
Quebrada La Avispa	0.014	0.011	0.011	0.012	0.005	0.016	0.016	0.013	0.012	0.012	0.011	0.011
Quebrada La Esperanza	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.011	0.011	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Rio Hacha	1.137	1.137	1.144	1.838	6.479	7.810	6.928	3.897	3.413	3.410	2.273	2.273
Quebrada la Martha	0.000	0.009	0.000	0.001	0.002	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Quebrada Lejanías	0.010	0.010	0.010	0.010	0.011	0.011	0.001	0.001	0.011	0.010	0.010	0.010
Quebrada La Primavera	0.010	0.010	0.010	0.011	0.012	0.013	0.002	0.001	0.001	0.001	0.010	0.010
Quebrada el Dedo	0.058	0.016	0.037	0.101	0.194	0.243	0.233	0.132	0.117	0.117	0.117	0.058
Quebrada La Mona	0.009	0.009	0.000	0.010	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.010
Quebrada El Dedo	0.012	0.010	0.010	0.021	0.040	0.048	0.048	0.027	0.024	0.024	0.024	0.016
Quebrada El Águila	0.019	0.013	0.019	0.040	0.065	0.078	0.078	0.044	0.039	0.039	0.039	0.020
Quebrada San Francisco	0.011	0.010	0.011	0.014	0.019	0.020	0.019	0.016	0.015	0.014	0.012	0.011

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

Para la estimación del caudal ambiental esta consultoría aplicó para el presente documento la metodología de la Resolución 865 de 2004 (Metodología 1), ya que es la condición más crítica obtenida entre las tres metodologías planteadas. Cabe mencionar que las corporaciones están libres de emplear la metodología más apropiada y específica para cada subcuenca, de acuerdo a los estudios detallados realizados por la CAR.

3.7.8 Estimación de la oferta hídrica

Para la estimación de la oferta hídrica se calculó para cada condición hidrológica media como se muestra en el ENA (2014), a partir de los caudales medios mensuales multianuales calculados en el numeral 3.7.6.1.

En la Tabla 104 y

Tabla 105, se presenta la oferta hídrica disponible para condiciones medias en las subcuencas y microcuencas respectivamente.

Tabla 104. Oferta disponible para las subcuencas del río Hacha (caudal en m3/s).

SUBCUENCA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Directos Parte Baja	0.15	0.81	1.99	3.33	3.75	3.17	2.83	1.82	1.63	1.52	1.13	0.41
Quebrada La Batea	0.05	0.18	0.43	0.71	0.80	0.68	0.60	0.39	0.35	0.32	0.24	0.09
Quebrada La Perdiz	0.26	1.50	3.70	6.22	7.00	5.92	5.29	3.41	3.05	2.84	2.11	0.77
Quebrada El Paraíso	0.08	0.34	0.82	1.38	1.56	1.32	1.18	0.76	0.68	0.63	0.47	0.17
Quebrada Sucre	0.10	0.59	1.45	2.43	2.74	2.32	2.07	1.33	1.19	1.11	0.83	0.30
Quebrada Tarqui	0.06	0.27	0.67	1.12	1.26	1.07	0.95	0.61	0.55	0.51	0.38	0.14
Quebrada La Ruidosa	0.02	0.15	0.38	0.63	0.71	0.60	0.54	0.35	0.31	0.29	0.22	0.08
Directos Parte Alta	0.16	0.66	1.61	2.98	3.37	2.75	2.47	1.54	1.41	1.29	1.01	0.32
Quebrada La Magola	0.11	0.59	1.47	2.46	2.77	2.35	2.09	1.35	1.21	1.12	0.84	0.30
Rio Caraño	1.88	2.52	4.43	7.62	9.09	8.54	8.30	6.50	6.01	5.38	4.44	2.65
Quebrada Las Doradas	0.13	0.66	1.62	2.72	3.06	2.59	2.31	1.49	1.33	1.24	0.92	0.34
Quebrada La Yuca	0.25	1.43	3.51	5.90	6.63	5.62	5.01	3.23	2.89	2.69	2.00	0.73
Quebrada San Joaquín	0.03	0.12	0.30	0.51	0.57	0.48	0.43	0.28	0.25	0.24	0.18	0.06
Directos Parte Media	0.12	0.61	1.48	2.48	2.79	2.36	2.11	1.36	1.22	1.13	0.84	0.31
Quebrada Arenosa	0.03	0.03	0.06	0.11	0.12	0.10	0.09	0.05	0.04	0.04	0.03	0.00
Quebrada Palmichal	0.03	0.08	0.20	0.33	0.37	0.32	0.28	0.19	0.17	0.15	0.10	0.03
Quebrada La Paz	0.03	0.10	0.24	0.39	0.44	0.37	0.33	0.22	0.20	0.18	0.13	0.04
Quebrada Purgatorio	0.03	0.05	0.10	0.17	0.19	0.16	0.14	0.09	0.07	0.07	0.05	0.01
Quebrada Berlín	0.01	0.02	0.04	0.07	0.08	0.06	0.06	0.03	0.03	0.03	0.02	0.00
Quebrada La Revoltosa	0.01	0.08	0.21	0.35	0.40	0.33	0.30	0.20	0.18	0.16	0.11	0.03
Quebrada Santa Elena	0.01	0.08	0.21	0.36	0.41	0.35	0.31	0.20	0.18	0.16	0.12	0.03
Quebrada Portada	0.01	0.05	0.13	0.21	0.24	0.21	0.19	0.12	0.10	0.09	0.06	0.02
Quebrada NN	0.03	0.17	0.41	0.69	0.78	0.66	0.59	0.38	0.34	0.31	0.24	0.09
Quebrada Travesías	0.09	0.38	0.92	1.54	1.73	1.46	1.31	0.84	0.75	0.70	0.52	0.19
Quebrada La Carbonera	0.02	0.08	0.19	0.31	0.35	0.30	0.27	0.17	0.15	0.14	0.10	0.03
Quebrada La Sardina	0.04	0.15	0.36	0.60	0.67	0.57	0.50	0.32	0.29	0.27	0.21	0.08
Quebrada El Dedo	0.09	0.26	0.67	1.27	1.45	1.15	1.06	0.71	0.64	0.56	0.46	0.16

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Tabla 105. Oferta disponible para las microcuencas abastecedoras del río Hacha (caudal en m^3/s).

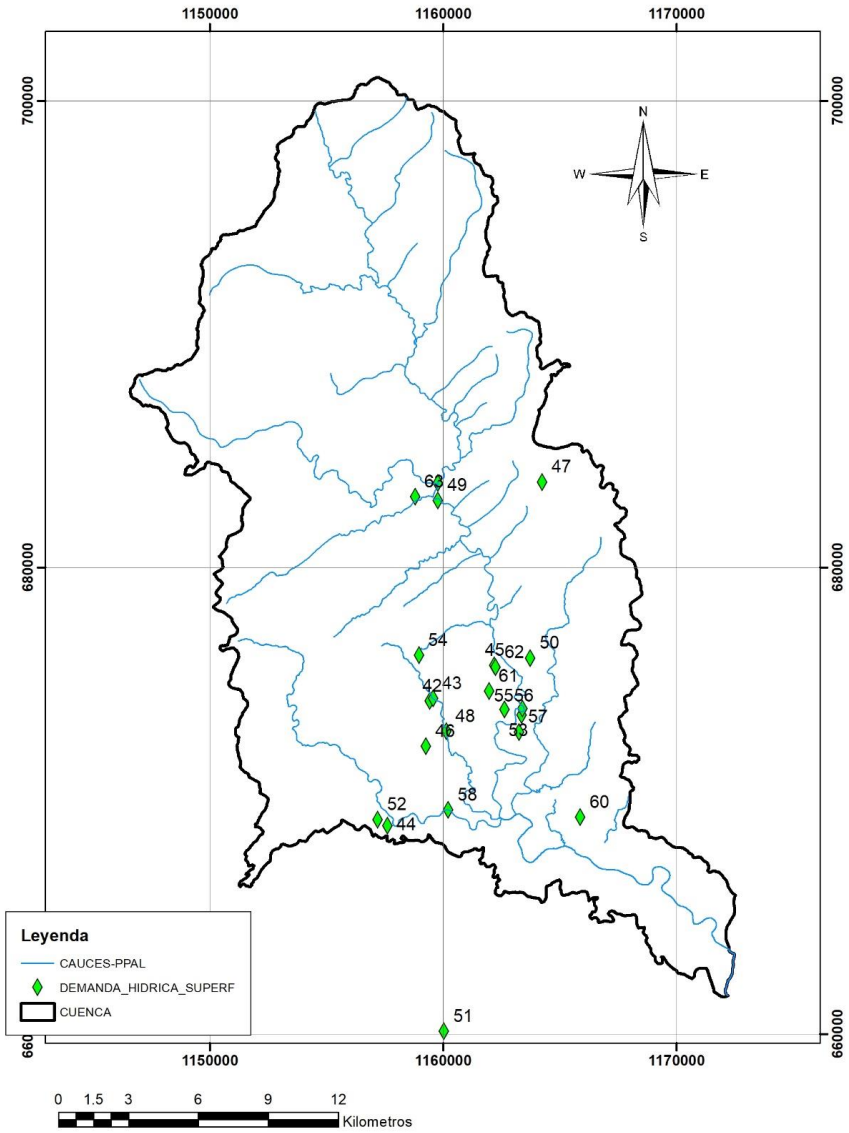
MICROCUENCA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Rio Hacha	0.591	2.711	6.592	11.325	12.753	10.701	9.557	6.108	5.503	5.099	3.841	1.350
Quebrada San Joaquín	0.008	0.030	0.072	0.120	0.135	0.114	0.102	0.065	0.059	0.054	0.041	0.016
Quebrada San Pablo	0.006	0.033	0.082	0.137	0.154	0.130	0.116	0.075	0.067	0.062	0.047	0.017
La Molitona	0.001	0.006	0.016	0.026	0.030	0.025	0.022	0.014	0.013	0.012	0.009	0.003
Quebrada La Linda	0.000	0.001	0.003	0.006	0.006	0.005	0.005	0.003	0.003	0.003	0.002	0.001
Quebrada La Yuca	0.234	1.333	3.280	5.509	6.195	5.250	4.683	3.018	2.702	2.512	1.871	0.683
Quebrada Santa Bárbara	0.001	0.003	0.008	0.013	0.015	0.012	0.011	0.007	0.006	0.006	0.004	0.002
Quebrada La Avispa	0.001	0.005	0.013	0.022	0.025	0.021	0.019	0.012	0.011	0.010	0.008	0.003
Quebrada La Esperanza	0.000	0.001	0.002	0.003	0.003	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000
Rio Hacha	1.391	6.888	16.860	28.218	31.720	26.878	23.967	15.420	13.852	12.867	9.579	3.476
Quebrada la Martha	0.000	0.002	0.006	0.009	0.011	0.009	0.008	0.005	0.005	0.004	0.003	0.001
Quebrada Lejanias	0.000	0.001	0.003	0.005	0.006	0.005	0.005	0.003	0.003	0.002	0.002	0.001
Quebrada La Primavera	0.000	0.002	0.005	0.009	0.010	0.009	0.008	0.005	0.004	0.004	0.003	0.001
Quebrada el Dedo	0.052	0.150	0.393	0.738	0.844	0.670	0.617	0.413	0.372	0.327	0.266	0.093
Quebrada La Mona	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Quebrada El Dedo	0.011	0.031	0.081	0.152	0.174	0.138	0.127	0.085	0.077	0.067	0.055	0.019
Quebrada El Águila	0.017	0.050	0.131	0.247	0.282	0.224	0.206	0.138	0.124	0.109	0.089	0.031
Quebrada San Francisco	0.002	0.007	0.017	0.032	0.037	0.029	0.027	0.018	0.016	0.014	0.012	0.004

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.7.9 Estimación de la demanda

3.7.9.1 Demanda Sectorial. La metodología empleada para la estimación de la demanda hídrica sectorial y total para la cuenca del río Hacha parte de la información recopilada en estudios anteriores y de una base de datos de las concesiones de agua proporcionadas por Corpoamazonia. En la Figura 90, se muestra la ubicación espacial de cada una de las concesiones que fueron suministradas.

Figura 90. Localización de las captaciones de acuerdo a la demanda hídrica sectorial en la cuenca del río Hacha



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

En la Tabla 105 y la Gráfica 49, se puede observar las concesiones de agua solicitada para las microcuencas abastecedoras, pero la mayoría son para uso doméstico tanto urbano como rural, industrial Porcícola y Piscícola, Uso Industrial y recreativo.

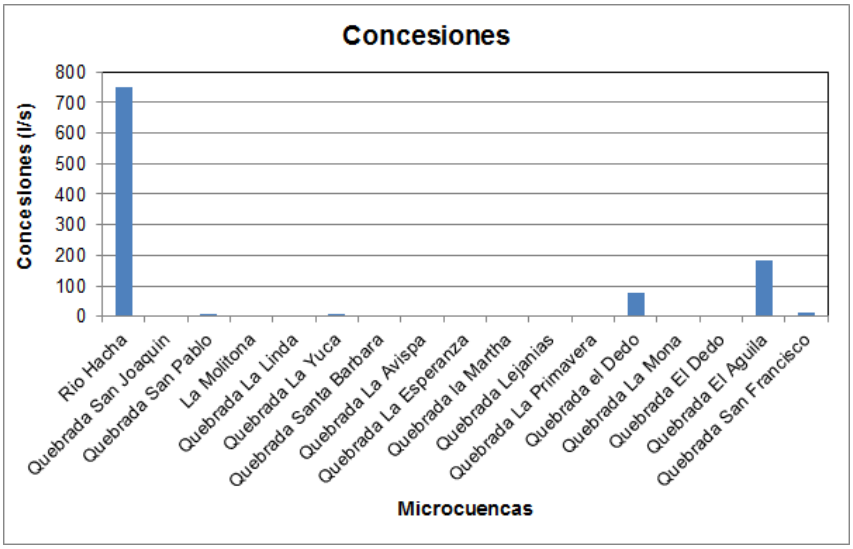
Tabla 106. Concesiones en cada subcuenca de la cuenca del río Hacha

SUBCUENCA	CÓDIGO	DEMANDA DE AGUA (L/S)
Rio Hacha	4403-06	750.0
Quebrada El Águila	4403-06-27-04	182.0
Quebrada el Dedo	4403-06-27-01	78.0
Quebrada La Avispa	4403-06-12-03	5.8
Quebrada San Francisco	4403-06-27-05	14.1

Quebrada San Pablo	4403-06-03-01	7.0
Quebrada El Dedo	4403-06-27-03	5.0
La Molitona	4403-06-03-02	3.0
Quebrada Santa Bárbara	4403-06-12-02	1.0
Quebrada La Esperanza	4403-06-14-01	5.0
Quebrada La Mona	4403-06-27-02	1.3
Quebrada La Primavera	4403-06-14-05	0.0
Quebrada La Yuca	4403-06-12-01	10.0
Quebrada San Joaquín	4403-06-02-01	5.0
Quebrada Lejanías	4403-06-14-04	1.5
Quebrada la Martha	4403-06-14-03	1.9
Quebrada La Linda	4403-06-11-01	1.0
	Total (l/s)	**1071.6**

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

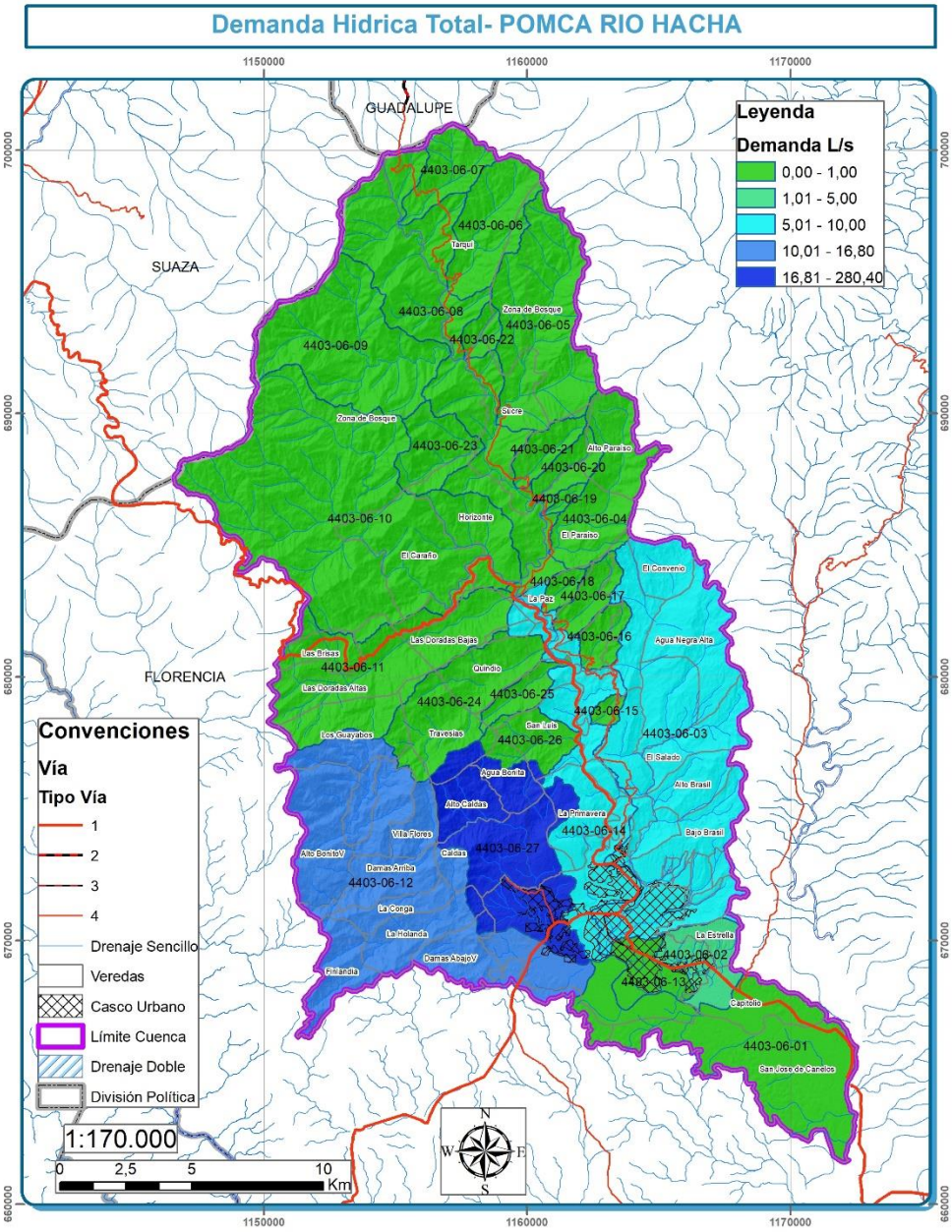
Gráfica 49. Concesiones en cada subcuenca de la cuenca del río Hacha.



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

Los grandes consumidores de recurso hídrico de uso doméstico son los acueductos de los mayores centros poblados en la cuenca, como el casco urbano del municipio de Florencia con un total 750 l/s concesionados, sobre el cauce principal del río Hacha. En la Figura 91, se presenta la distribución espacial de la demanda total reportada por subcuencas en los registros de concesiones de aguas superficiales.

Figura 91. Distribución de la demanda total.



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

3.7.9.2 Demanda potencial. El cálculo de la demanda potencial se realizó a partir de la información secundaria disponible en su momento, de acuerdo con la información consignada en las concesiones de agua emitidas por CORPOAMAZONIA, se tiene un registro de 22 puntos de captación de agua superficial, las cuales se presentaron en la Tabla 83, de las cuales se establecieron las demandas para cada una de las subcuencas abastecedoras y se clasifican de acuerdo a su uso (Tabla 107).

Tabla 107. Demanda potencial de la cuenca del río Hacha

SUBCUENCA	DEMANDA DE AGUA (LPS)	TIPO DE USO
Rio Hacha	750.0	Uso Doméstico
Quebrada El Águila	182.0	Uso Doméstico
Quebrada El Dedo	78.0	Uso Doméstico
Quebrada La Avispa	5.8	Uso Doméstico
Quebrada San Francisco	14.1	Uso Doméstico
Quebrada San Pablo	7.0	Uso Doméstico
Quebrada El Dedo	5.0	Uso Doméstico
La Molitona	3.0	Piscícola
Quebrada Santa Bárbara	1.0	Piscícola
Quebrada La Esperanza	5.0	Porcícola y Piscícola
Quebrada La Mona	1.3	Piscícola
Quebrada La Primavera	0.01	Uso Industrial
Quebrada La Yuca	10.0	Uso Industrial
Quebrada San Joaquín	5.0	Uso Industrial
Quebrada Lejanías	1.5	Uso recreativo
Quebrada La Martha	1.9	Uso recreativo
Quebrada La Linda	1.0	Uso recreativo

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

De lo anterior se aprecia que las quebradas La Mona y La Esperanza, son fuentes hídricas en las que los valores concesionados están por encima de la oferta hídrica, lo que sugiere una alta presión sobre el recurso en estas dos microcuencas. Condiciones similares ocurren en las quebradas El Águila y El Dedo, en las cuales se capta el agua por parte de la empresa de servicios SERVAF.

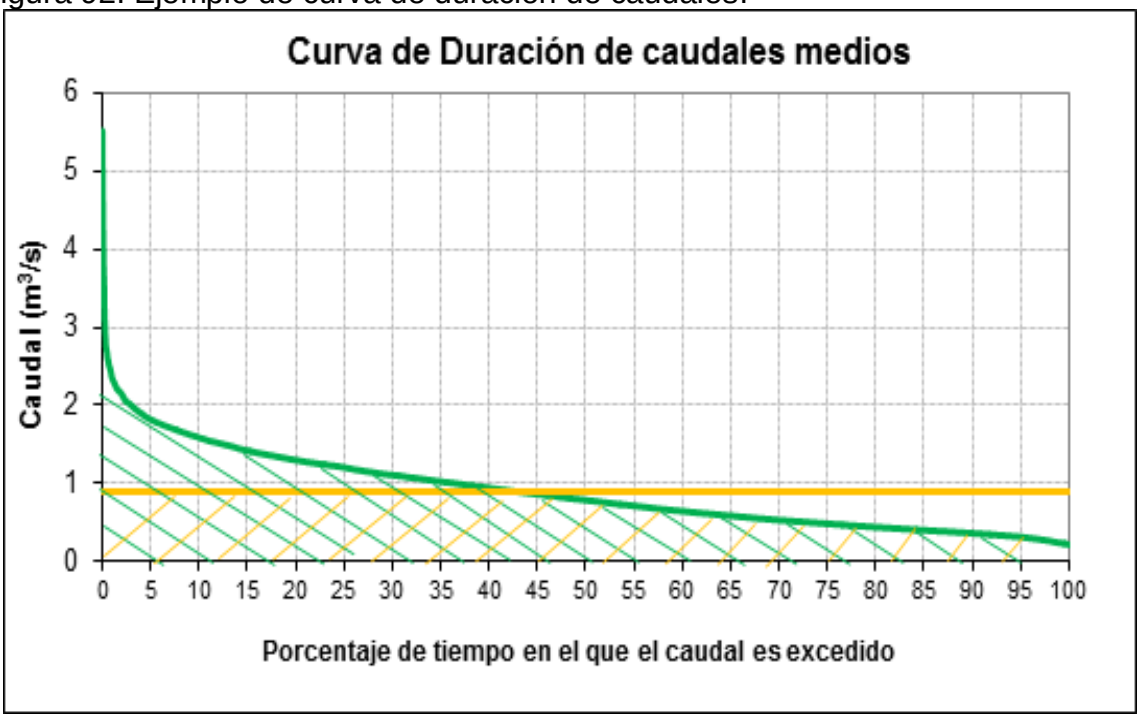
3.7.10 Indicadores de estado del recurso hídrico

3.7.10.1 Índice de retención y regulación hídrica (IRH). Mide la capacidad de la cuenca para mantener un régimen de caudales, la interpretación se presenta en la Tabla 108. Se calcula a partir de la curva de duración de caudales medios diarios, según la ecuación (IDEAM, 2010).

La curva de duración de caudales sintetiza las características y la interacción de las condiciones geomorfológicas, geológicas, del suelo, de la vegetación y el clima.

Como se mencionó anteriormente la obtención de este indicador se basa fundamentalmente en la curva de duración de caudales medios diarios para las estaciones que se seleccionen. Su estimación resulta de la relación entre el volumen representado por el área que se encuentra por debajo de la línea del caudal medio y el correspondiente al área total bajo la curva de duración de caudales diarios.

Figura 92. Ejemplo de curva de duración de caudales.



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

La expresión matemática de cálculo es la siguiente:

$$IRH=VP/Vt$$

Dónde:
IRH: Índice de retención y regulación hídrica

VP: Volumen representado por el área que se encuentra por debajo del caudal medio (achurado amarillo)

Vt: Volumen total representado por el área bajo la curva de duración de caudales diarios (achurado verde)

Los valores obtenidos con la estimación del IRH se agrupan en rangos para facilitar las comparaciones, a cada rango se le asigna una calificación cualitativa, que corresponde a la descripción que se refleja en la Tabla 108.

Tabla 108. Índice de Regulación Hídrica – IRH

RANGOS DE VALORES DEL INDICADOR	CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
> 0,85	Muy alta	Muy alta retención y regulación de humedad
0,75 – 0,85	Alta	Alta retención y regulación de humedad
0,65 – 0,75	Moderada	Media retención y regulación de humedad media
0,50 – 0,65	Baja	Baja retención y regulación de humedad
< 0,50	Muy Baja	Muy baja retención y regulación de humedad

Fuente (Estudio Nacional del Agua, 2010)

El IRH mide la capacidad de retención de humedad de las cuencas con base en la distribución de las series de frecuencias acumuladas (curvas de duración) de los caudales diarios. Este índice se mueve en el rango entre 0 y 1, siendo los valores más bajos los que se interpretan como de menor regulación.

En la Tabla 109 y

Tabla 110 se muestran los resultados y categorización del IRH, para la cuenca del río Hacha, las subcuencas y microcuencas abastecedoras de centros poblados. Los valores de caudal bajo la curva, el caudal medio (Vp) y el volumen total (Vt), se obtuvieron de las curvas de duración, tal como lo establece la guía del IDEAM. En el Anexo 14 se presentan las curvas de duración de caudales medios diarios simulados las cuales son obtenidas del modelo hidrológico empleado para cada una de las subcuencas y microcuencas abastecedoras de centros poblados.

Tabla 109. Resultados del Índice de retención y regulación hídrica en las subcuenca.

CÓDIGO	SUBCUENCAS	IRH	CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
4403-06-01	Directos Parte Baja	0.531	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-02	Quebrada La Batea	0.532	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-03	Quebrada La Perdiz	0.530	Baja	Baja retención y regulación de humedad

CÓDIGO	SUBCUENCAS	IRH	CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
4403-06-04	Quebrada El Paraíso	0.532	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-05	Quebrada Sucre	0.530	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-06	Quebrada Tarqui	0.530	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-07	Quebrada La Ruidosa	0.530	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-08	Directos Parte Alta	0.437	Muy Baja	Muy baja retención y regulación de humedad
4403-06-09	Quebrada La Magola	0.530	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-10	Rio Caraño	0.661	Moderada	Media retención y regulación de humedad media
4403-06-11	Quebrada Las Doradas	0.531	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-12	Quebrada La Yuca	0.530	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-13	Quebrada San Joaquín	0.531	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-14	Directos Parte Media	0.531	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-15	Quebrada Arenosa	0.415	Muy Baja	Muy baja retención y regulación de humedad
4403-06-16	Quebrada Palmichal	0.523	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-17	Quebrada La Paz	0.527	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-18	Quebrada Purgatorio	0.495	Muy Baja	Muy baja retención y regulación de humedad
4403-06-19	Quebrada Berlín	0.304	Muy Baja	Muy baja retención y regulación de humedad
4403-06-20	Quebrada La Revoltosa	0.524	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-21	Quebrada Santa Elena	0.524	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-22	Quebrada Portada	0.503	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-23	Quebrada NN	0.531	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-24	Quebrada Travesías	0.532	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-25	Quebrada La Carbonera	0.521	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-26	Quebrada La Sardina	0.531	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-27	Quebrada El Dedo	0.524	Baja	Baja retención y regulación de humedad

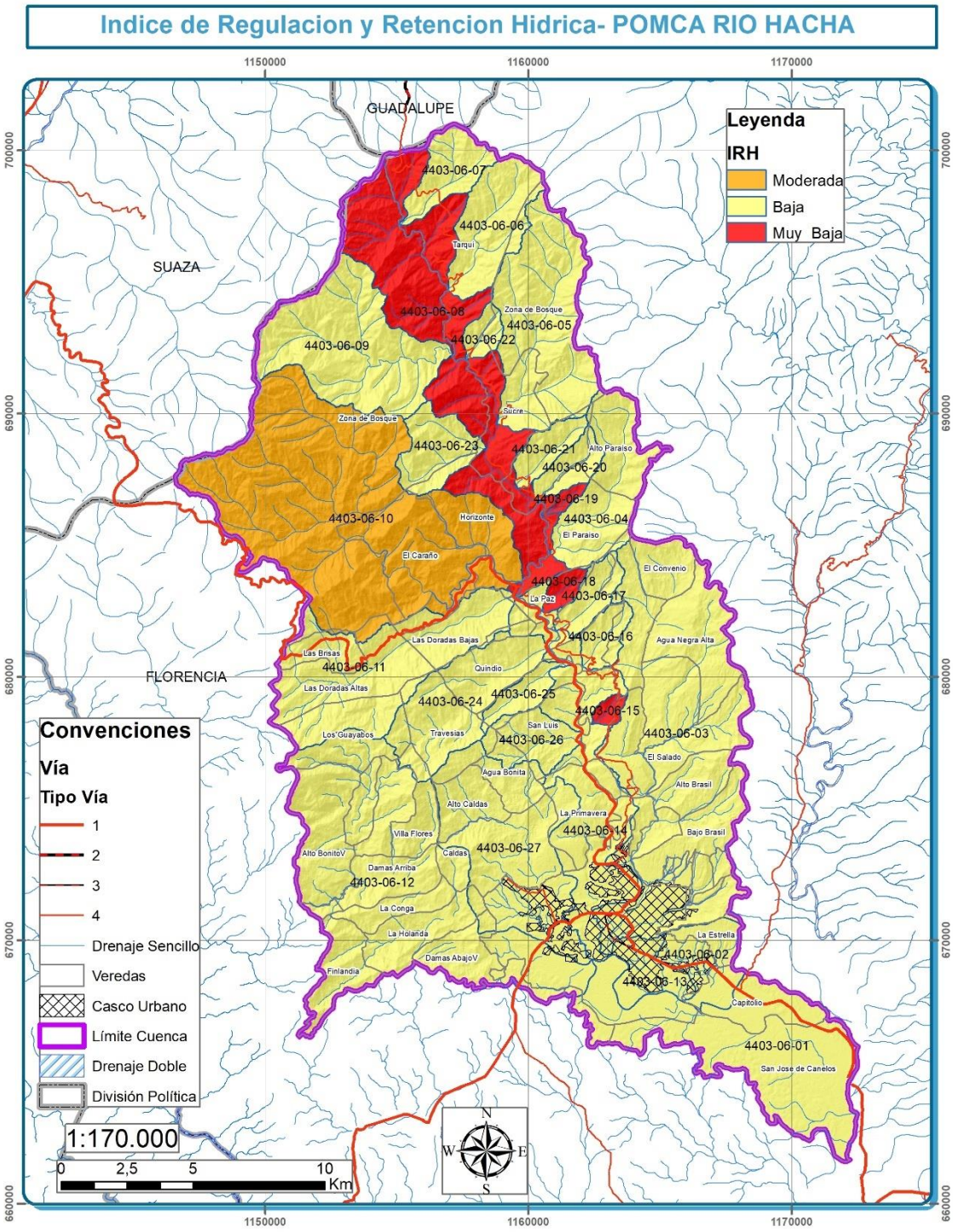
Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 110. Resultados del Índice de retención y regulación hídrica en las microcuenca.

CÓDIGO	MICROCUENCAS	IRH	CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
4403-06	Rio Hacha	0.509	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-02-01	Quebrada San Joaquín	0.532	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-03-01	Quebrada San Pablo	0.530	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-03-02	La Molitona	0.530	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-11-01	Quebrada La Linda	0.531	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-12-01	Quebrada La Yuca	0.530	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-12-02	Quebrada Santa Bárbara	0.530	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-12-03	Quebrada La Avispa	0.530	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-14-01	Quebrada La Esperanza	0.531	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-14-02	Rio Hacha	0.531	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-14-03	Quebrada la Martha	0.531	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-14-04	Quebrada Lejanias	0.531	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-14-05	Quebrada La Primavera	0.531	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-27-01	Quebrada el Dedo	0.524	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-27-02	Quebrada La Mona	0.524	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-27-03	Quebrada El Dedo	0.524	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-27-04	Quebrada El Aguila	0.524	Baja	Baja retención y regulación de humedad
4403-06-27-05	Quebrada San Francisco	0.524	Baja	Baja retención y regulación de humedad

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016.

Figura 93. Indice de regulación Hídrica



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.7.10.2 Índice de uso del agua (IUA). Cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores usuarios, en un período determinado (anual, mensual) y unidad espacial de análisis (área, zona, subzona, etc.) en relación con la oferta hídrico superficial disponible para las mismas unidades de tiempo y espaciales.

En sentido estricto el indicador debería considerar la oferta hídrica superficial y subterránea en forma unitaria. Sin embargo, mientras se tienen avances en la conceptualización sobre la oferta de agua subterránea, se debe seguir considerando solamente la oferta hídrica superficial.

Relación porcentual de la demanda de agua en relación a la oferta hídrica disponible.

$$IUA = \left(\frac{Dh}{Oh}\right) * 100$$

Dónde:

Dh: Demanda hídrica sectorial
Oh: Oferta hídrica superficial disponible (esta última resulta de la cuantificación de la oferta hídrica natural sustrayendo la oferta correspondiente al caudal ambiental.
Dh= Σ$(volumen\ de\ agua\ extraída\ para\ usos\ sectoriales\ en\ un\ período\ determinado)$

$$Dh=Ch+Csp+Csm+Css+Cea+Ce+Ca+Aenc$$

Donde

Dh: Demanda hídrica
Ch: Consumo humano o doméstico
Csp: Consumo del sector agrícola
Csm: Consumo del sector industrial
Css: Consumo del sector de servicios
Ce: Consumo del sector energía
Ca: Consumo del sector acuícola
$Aenc$: Agua extraída no consumida

$$Oh=Ohtotal - OQamb$$

Dónde:

$Ohtotal$: es el volumen total de agua superficial en una unidad de análisis espacial y temporal determinada.

$OQamb$: es el volumen de agua correspondiente al caudal ambiental en la misma unidad de análisis espacial y de tiempo de la oferta total.

El cálculo de la oferta hídrica natural disponible se realiza para condiciones hidrológicas medias y secas con base en las series de caudales medios mensuales y anuales. Las condiciones secas corresponden al año típico seco, construido a partir de la metodología de los caudales ambientales $7Q_{10}$.

En la Tabla 111, se representan los rangos y categorías del índice de uso del agua.

Tabla 111. Rangos y categorías del Índice de uso del agua (IUA).

Rango (Dh/Oh)*100 IUA	Categoría IUA	Significado
>50	Muy alta	La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible
20,01 – 50	Alto	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible
10,01 – 20	Moderado	La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible
1 – 10	Bajo	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible
≤ 1	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible

Fuente: Estudio Nacional del Agua, 2010.

Este indicador se calculó para las subcuencas que fueron delimitadas según la zona de estudio. Para el desarrollo de este indicador se tiene en cuenta, la demanda hídrica y la oferta hídrica superficial disponible en las áreas de estudio.

En la Tabla 112 y Tabla 113, se presenta el índice de uso del agua para la cuenca y subcuencas del río Hacha, para condiciones hidrológicas secas y medias. Según la definición anterior, si el IUA sobrepasa el 20%, deben iniciarse programas de ordenamiento y de conservación de cuencas, a fin de hacer sostenible el recurso hídrico, evitar situaciones que afecten el abastecimiento de agua y prevenir futuras crisis. Teniendo en cuenta lo anterior, varias subcuencas y microcuencas abastecedoras de centros poblados se encuentran en este rango, con valores de IUA en las categorías Alto, por lo que es recomendable iniciar programas de ordenamiento y de conservación de cuencas, para evitar situaciones que afecten el abastecimiento de agua a futuro. En especial para la subcuenca de la Quebrada El Dedo.

Tabla 112. Índice de uso del agua condición hidrológica media.

CÓDIGO	SUBCUENCAS	IUA CONDICIÓN MEDIA)	CATEGORÍA IUA	DESCRIPCIÓN
4403-06-01	Directos Parte Baja	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-02	Quebrada La Batea	1.24	Bajo	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible
4403-06-03	Quebrada La Perdiz	0.29	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-04	Quebrada El Paraíso	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-05	Quebrada Sucre	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-06	Quebrada Tarqui	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-07	Quebrada La Ruidosa	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-08	Directos Parte Alta	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-09	Quebrada La Magola	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-10	Rio Caraño	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-11	Quebrada Las Doradas	0.07	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-12	Quebrada La Yuca	0.51	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-13	Quebrada San Joaquín	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-14	Directos Parte Media	0.60	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Tabla 112 (Continuación). Índice de uso del agua condición hidrológica media.

CÓDIGO	SUBCUENCAS	IUA CONDICIÓN MEDIA)	CATEGORÍA IUA	DESCRIPCIÓN
4403-06-15	Quebrada Arenosa	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-16	Quebrada Palmichal	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-17	Quebrada La Paz	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-18	Quebrada Purgatorio	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-19	Quebrada Berlín	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-20	Quebrada La Revoltosa	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-21	Quebrada Santa Elena	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-22	Quebrada Portada	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-23	Quebrada NN	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-24	Quebrada Travesías	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-25	Quebrada La Carbonera	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-26	Quebrada La Sardina	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-27	Quebrada El Dedo	39.75	Alto	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Tabla 113. Índice de uso del agua condición hidrológica seca – metodología 7Q10.

CÓDIGO	SUBCUENCAS	IUA (SECO)	CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
4403-06-01	Directos Parte Baja	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-02	Quebrada La Batea	2.51	Bajo	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible
4403-06-03	Quebrada La Perdiz	0.60	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-04	Quebrada El Paraíso	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-05	Quebrada Sucre	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-06	Quebrada Tarqui	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-07	Quebrada La Ruidosa	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-08	Directos Parte Alta	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-09	Quebrada La Magola	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-10	Rio Caraño	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-11	Quebrada Las Doradas	0.14	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-12	Quebrada La Yuca	1.04	Bajo	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible
4403-06-13	Quebrada San Joaquín	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible

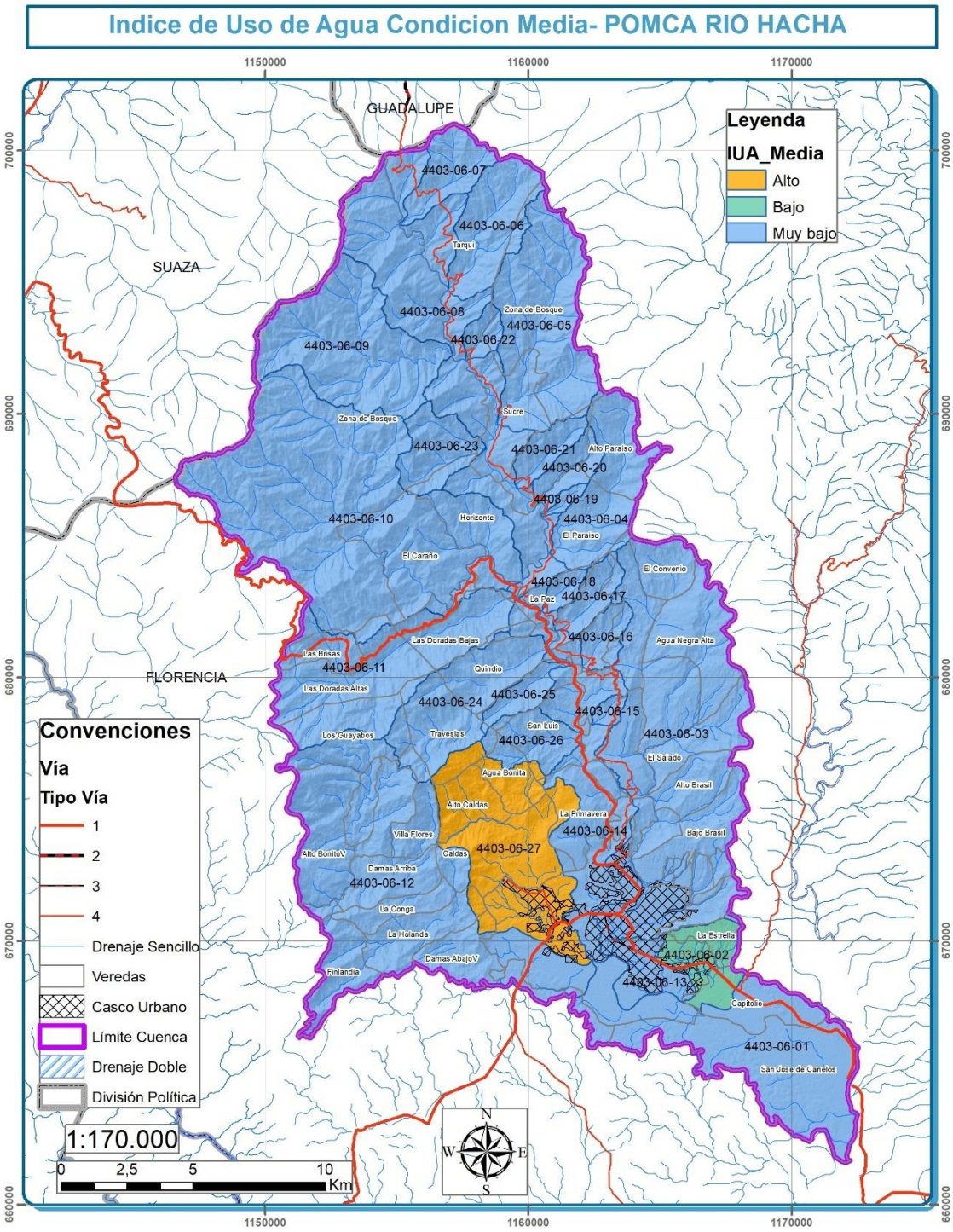
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Tabla 113 (Continuación). Índice de uso del agua condición hidrológica seca – metodología 7Q10.

CÓDIGO	SUBCUENCAS	IUA (SECO)	CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
4403-06-14	Directos Parte Media	1.31	Bajo	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible
4403-06-15	Quebrada Arenosa	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-16	Quebrada Palmichal	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-17	Quebrada La Paz	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-18	Quebrada Purgatorio	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-19	Quebrada Berlín	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-20	Quebrada La Revoltosa	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-21	Quebrada Santa Elena	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-22	Quebrada Portada	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-23	Quebrada NN	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-24	Quebrada Travesías	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-25	Quebrada La Carbonera	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-26	Quebrada La Sardina	0.00	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
4403-06-27	Quebrada El Dedo	99.59	Muy alta	La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible

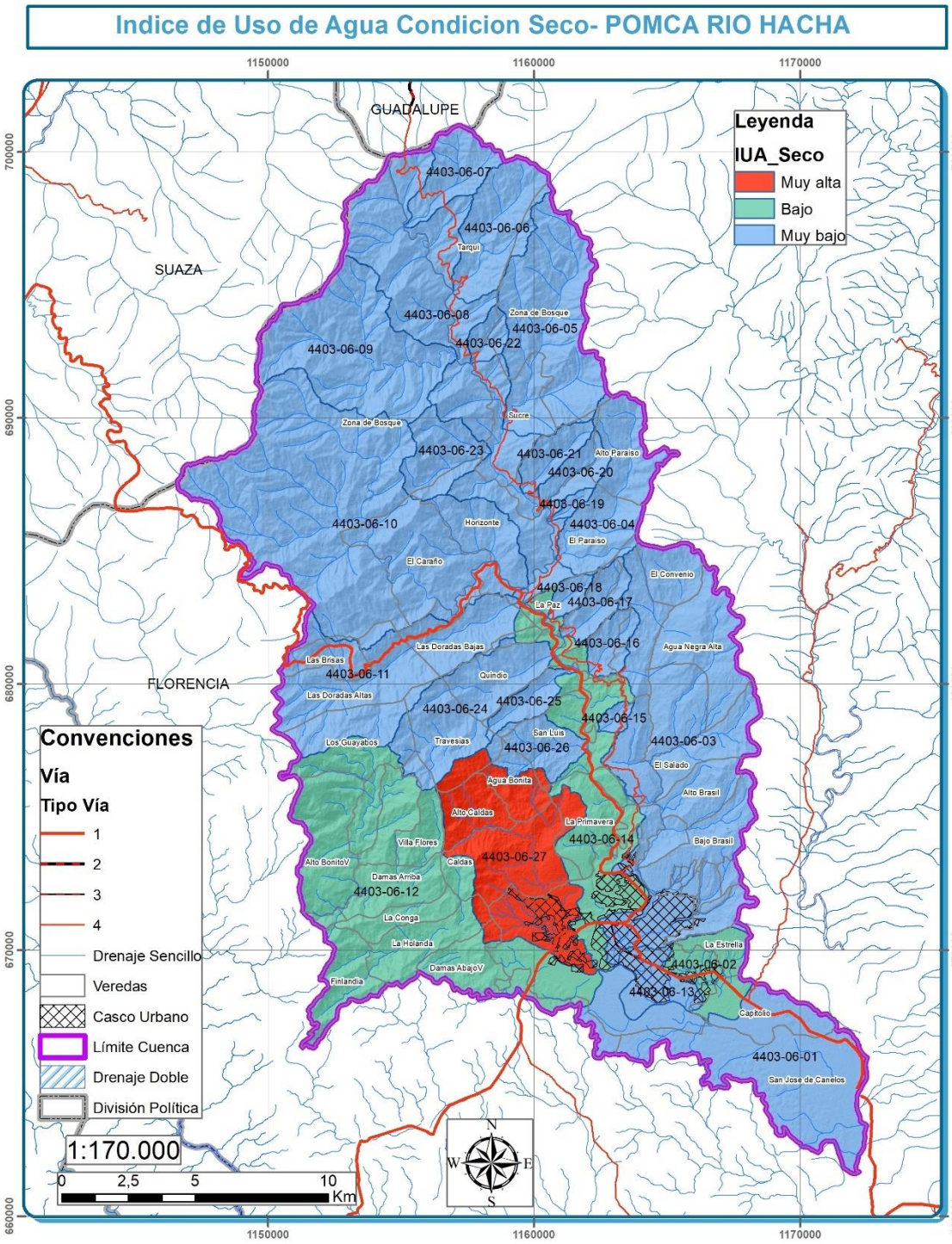
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Figura 94. Índice de uso del agua condición hidrológica media para la cuenca del río Hacha



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Figura 95. Índice de uso del agua condición hidrológica seca para la cuenca del río Hacha



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.7.10.3 Índice de vulnerabilidad hídrica (IVH). El índice de vulnerabilidad hídrico por desabastecimiento refiere el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta para el abastecimiento de agua, que ante amenazas, como periodos largos de estiaje o eventos como el Fenómeno cálido del Pacífico, podría generar riesgos de desabastecimiento.

El índice de vulnerabilidad hídrico por desabastecimiento se determina a través de una matriz de relación de rangos del Índice de regulación hídrica (IRH) y el Índice de uso de agua (IUA). Las categorías de este índice se presentan en la Tabla 114.

Tabla 114. Matriz de relación para caracterizar el índice de vulnerabilidad al desabastecimiento (IVH).

CATEGORÍAS ÍNDICE DE VULNERABILIDAD DE DESABASTECIMIENTO (IVH)		
ÍNDICE DE USO DE AGUA	**ÍNDICE DE REGULACIÓN**	**CATEGORÍA VULNERABILIDAD**
Muy bajo	Alto	Muy bajo
Muy bajo	Moderado	Bajo
Muy bajo	Bajo	Medio
Muy bajo	Muy bajo	Medio
Bajo	Alto	Bajo
Bajo	Moderado	Bajo
Bajo	Bajo	Medio
Bajo	Muy bajo	Medio
Medio	Alto	Medio
Medio	Moderado	Medio
Medio	Bajo	Alto
Medio	Muy bajo	Alto
Alto	Alto	Medio
Alto	Moderado	Alto
Alto	Bajo	Alto
Alto	Muy bajo	Muy alto
Muy alto	Alto	Medio
Muy alto	Moderado	Alto
Muy alto	Bajo	Alto
Muy alto	Muy bajo	Muy alto

Fuente: Estudio Nacional del Agua, 2010.

Este indicador se calculó para las subcuencas identificadas en el río Hacha, teniendo los resultados de los índices de retención y regulación hídrica y del índice del uso del agua, el cual se muestra en la Tabla 115 y Tabla 116, para cada una de las condiciones hidrológicas establecidas.

Tabla 115. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para las subcuencas del río Hacha para la condición hidrológica media.

CÓDIGO	SUBCUENCA	CATEGORÍA IUA (MEDIO)	IRH	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD HÍDRICA (IVH)
4403-06-01	Directos Parte Baja	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-02	Quebrada La Batea	Bajo	Baja	Medio
4403-06-03	Quebrada La Perdiz	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-04	Quebrada El Paraíso	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-05	Quebrada Sucre	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-06	Quebrada Tarqui	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-07	Quebrada La Ruidosa	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-08	Directos Parte Alta	Muy bajo	Muy Baja	Medio
4403-06-09	Quebrada La Magola	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-10	Rio Caraño	Muy bajo	Moderada	Bajo
4403-06-11	Quebrada Las Doradas	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-12	Quebrada La Yuca	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-13	Quebrada San Joaquín	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-14	Directos Parte Media	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-15	Quebrada Arenosa	Muy bajo	Muy Baja	Medio
4403-06-16	Quebrada Palmichal	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-17	Quebrada La Paz	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-18	Quebrada Purgatorio	Muy bajo	Muy Baja	Medio
4403-06-19	Quebrada Berlin	Muy bajo	Muy Baja	Medio
4403-06-20	Quebrada La Revoltosa	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-21	Quebrada Santa Elena	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-22	Quebrada Portada	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-23	Quebrada NN	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-24	Quebrada Travesías	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-25	Quebrada La Carbonera	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-26	Quebrada La Sardina	Muy bajo	Baja	Medio

4403-06-27	Quebrada El Dedo	Alto	Baja	Alto

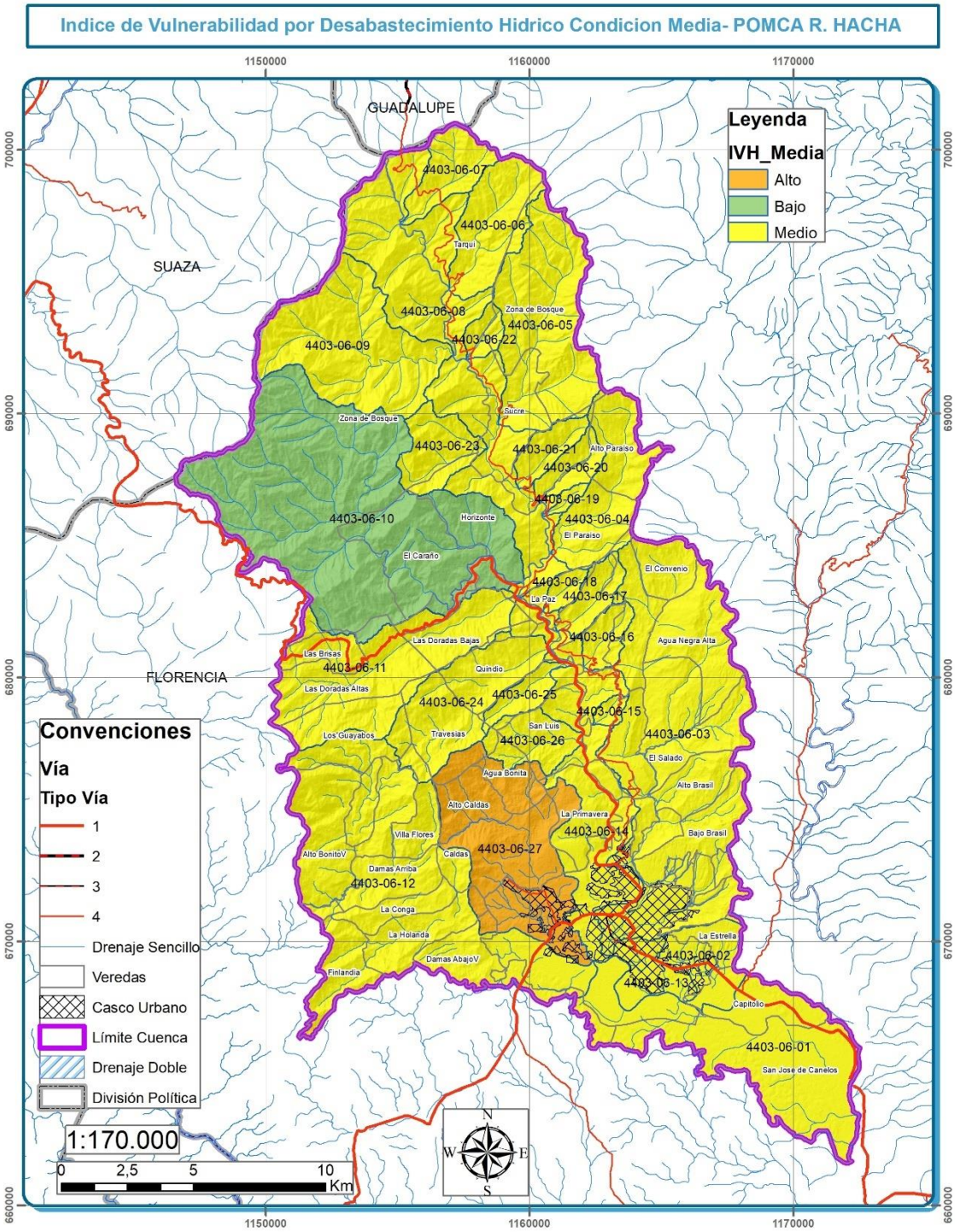
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Tabla 116. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para las subcuencas del río Hacha para la condición hidrológica seca – metodología 7Q10.

CÓDIGO	SUBCUENCA	CATEGORÍA IUA (SECO)	IRH	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD HÍDRICA (IVH)
4403-06-01	Directos Parte Baja	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-02	Quebrada La Batea	Bajo	Baja	Medio
4403-06-03	Quebrada La Perdiz	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-04	Quebrada El Paraíso	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-05	Quebrada Sucre	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-06	Quebrada Tarqui	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-07	Quebrada La Ruidosa	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-08	Directos Parte Alta	Muy bajo	Muy Baja	Medio
4403-06-09	Quebrada La Magola	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-10	Rio Caraño	Muy bajo	Moderada	Bajo
4403-06-11	Quebrada Las Doradas	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-12	Quebrada La Yuca	Bajo	Baja	Medio
4403-06-13	Quebrada San Joaquín	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-14	Directos Parte Media	Bajo	Baja	Medio
4403-06-15	Quebrada Arenosa	Muy bajo	Muy Baja	Medio
4403-06-16	Quebrada Palmichal	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-17	Quebrada La Paz	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-18	Quebrada Purgatorio	Muy bajo	Muy Baja	Medio
4403-06-19	Quebrada Berlín	Muy bajo	Muy Baja	Medio
4403-06-20	Quebrada La Revoltosa	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-21	Quebrada Santa Elena	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-22	Quebrada Portada	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-23	Quebrada NN	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-24	Quebrada Travesías	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-25	Quebrada La Carbonera	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-26	Quebrada La Sardina	Muy bajo	Baja	Medio
4403-06-27	Quebrada El Dedo	Muy alta	Baja	Alto

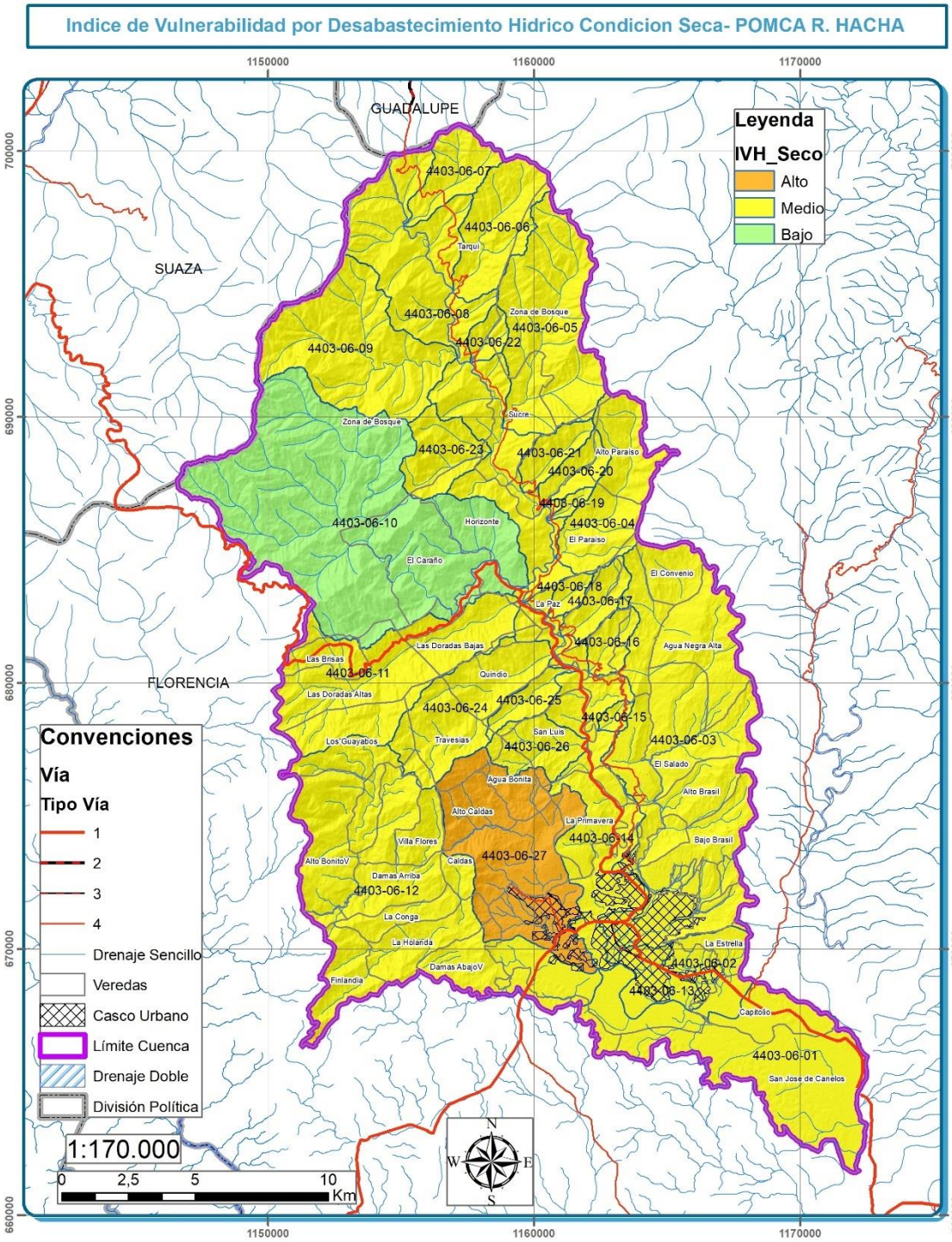
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Figura 96. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para las subcuencas del río Hacha para la condición hidrológica media



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Figura 97. Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico para las subcuencas del río Hacha para la condición hidrológica seca



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.7.11 Necesidades de Información

En este numeral se ha realizado una descripción de varios componentes en la hidrología en la cuenca del río Hacha, tales como precipitación y caudales, que son la base de muchos de ellos para la estimación del régimen hidrológico como el cálculo de índices del recurso hídrico. A continuación, se hace una descripción por cada proceso, sobre las falencias de información para cada variable.

Precipitación: Los campos de lluvia en la cuenca del río Hacha se construyeron con información de estaciones que se encuentran dentro de la cuenca y con información por fuera de esta. En este sentido los campos de precipitación se construyeron con información de 11 estaciones de las cuales solo una estación se encuentra dentro de la cuenca y 10 en su frontera. Es importante tener en cuenta que la cuenca del río Hacha tiene un área total de 500.2 km^2 y su topografía hace que la precipitación sea altamente variable en la cuenca y, por tanto, la información con que se cuenta dentro de la cuenca es insuficiente y hace que se eleve la incertidumbre en la estimación de esta variable. Se recomienda mejorar la red de estaciones de medición de precipitación en toda la cuenca del río Hacha.

Caudales: En la cuenca del río Hacha solo se pudo contar con información hidrológica de 3 estaciones, de las cuales solo de ellas se localizan en el cauce principal. Se recomienda mejorar la red de estaciones de medición de caudales en toda la cuenca del río Hacha, teniendo en cuenta que el río se encuentra influenciado por los fenómenos del ENSO.

Se debe mejorar la escala de la cartografía base con el fin de obtener mejores resultados con un modelo hidrológico, que mediante análisis SIG que sirven de apoyo para cualquier análisis.

Se debe realizar un censo de usuarios que permita establecer en la cuenca del río Hacha cuales son las demandas reales por sus usos respectivos, incluyendo las concesiones de agua legales e ilegales.

3.8 CALIDAD DE AGUA

Este componente inicia con la identificación y la descripción de las redes de monitoreo disponibles para las fuentes hídricas de la Cuenca del Rio Hacha, las cuales principalmente corresponden a los programas de monitoreo de calidad del recurso hídrico desarrollados por CORPOAMAZONIA durante diferentes periodos, y el del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos del Sistema de Alcantarillado 2013 – 2024, elaborado por la empresa SERVAF S.A E.S.P.

Posteriormente se realiza una evaluación de la calidad del recuro hídrico de la cuenca del Rio hacha con base en la información disponible en las redes de monitoreo, el cual incorpora entre otras cosas los resultados en la medición de parámetros físico químicos y biológicos.

Seguidamente se realiza la identificación de las actividades productivas que generan vertimientos en las fuentes hídricas de la cuenca; en la cual se determinan vertimientos de origen industrial y doméstico.

Por otra parte, se desarrolla un componente de estimación de cargas contaminantes, el cual basa sus análisis en la información disponible en las redes de monitoreo previamente identificadas.

Así mismo, se incluye la metodología y los resultados para el desarrollo de la propuesta de campañas de monitoreo, la cual tendrá por objeto generar información confiable sobre análisis de calidad del agua, para algunas fuentes hídricas de la cuenca del Rio Hacha de las cuales actualmente no se dispongan datos, o no existan registros.

Por último, se presenta la metodología y los resultados de cálculo para el Índice de Calidad del agua ICA, y el Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua IACAL sobre las fuentes hídricas de la cuenca, con la respectiva espacialización de los resultados.

3.8.1 Descripción evaluación de la red de monitoreo de la calidad del recurso hídrico en la cuenca del rio Hacha.

La cuenca del rio Hacha tributa sus aguas al rio Orteguaza, que es uno de los principales afluentes del rio Caquetá, y este a su vez se desemboca en la cuenca de rio Amazonas. Durante su trayecto, en la cuenca del rio Hacha se incorporan 19 fuentes hídricas (microcuencas hidrográficas), las cuales captan superficial de corrientes menores de diferentes caudales, lo que convierten a la cuenca en un verdadero acuífero productor de agua dulce disponible para los diferentes usos humanos y para mantener los diversos ecosistemas que soportan toda la biodiversidad del lugar. Las 19 microcuencas pertenecen a las siguientes quebradas: El Dedo, La Yuca, San Luis, La Carbona, Travesías, Las Doradas, El río Caraño, La Magola, La Ruidosa, Tarqui, Sucre, Santa Elena, La Revoltosa, El Paraíso, La Paz, Palmichal, La Perdiz, La Batea y San Joaquín. (CORPOAMAZONIA, 2005).

Respecto a la identificación de la red de monitoreo de calidad de recurso hídrico en la cuenca, la revisión de información secundaria ha permitido determinar tres sistemas de monitoreo de la calidad del recurso, de los cuales los dos primeros (CORPOAMAZONIA y SERVAF S.A E.S.P) cuentan con sus respectivos puntos de monitoreo en las microcuencas hidrográficas y con diferentes frecuencias en el año.

A continuación, se presenta una descripción de los mismos:

3.8.1.1 Red de Monitoreo CORPOAMAZONIA. Actualmente la Corporación Autónoma para el Desarrollo Sostenible del sur de la Amazonia CORPOAMAZONIA ha venido implementando un programa de monitoreo de la calidad del recurso hídrico y de vertimientos municipales, cuyo desarrollo involucró el análisis de diferentes aspectos relacionados con la naturaleza fisicoquímica y biológica del agua en su estado natural, así como las alteraciones que sufre debido a impactos generados por las diferentes actividades antropogénicas desarrolladas y que se reflejan en el comportamiento de sus diferentes parámetros físicos, químicos y biológicos.

El principal objetivo del programa de monitoreo de la calidad del agua es conocer el impacto real de las aguas residuales de diferentes poblaciones y sectores; así como la caracterización fisicoquímica de vertimientos municipales sobre las fuentes de agua objeto de evaluación.

> Se entiende como **monitoreo de la calidad del agua**, el proceso de recopilación y análisis de información proveniente de una serie de estaciones de monitoreo a intervalos regulares, destinado a suministrar los datos con los cuales se puede explicar el comportamiento de los parámetros físico químicos y biológicos evaluados, definir condiciones de calidad del agua, brindar las bases para detectar las tendencias y proveer la información con la cual se pueden establecer las relaciones de causa-efecto, permitiendo así evaluar el recurso hídrico de una forma integral. CORPOAMAZONIA, 2015

Los programas de monitoreo se ejecutan según el cronograma anual y consideran actividades que van desde la definición de protocolos para los muestreos, hasta la emisión de reportes y sus los respectivos cálculos de indicadores ambientales como el Índice de Calidad Ambiental – ICA en los respectivos años de análisis. Actualmente se disponen de registros para los años 2006, 2007, 2008, 2009 2010, 2011, 2014 y 2015, para las fuentes hídricas monitoreadas en el área de jurisdicción de la Corporación en los departamentos de Caquetá, Putumayo y Amazonas, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 117 Fuentes hídricas monitoreadas en los departamentos de Caquetá, Putumayo y Amazonas, para el programa de monitoreo de calidad de agua de los años 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2014 y 2015.

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	FUENTE
Programa de Monitoreo: 2006, 2007, 2008		
Putumayo	Santiago	Canal D
	Colón	Canal D
	Sibundoy	Quebrada Hidráulica
	San Francisco	Río Putumayo
	Mocoa	Río Mocoa
	Villagarzón	Río Mocoa
	Villagarzón	Río Naboyaco
Caquetá	Florencia	Río Hacha
	Morelia	Río Bodoquero
	Montañita	Quebrada Montañita
	Paujil	Quebrada La Niña
	Doncello	Río Doncello y Quebrada Anayá
Amazonas	Leticia	Río Amazonas
	Puerto Nariño	Río Amazonas
Programa de Monitoreo: 2009		
Putumayo	Mocoa	Rio Mulato
		Rio Samgoyaco
	San Miguel	Quebrada La Dorada
	La Hormiga	Quebrada La Hormiga
	Orito	Qda El Sabalo
	Puerto Caicedo	Qda El Achiote
	Puerto Asis	Rio San Nicolas
		Rio Singiya
Caquetá	Puerto Rico	Rio Guayas
		Qda La Igua
	San Jose De Fragua	Qda Julio Cesar
		Rio Fragua Chorroso
	Curillo	Rio Caqueta
		Qda La Curillo Medio
	Paujil	Qda La Chunchosa
		Qda La Paujila
	Florencia	Qda La Perdiz
		Qda La Sardina
		Rio Hacha
		Qda El Dedo
		Caño El Despeje
		Qda La Cristalina
		Qda La Mochilera
Programa de Monitoreo: 2010 - 2011		
Amazonas	Puerto Nariño	Río Loretoyacu
		Quebrada el Salto
		Caño Baos

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016 a partir de CORPOAMAZONIA, 2015

Tabla 117 (Continuación). Fuentes hídricas monitoreadas en los departamentos de Caquetá, Putumayo y Amazonas, para el programa de monitoreo de calidad de agua de los años 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2014 y 2015

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	FUENTE
Programa de Monitoreo: 2010 - 2011		
Amazonas	Leticia	Qda Simon Bolivar
		Quebrada Porvenir
		Quebrada San Antonio
		Quebrada Yahuarcaca
		Caño Gaitan
		Rio Amazonas-Leticia
		Caño Calderon
	Puerto Nariño	Rio Loretoyaco
		Rio Amazonas-Puerto Nariño
		Caño Baos
		Caño El Salto
	Leticia	Quebrada Simón Bolívar
		Quebrada El Porvenir
		Quebrada San Antonio
		Caño Gaitán
		Río Amazonas
Caquetá	Albania	Río Fragua Chorroso
	Belén de los Andaquies	Río Pescado
		Río Zarabando
	Cartagena del Chairá	Río Caguan
		Cananguchal
	Curillo	Río Caquetá
		Quebrada Curillo
	El Doncello	Río Doncello
		Quebrada Anayá
		Quebrada la Arenosa
	El Paujil	Quebrada la Chunchosa
		Quebrada la Paujila
	Florencia	Quebrada la Perdiz
		Quebrada la Sardina
		Río Hacha
		Quebrada el Dedo
	Montañita	Caño el Despeje
	Morelia	Río Bodoquero
	Milán	Río Orteguaza
	Puerto Rico	Río Guayas
		Quebrada La Igua
	San José del Fragua	Quebrada Julio Cesar
		Río Fraguachorroso
	San Vicente del Caguan	Río Caguan

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016 a partir de CORPOAMAZONIA, 2015

Tabla 117 (Continuación). Fuentes hídricas monitoreadas en los departamentos de Caquetá, Putumayo y Amazonas, para el programa de monitoreo de calidad de agua de los años 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2014 y 2015

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	FUENTE
Programa de Monitoreo: 2010 - 2011		
Caquetá	Solano	Río Caquetá (Terminal Fluvial)
		Río Caquetá (Estación de
		Humedal
		Río Caquetá (Punto 1)
	Solita	Río Caquetá (Punto 2)
		Humedal 1
		Humedal 2
	Valparaíso	Río Pescado
		Quebrada Juan Soco
		Laguna Salida Florencia
Putumayo	Santiago	Río Tamauca
		Quebrada
		Canal D
	Colón	Canal D
	Sibundoy	Quebrada la Hidráulica
		Quebrada el Cedro
	San Francisco	Río Putumayo
		Río San Francisco
		Quebrada La Cofradía
	Mocoa	Quebrada San Antonio
		Río Mulato
		Río Sangoyaco
		Río Mocoa
	Villa garzón	Río Mocoa
		Río Naboyaco
	Puerto Guzmán	Río Caquetá
	Puerto Caicedo	Quebrada El Achiote
	Puerto Asís	Quebradas San Nicolás
		Quebrada Singuiyá
	Orito	Quebrada El Sábalo
		Quebrada El Yarumo
		Rió Orito
	Valle del Guamuez	Quebrada La Hormiga
	San Miguel	Quebrada La Dorada
	Leguizamo	Río Putumayo
		Quebrada La Raicita
Programa de Monitoreo: 2014		
Putumayo	Colón	Canal D
	Sibundoy	Quebrada la Hidráulica
	San Francisco	Río San Francisco
	Puerto Guzmán	Río Caquetá

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016 a partir de CORPOAMAZONIA, 2015

Tabla 117 (Continuación). Fuentes hídricas monitoreadas en los departamentos de Caquetá, Putumayo y Amazonas, para el programa de monitoreo de calidad de agua de los años 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2014 y 2015

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	FUENTE
Programa de Monitoreo: 2014		
Putumayo	Puerto Asís	Quebradas San Nicolás
		Quebrada Singuiya
	Orito	Quebrada El Sábalo
		Quebrada El Yarumo
		Quebrada Loco William
	Valle del Guamuez	Quebrada La Hormiga
	San Miguel	Quebrada La Dorada
	Puerto Caicedo	Quebrada Achiote
		Quebrada Quebradon
	Villagarzón	Río Mocoa
		Río Naboyaco
	Mocoa	Río Mocoa
		Río mulato
		Río Sangoyaco
Caquetá	Albania	Río Fragua Chorroso
	Belén de los Andaquies	Río Pescado
	Cartagena del Chairá	Río Caguán
	Curillo	Quebrada Curillo
	El Doncello	Río Doncello
		Quebrada Anayá
	El Paujil	Quebrada Finca la Granja
		Quebrada la Paujilla
	Florencia	Quebrada la Perdiz
		Quebrada la Sardina
		Río Hacha
		Quebrada el Dedo
		Quebrada Mochilerito
	Montañita	Quebrada la Montañita
	Morelia	Río Bodoquero
	Milán	Río Orteguaza
	Puerto Rico	Río Guayas
		Quebrada La Igua
	San José del Fragua	Río Fragua Chorroso
	San Vicente del Caguán	Río Caguán
	Solano	Río Caquetá
	Solita	Río Caquetá
	Valparaíso	Río Pescado
Programa de Monitoreo: 2015		
Putumayo	Santiago	Quebrada Chachimayayaco
		Canal D
	Colon	Canal D
	Subundoy	Quebrada la Hidráulica

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016 a partir de CORPOAMAZONIA, 2015

Tabla 117 (Continuación). Fuentes hídricas monitoreadas en los departamentos de Caquetá, Putumayo y Amazonas, para el programa de monitoreo de calidad de agua de los años 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2014 y 2015

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	FUENTE
Programa de Monitoreo: 2015		
Putumayo	San Francisco	Rio San Francisco
	Pueblo Asis	Quebrada San Nicolás
		Quebrada Singuiya
	Orito	Quebrada el Sabalo
		Quebrada el Yarumo
		Quebrado Loco William
	Valle del Guamez	Quebrada la Hormiga
	San Miguel	Quebrada la Dorada
	Puerto Caicedo	Quebrada Achiote
		Quebrada Quebradon
	Puerto Guzmán	Rio Caquetá
	Villa Garzon	Rio Mocoa
		Rio Naboyaco
	Mocoa	Rio Mocoa
		Rio Mulato
		Rio Sangoyaco
Caquetá	Albania	Rio Fragua Chorroso
	Belen de los Andaquiles	Rio Pescado
	Cartagena del Chaira	Rio Caguan
	Curillo	Quebrada Curillo
	El Doncello	Rio Doncello
		Quebrada Anayá
	El Paujil	Quebrada Finca la Granja
		Quebrada la Paujilla
	Florencia	Quebrada la Perdiz
		Quebrada la Sardina
		Rio Hacha
		Quebrada el Dedo
		Quebrada Mochileno
	Montañia	Quebrada Montañita
	Milan	Rio Orteguaza
	Morelia	Rio Bodequero
	San Jose de la Fragua	Rio Fragua Chorroso
	Puerto Rico	Rio Guayas
		Quebrada la Igua
	San Vicente del Caguan	Rio Caguán
	Solano	Rio Caquetá
	Solita	Rio Caquetá
	Valparaiso	Rio pescado

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016 a partir de CORPOAMAZONIA, 2015

Tabla 117 (Continuación). Fuentes hídricas monitoreadas en los departamentos de Caquetá, Putumayo y Amazonas, para el programa de monitoreo de calidad de agua de los años 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2014 y 2015

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	FUENTE
Programa de Monitoreo: 2015		
Amazonas	Leticia	Rio Amazonas
		Quebrada Simón Bolívar
		Quebrada San Antonio
		Quebrada Porvenir
		Quebrada Urumatu
		Caño Gaitán
		Caño Calderón
	Puerto Nariño	Rio Loretoyaco
		Quebrada el Salto
		Caño Baos

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016 a partir de CORPOAMAZONIA, 2015

No obstante, tal y como se evidencia en la tabla anterior los únicos registros disponibles para las fuentes hídricas de la cuenca del Rio Hacha corresponden a los años 2010, 2011, 2014 y 2015, (Ver Anexo 16-1) siendo este último el periodo que contiene información más actualizada, y en el cual se realizó sobre 53 fuentes hídricas superficiales consideradas de gran importancia ambiental en los 3 departamentos (amazonas, Putumayo y Caquetá). Actualmente, se dispone de los siguientes puntos de monitoreo (Tabla 118).

Tabla 118. Puntos de monitoreo de CORPOAMAZONIA para la cuenca del rio Hacha.

FUENTE HÍDRICA	SITIO/ESTACIÓN	COORDENADAS	
		N	W
Quebrada El Dedo	Aguas arriba	01º38,094'	75º38,186'
	Aguas medias	01º37,300'	75º37,467'
	Aguas abajo	01º36,157'	75º37,079'
Quebrada La Sardina	Aguas arriba	01º37,360'	75º35,025'
	Aguas medias	01º36,234'	75º37,200'
	Aguas abajo	01º36,547'	75º36,547'
Río Hacha	Aguas arriba	01º38,287'	75º36,583'
	Aguas medias	01º36,186'	75º36,339'
	Aguas abajo	01º35,092'	75º33,196'
Quebrada La Perdiz	Aguas arriba	01º37,443'	75º35,576'
	Aguas medias	01º36,470'	75º36,447'
	Aguas abajo	01º36,258'	75º36,430'

Fuente: CORPOAMAZONIA, 2015

Es necesario aclarar que cada uno de los monitoreos de calidad de agua consideró una temporalidad anual, y se realizaron principalmente en el mes de junio en plena época de lluvia en la región; lo anterior implica que para la temporada seca (Diciembre a finales de Marzo) no se disponen datos de parámetros físico químicos y biológicos asociados a calidad del agua, un hecho que limita el alcance de la evaluación de las redes de monitoreo de la Corporación, pues estudios como el Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2010) sugiere que deben realizarse comparaciones entre los valores de los parámetros de calidad del agua en cada una de las temporadas climáticas, con el objetivo de determinar los meses de mayor susceptibilidad en términos de la calidad del recurso.

En términos de la información reportada en los programas de monitoreo, se realiza la medición de los siguientes parámetros fisicoquímicos (Ver Tabla 119), que a su vez incluyen los parámetros mínimos exigidos por el IDEAM para el cálculo del Índice de Calidad del Agua ICA (ver Tabla 120). Así mismo solo en los programas de monitoreo de los años 2010, 2011 y 2014 se incorporan las estimaciones y resultados sobre ICA, y cuyo detalle de análisis se desarrolla más adelante.

Tabla 119. Parámetros de calidad físico químicos usados en el programa de monitoreo de calidad de agua realizado por CORPOAMAZONIA

PARÁMETRO		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2014	2015
1.	pH	X	X	X	X	X	X	X	X
2.	Color	X	X	X	X	X	X	X	X
3.	Temperatura (°C)	X	X	X	X	X	X	X	X
4.	Conductividad	X	X	X	X	X	X	X	X
5.	Oxígeno Disuelto	X	X	X	X	X	X	X	X
6.	Turbidez (UNT)	X	X	X	X	X	X	X	X
7.	DBO5 (mg/L)	X	X	X	X	X	X	X	X
8.	DQO (mg/L)	X	X	X	X	X	X	X	X
9.	SST (mg/L)	X	X	X	X	X	X	X	X
10.	Coliformes Fecales	X	X	X	X	X	X	X	X
11.	Coliformes Totales	X	X	X	X	X	X	X	X
12.	Solidos sedimentables	X	X	X	X	X	X	X	X
13.	Nitratos		X	X	X	X	X	X	X
14.	Nitritos			X	X	X	X	X	X
15.	Dureza Total			X	X	X	X	X	X
16.	Alcalinidad							X	X
17.	Hierro					X	X	X	X
18.	Cloruros			X	X	X	X	X	X
19.	Fosfatos		X	X	X	X	X	X	X
20.	Cloro residual							X	X
21.	Caudal	X	X	X	X	X	X	X	X
22.	Grasas y Aceites	X	X	X	X	X	X	X	X
Índice de Calidad del Agua ICA						X	X	X	

Fuente: CORPOAMAZONIA, 2015

Tabla 120. Parámetros exigidos por el IDEAM para el análisis de Calidad del Agua.

VARIABLE	UNIDAD
Oxígeno Disuelto (OD)	% Saturación
Sólidos en Suspensión	mg/l
Demanda Química de Oxigeno (DQO)	mg/l
Demanda Bioquímica de Oxigeno (DBO)	mg/l
Solidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l
Coliformes Fecales	NMP/1000
Caudal	L/seg
Conductividad Eléctrica	µS/cm
pH Total	Unidades de PH

Fuente: (IDEAM, 2010)

El Laboratorio de Aguas de CORPOAMAZONIA es la institución encargada del análisis de los resultados de los muestreos; y actualmente se encuentra en proceso de acreditación con el IDEAM, cuyo principal objetivo es poder operar bajo el marco de la Norma Técnica ISO 17025: 2995 que certifica la operación de laboratorios de ensayos y pruebas.

- Análisis de la Calidad del Recurso Hídrico en Jurisdicción de CORPOAMAZONIA. El programa de monitoreo de la calidad del recurso, establece los sistemas de análisis para la calidad del agua de acuerdo a los estándares técnicos vigentes tanto en el ámbito nacional como internacional. A continuación, se desarrolla una síntesis de los principales sistemas usados en el marco del programa de monitoreo, el alcance de los mismos en termino de medición de parámetros de calidad, las principales herramientas de evaluación y los resultados del análisis en las fuentes hídricas que pertenecen a la cuenca del rio Hacha y se encuentran bajo jurisdicción de CORPOAMAZONIA.

  – Índice de Calidad Ambiental ICA. La metodología usada para la estimación del ICA se corresponde con la propuesta de Brown, que es una versión modificada del “WQI” (Water Quality Index) que fue desarrollada por La Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. (NSF), este indicador permite medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río además de comparar lo con la calidad de agua de diferentes ríos en distintos lugares. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo particular de una fuente hídrica se encuentra alterada o no en sus propiedades físicas.

La estimación del ICA requiere de la información de los siguientes parámetros:

- ✓ pH (en unidades de pH)
- ✓ Demanda Bioquímica de Oxigeno en 5 días (DBO5 mg/ L)
- ✓ Nitratos (NO3 mg/L)
- ✓ Fosfatos (PO4 mg/L)
- ✓ Cambio de la Temperatura (ºC)
- ✓ Turbidez (FAU)
- ✓ Sólidos totales (mg/L)
- ✓ Oxígeno disuelto (OD en % saturación)

Frente a los aspectos a tener en cuenta para la estimación e interpretación del ICA, es que esta toma valores en un rango de 1 a 100 (Ver Tabla 121) donde, valores cercanos a 100 determinan que la calidad del agua se encuentra en las más óptimas condiciones posibles; conforme los grados de contaminación aumenta, el valor del ICA disminuye.

Tabla 121. Clasificación del “ICA

CALIDAD DE AGUA	COLOR	VALOR
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

Fuente: Lobos José. Evaluación de contaminantes el Embalse del Cerrón Grande PAES. 2002.

Entre tanto las aguas que registren un “ICA” mayor que 90, son de buena calidad, lo que implica que están en la capacidad de poseer una alta diversidad de la vida acuática, además, el agua también sería conveniente para todas las formas de contacto directo con ella.

Así mismo las aguas con un “ICA” de categoría “Regular” tienen generalmente menos diversidad de organismos acuáticos, y se relacionan con procesos de “eutrofización” determinados por el aumento en la frecuencia del crecimiento de las algas.

Por ultimo las aguas que registren un “ICA” de categoría “Mala” o “Pésima”, tienen menos probabilidades de garantizar la supervivencia de organismos acuáticos y preservar la diversidad de la vida acuática, en virtud de que sus condiciones ambientales solamente les permiten apoyar un número limitado de las formas acuáticas de la vida. Esta categoría de aguas presenta grandes problemas de contaminación, y normalmente no se consideran adecuadas para el desarrollo de actividades que impliquen un contacto directo con las mismas.

- Guía de Metodología Estadística para la medición de calidad de los recursos hídricos en los países de la comunidad andina de la organización de los estados americanos 2004. En esta guía metodológica se establecen algunos parámetros vinculados con la conservación de la calidad ambiental, que debieran ser aplicados en todos los estudios de calidad de recurso hídrico. Tales parámetros obedecen a criterios relacionados con el uso del agua.

Tabla 122. Clasificación de usos del agua

TIPO	CATEGORÍA	APLICACIÓN
Abastecimiento de agua	1	Tratamiento con simple desinfección
	2	Tratamiento simplificad
	3	Tratamiento completo
	4	Tratamiento intensivo (avanzado)
Agricultura	1	Productos de aprovechamiento humano de consumo crudo
		Hortalizas y frutas para envasados
	2	Cultivos industriales
		Árboles frutales
		Tubérculos
		Forraje de consumo fresco
		Productos de aprovechamiento humano con cascara y consumo crudo cocido
	3	Algodón, maíz, caña de azúcar, producción de fibras y forraje desecado
	4	Forestación
Piscicultura	1	Extracción de mariscos y bivalvos
	2	Fauna acuática y pesca recreativa o comercial
	3	Crianza de especies ornamentales
Recreación	1	Contacto primario
	2	Navegación

Fuente: Metodología estadística para la medición de la calidad de los recursos hídricos en los países de la comunidad andina de la organización de los estados americanos 2004

Tabla 123 Clases de curso de agua superficiales.

CLASE	USOS
A	Abastecimiento de agua 1 + conservación ambiental natural
B	Abastecimiento de agua 2 + piscicultura 1 + recreación 1
C	Abastecimiento de agua 3 + piscicultura 2 + agricultura 1 + recreación 1
D	Abastecimiento de agua 4 + agricultura 2 + piscicultura 3
E	Agricultura 3
F	Forestación

Fuente: Metodología estadística para la medición de la calidad de los recursos hídricos en los países de la comunidad andina de la organización de los estados americanos 2004.

Tabla 124 Usos del Agua

Usos de Agua	pH	DBO5 (mg/L)	SS (mg/L)	OD (%sat.)	CT (NMP/100ml)
A	6.5-8.5	1	<5	95	50
B	6.5-8.6	3	25	90	1000
C	6.5-9.0	5	50	80	5000
D	6.5-9.0	7	100	70	50000
E	5.5-9.0	8	200	60	-
F	5.5-9.0	10	Ausencia de material flotante	50	-

Fuente: Metodología estadística para la medición de la calidad de los recursos hídricos en los países de la comunidad andina de la organización de los estados americanos 2004.

Así mismo, se tomaron en cuenta los criterios presuntivos de la calidad para la estimación de la DBO5 según Jicca Et al 1998, como se muestra a continuación:

Tabla 125. Criterios presuntivos de la calidad para la estimación de la DBO5

CONDICIONES DEL RÍO	DBO5 A 20ºC (MG/L)
Muy limpio	1
Limpio	2
Moderadamente limpio	3
Dudosa concentración	5
Contraminado	10

Fuente: JICA et al., 1998

- Decreto 1594 de 1984. El Capítulo IV del mencionado decreto establece los criterios de calidad para la destinación del recurso que establecen límites permisibles para los siguientes usos (Ver Tabla 126):

Tabla 126. Usos del Agua según Decreto 1594 de 1984

DESTINACIÓN DEL RECURSO PARA USOS	Cloruros	% OD	OD (mg/L)	Color Real (UPC)	NO3	NO2	pH	SO4	Turbiedad UNT	Fe	Mn
Consumo humano y doméstico que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional	250	-	-	75	10	10	5-9	400	-	-	-
Consumo humano y doméstico que indican que para su potabilización se requiere solo desinfección	250	-	-	20	10	10	6,5 – 8,5	400	10	-	-
Agrícola	-		-	-	-	-	4,5 -9	-	-	5	0,2
Pecuario	-					10		-	-	-	-
Fines recreativos mediante contacto primario.	-	70	-	-	-	-	5-9	-	-	-	-
Fines recreativos mediante contacto secundario.	-	70	-	-	-	-	5-9	-	-	-	-
Para preservación de flora y fauna, en aguas dulces, frías o cálidas y en aguas marinas o esturarías	-		4	-	-	-	6,5 – 8,5	-	-	-	-

Fuente. Decreto 1594 de 1984

Como se mencionó anteriormente el Programa de Monitoreo de Calidad de Recurso Hídrico desarrollado por CORPOAMAZONIA se ha venido realizando desde al año 2010, y el último año sobre el cual se tiene información disponible corresponde al 2015; no obstante, en algunos de los años, los datos levantados durante los respectivos programas de monitoreo no fueron suficientes para realizar un análisis de calidad del agua basado en el ICA.

Así las cosas, el análisis que aquí se desarrolla para las fuentes hídricas presenta los resultados del último análisis fisicoquímico sobre el cual se dispone información, es decir el correspondiente al programa de monitoreo realizado en el año 2015. Para consultar los análisis fisicoquímicos de los programas de monitoreo anteriores ver el Anexo 16-2 Resultados de laboratorio parámetros fisicoquímicos y biológicos

Los análisis fisicoquímicos fueron relazados en el laboratorio de aguas de CORPOAMAZONIA, el cual es habilitado por la resolución 431 del 5 de marzo de 2010 para la realización de análisis físicos, químicos y microbiológicos al agua para consumo humano. Actualmente el Laboratorio se encuentra en proceso de acreditación ante el IDEAM.

I. Quebrada el Dedo. Los resultados del análisis fisicoquímico sobre la Quebrada el Dedo (Ver Tabla 127) indican que entre otras cosas el agua se encuentra limpia (de acuerdo a los criterios definidos en la Tabla 125), y que por otra parte los parámetros como nitritos, nitratos, cloruros, fosfatos y hierro se encuentran en valores que no restringen el uso de la fuente hídrica para consumo humano siempre y cuando se implemente algunos protocolos de potabilización adicionales.

Tabla 127 Análisis Fisicoquímico Quebrada el Dedo CORPOAMAZONIA 2015

PUNTO DE MUESTREO		AGUAS ARRIBA	AGUAS MEDIAS	AGUAS ABAJO
PARÁMETRO	UNIDADES DE	RESULTADO		
pH	pH	6.74	6.70	6.73
Conductividad	µS/cm	24.0	23.0	24.0
Turbiedad	NTU	0.66	2.01	1.86
Hierro	mgFe/L	0.12	0.30	0.15
Fosfatos	mgPo4/L	1.00	1.20	1.40
Nitritos	mgNO2/L	0.01	0.06	0.07
Nitratos	mgNO3/L	0.61	1.24	1.31
Alcalinidad	mgCaCO3/L	6.00	5.00	5.00
Color	UPC HANZEN	20	28	28
Demanda Biológica de Oxigeno	mg/L	0.50	1.17	0.54
Demanda Quimica de Oxigeno	mg/L	<10	10.0	<10
Solidos Disueltos	mg/L	12.0	11.0	12.0

Fuente: CORPOAMAZONIA, 2015

Tabla 127 (Continuación). Análisis Fisicoquímico Quebrada el Dedo CORPOAMAZONIA 2015

PUNTO DE MUESTREO		AGUAS ARRIBA	AGUAS MEDIAS	AGUAS ABAJO
PARÁMETRO	UNIDADES DE MEDIDA	RESULTADO		
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.26	6.88	6.36
Sólidos Sedimentables	mg/L	0.10	0.10	<0.1
Cloro	mg CL/L	0.14	0.18	0.15
Cloruros	mg/L	2.00	3.00	3.00

Fuente: CORPOAMAZONIA, 2015

II. Quebrada La Sardina. Los resultados del análisis fisicoquímico para la Quebrada la Sardina (Ver Tabla 128) indican que entre otras cosas la fuente de agua se encuentra moderadamente limpia (de acuerdo a los criterios definidos en la Tabla 125); los resultados en los parámetros asociados a SST y turbiedad sugieren que la fuente hídrica se encuentra alterada por la presencia de material suspendido y partículas coloidales insolubles producto talvez de procesos erosivos. Por otra parte, el valor alto de conductividad y solidos disueltos para el punto de muestreo “aguas medias” indican actividad iónica sobre el cuerpo de agua por la presencia de sales y minerales. La concentración de carbonatos y bicarbonatos es alta para los puntos de muestreo aguas medias y aguas abajo según los valores de alcalinidad encontrados. La concentración de solidos sedimentables sobre el punto de muestreo aguas abajo de la fuente hídrica indica la presencia de arenas de tamaño mayor a 0.01 mm. Se observó alta concentración de cloruros y fosfatos en la fuente hídrica. La presencia de fosfatos coloca en riesgo el crecimiento vegetal y puede provocar eutrofización en el cuerpo de agua con el tiempo; no obstante, la calidad del agua permitirá desarrollar cualquier tipo de actividad que implique entrar en contacto directo con la misma.

Tabla 128 Análisis Fisicoquímico Quebrada la Sardina CORPOAMAZONIA 2015

PUNTO DE MUESTREO		AGUAS ARRIBA	AGUAS MEDIAS	AGUAS ABAJO
PARÁMETRO	UNIDADES DE MEDIDA	RESULTADO		
pH	pH	7.09	6.71	6.67
Conductividad	µS/cm	18.0	48.0	32.0
Turbiedad	NTU	11.2	12.6	12.3
Hierro	mgFe/L	0.13	1.26	1.32
Fosfatos	mgPo4/L	3.20	2.90	3.80
Nitritos	mgNO2/L	0.02	0.03	0.04
Nitratos	mgNO3/L	0.74	0.57	0.54
Alcalinidad	mgCaCO3/L	7.00	52.0	83.0
Color	UPC HANZEN	18	32	30

Fuente: CORPOAMAZONIA, 2015

Tabla 128 (Continuación). Análisis Fisicoquímico Quebrada la Sardina CORPOAMAZONIA 2015

PUNTO DE MUESTREO		AGUAS ARRIBA	AGUAS MEDIAS	AGUAS ABAJO
PARÁMETRO	UNIDADES DE MEDIDA	RESULTADO		
Demanda Biologica de Oxigeno	mg/L	0.72	2.01	1.98
Demanda Quimica de Oxigeno		10.0	11.4	10.6
Solidos Disueltos	mg/L	9.00	24.0	16.0
Sólidos Suspendidos Totales-SST	mg/L	38.3	43.1	42.1
Sólidos Sedimentables	mg/L	<0.1	0.10	0.30
Cloro	mg CL/L	0.16	0.31	0.46
Cloruros	mg/L	1.00	12.0	4.00

Fuente: CORPOAMAZONIA, 2015

III. Quebrada la Perdiz. Los resultados que se presentan en la Tabla 129, indican que los valores de los parámetros evaluados se encuentran dentro de los criterios definidos en la Tabla 125, y por lo tando sus características físico químicas actuales no restringen el uso de la misma.

Tabla 129. Análisis Fisicoquímico Quebrada la Perdiz CORPOAMAZONIA 2015

PUNTO DE MUESTREO		AGUAS ARRIBA	AGUAS MEDIAS	AGUAS ABAJO
PARÁMETRO	UNIDADES DE MEDIDA	RESULTADO		
pH	pH	6.81	6.75	6.77
Conductividad	µS/cm	34.0	63.0	70.0
Turbiedad	NTU	1.28	1.20	1.15
Hierro	mgFe/L	0.30	0.21	0.23
Fosfatos	mgPo4/L	0.70	0.60	1.70
Nitritos	mgNO2/L	0.01	0.02	0.02
Nitratos	mgNO3/L	0.54	0.50	0.63
Alcalinidad	mgCaCO3/L	27.0	24.0	21.0
Color	UPC HANZEN	14	16	16
Demanda Biologica de Oxigeno	mg/L	0.87	1.02	0.98
Demanda Quimica de Oxigeno	mg/L	<10	10.0	<10
Solidos Disueltos	mg/L	18.0	32.0	36.0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	4.38	4.11	3.93
Sólidos Sedimentables	mg/L	<0.1	0.10	<0.1
Cloro	mg CL/L	0.10	0.18	0.11
Cloruros	mg/L	1.00	2.00	1.00

Fuente: CORPOAMAZONIA, 2015

IV. Rio Hacha. Los resultados del análisis fisicoquímico del Rio Hacha (ver Tabla 130), indican que respecto a los valores de DBO5 el agua se encuentra limpia (de acuerdo a los criterios definidos en la Tabla 125). Los valores de color encontrados para todos los puntos de muestreo no restringen el uso de la fuente hídrica. Los valores elevados de conductividad y solidos disueltos indican actividad iónica sobre la fuente hídrica por la presencia de sales y minerales. La concentración de carbonatos y bicarbonatos para la fuente hídrica es baja según los valores de alcalinidad encontrados. Los parámetros como hierro, fosfatos, nitritos, nitratos, cloruros y solidos sedimentables se encuentran en valores que no restringen el uso de la fuente hídrica.

Tabla 130 Análisis Fisicoquímico Río Hacha CORPOAMAZONIA 2015

PUNTO DE MUESTREO		AGUAS ARRIBA	AGUAS MEDIAS	AGUAS ABAJO
PARÁMETRO	UNIDADES DE MEDIDA	RESULTADO		
pH	pH	6.68	6.70	6.71
Conductividad	µS/cm	48.0	67.0	76.0
Turbiedad	NTU	0.97	0.51	1.15
Hierro	mgFe/L	0.18	0.60	0.34
Fosfatos	mgPo4/L	0.80	1.00	1.60
Nitritos	mgNO2/L	0.04	0.02	0.03
Nitratos	mgNO3/L	0.74	0.71	0.53
Alcalinidad	mgCaCO3/L	3.00	3.00	4.00
Color	UPC HANZEN	12	16	12
Demanda Biologica De Oxigeno	mg/L	<0.5	0.57	0.50
Demanda Quimica De Oxigeno		<10	10.0	<10
Solidos Disueltos	mg/L	24.0	36.0	40.0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	3.32	1.75	3.93
Sólidos Sedimentables	mg/L	<0.1	<0.1	0.20
Cloro	mg CL/L	0.05	0.08	0.09
Cloruros	mg/L	1.00	1.00	1.00

Fuente: CORPOAMAZONIA, 2015

- Conclusiones del análisis de la red de monitoreo de CORPOAMAZONIA

Del análisis desarrollado se concluye que si bien los monitoreos anuales para las fuentes hídricas de la cuenca del rio Hacha presentan información en términos de calidad del agua, no es suficiente para realizar un análisis completo de su calidad en virtud de las siguientes razones:

- Se realiza únicamente un monitoreo al año en temporada de lluvia, lo que imposibilita hacer un seguimiento continuo a las condiciones de calidad del agua;

y así mismo limita los análisis, pues no se disponen de datos de calidad para épocas secas, y por lo tanto no es posible identificar como las variables climáticas asociadas principalmente a la “precipitación” influyen en la variación de los valores de los parámetros físicoquímicos y biológicos de calidad del agua.

- los monitoreos no contemplan la estimación del ICA, salvo los realizados en los años 2010, 2011 y 2014, lo que implica hacer los cálculos para poder evidenciar los cambios a través del tiempo.

3.8.1.2 Red de Monitoreo de la Empresa de Servicios Públicos de Florencia SERVAF S.A E.S.P. En el marco del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos del Sistema de Alcantarillado 2013 – 2024, administrado y operado por SERVAF S.A E.S.P., se han identificado al menos 15 puntos de agua, para el monitoreo de aguas superficiales, los cuales se corresponden a cuerpos de agua receptores de las aguas residuales y bocatomas.

.

Tabla 131. Puntos de monitoreo de SERVAF. S.A E.S.P. en la cuenca del rio Hacha.

FUENTE HÍDRICA	N	COORDENADAS	
		W	W
Quebrada El Dedo	Ciudadela Aguas Arriba	1161056.04	671475.55
	Ciudadela Aguas Abajo	1161211.38	671306.38
	Bocatoma	1158994.37	674.227.41
Quebrada La Sardina	Minuto De Dios Aguas Arriba	1165104.87	670764.62
	Comfaca Punto Medio	1164078.91	670.454.66
	Comuneros Aguas Abajo	1163894.60	670401.78
Río Hacha	Chamons Aguas Abajo	1170100.28	668035.
	Puente Lopez Tramo Medio	1163387.24	669385.897
	Bocatoma Caraño	1160177.09	683679
	Punto Medio Primer Puente	1162550.71	673391.88
Quebrada La Perdiz	Fuente Receptora Guamal	1163054.72	669510.24
	Punto Medio Curiplaya	1162986.96	670019.03
	Sector Norte Aguas Arriba	1164498.25	671956.64
Caño el Despeje	Villa Maria Punto Bajo	1165085.63	668453.58
Quebrada el Águila	Bocatoma El Aguila	1159126.35	674403.36

Fuente: SERVAF. S.A E.S.P., 2013

Los monitoreos tienen por objeto generar información actualizada sobre la calidad ambiental de las fuentes hídricas abastecedoras y receptoras en Florencia, en términos del análisis y evaluación de parámetros físico - químico y bacteriológicos, en las épocas de invierno y verano. Para tal efecto, el desarrollo de los monitoreos consideró el análisis de los siguientes parámetros:

Tabla 132. Parámetros de calidad físico químicos usados.

Parámetro
1. DBO5 (mg/L)
2. DQO5 (mg/L)
3. Solidos Suspendidos Totales (mg/L)
4. Solidos Disueltos Totales (mg/L)
5. Coliformes fecales y totales
6. Grasas y aceites
7. Hidrocarburos
8. Temperatura (°C)
9. pH
10. Conductividad
11. Turbidez (UNT)
12. Nitratos
13. Nitritos
14. Fosfatos
15. Amonio
16. Caudal

Fuente: SERVAF. S.A E.S.P, 2013

- Análisis de la calidad del recurso hídrico de las fuentes monitoreadas por SERVAF. S.A E.S.P. Los objetivos de calidad del agua definidos en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos del Sistema de Alcantarillado 2013 – 2024, sobre la cuenca del Rio Hacha, se establecieron en las fuentes hidrias del, Quebrada la Perdiz, Quebrada la Sardina y Quebrada el Dedo, y rio Hacha. Para las tres primeras se realizaron tres muestreos en puntos diferentes (Bocatoma de SERVAF, aguas arriba, y aguas abajo); mientras que para la última se consideran cuatro puntos de muestreo Bocatoma de SERVAF, aguas arriba, aguas media y aguas abajo.

No obstante, la información contenida en el PSMV solo hace referencia a que los análisis corresponden a una medición “anual” sin especificar la fecha de muestreo lo que dificulta establecer la temporalidad (época lluvia o seca) en la que fueron realizados los monitoreos, por lo tanto, no se logra establecer una regularidad en la toma de información, lo que limita el alcance de los análisis de calidad.

Como parte del análisis de calidad de agua se utilizaron los criterios establecidos por el Decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Agricultura que reglamenta y define los usos de agua de acuerdo a las características fisicoquímicas de la misma, y cuya presentación se desarrolla en el apartado anterior.

El análisis de los resultados estuvo a cargo del laboratorio ANALQUIM que se encuentra acreditado por el IDEAM.

I. Quebrada el Dedo. Los resultados de análisis fisicoquímico (Ver Tabla 133) indican que las aguas de la Quebrada El Dedo pueden ser usadas para consumo humano siempre y cuando se sometan a tratamientos de potabilización convencionales. En general son aguas de buena calidad y pueden destinarse para diferentes usos.

Tabla 133 Análisis Fisicoquímico quebrada El Dedo SERVAF. S.A. E.S.P

PARAMETRO	UNIDADES	A ARRIBA	A. ABAJO	BOCATOMA
Coliformes	NMP/100 mL	22X10E^3	21X10E5	2500
D.B.O.	mg/L O2	<2	3	<2
D.Q.O.	mg/L O2	14	22	10
E. Coli	NMP/100 ml	3015	20X10E4	<1
Fosfatos	mg/L P	<0.09	<0.09	<0.09
Grasas Y Aceites	mg/L	<6	<6	<6
Hidrocarburos	mg/L	<10	<10	<10
In Situ Caudal	L/s	946.38	1054.97	310394
In Situ Conductividad	US/cm	28.3-49.5	40.9 - 44.5	40.40-43
In Situ Oxígeno Disuelto	mg/L O2	5.09-5.78	4.91 - 5.52	7.45-7.71
In Situ Ph	Unidades	6.86 - 7.29	7.14 - 7.31	7.23-7.53
In Situ Temperatura	°C	24.1- 27.4	25.6 - 27.5	26.2-27.9
Nitratos	mg/L N	N.D.	N.D:	0.05
Sólidos Disuelto Totales	mg/L	34	36	14
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	20	26	<5

Fuente: SERVAF. S.A E.S.P, 2013

II. Quebrada la Sardina. Según los resultados del análisis fisicoquímico (Ver Tabla 134), el agua proveniente de la quebrada La Sardina no es apta para consumo humano, o la agricultura de determinados cultivos (p ej. frutas que se coman con cascara u hortalizas de tallo corto), en virtud de que los valores registrados para coliformes exceden los permitidos en la norma para tales fines.[34]

En general las aguas de la quebrada La Sardina presentan un nivel aceptable de contaminación asociadas a una calidad regular, teniendo en cuenta que en su

[34] Los resultados indican que en la quebrada la Sardina se presentan las mayores concentraciones de DBO.

recorrido de aproximadamente 5 km recibe 15 vertimientos directos de aguas residuales del sistema de alcantarillado de la ciudad de Florencia (SERVAF S.A E.S.P, 2013).

Tabla 134 Análisis Fisicoquímico quebrada la Sardina SERVAF. S.A. E.S.P

PARAMETRO	UNIDADES	A ARRIBA	A. ABAJO	BOCATOMA
Coliformes	NMP/100 mL	59X10E5	54X10E5	52X10E5
D.B.O.	mg/L O2	13	68	20
D.Q.O.	mg/L O2	16	73	24
E. Coli	NMP/100 mL	30X10E3	11X10E5	40X10E4
Fosfatos	mg/L P	1.30	0.62	0.68
Grasas y Aceites	mg/L	15	15	17
Hidrocarburos	mg/L	<10	<10	<10
In Situ Caudal	L/s	2152.45	822.601	713621
In Situ Conductividad	US/cm	99.5-	119 - 129	110.2 -
In Situ Oxígeno Disuelto	mg/L O2	4.0-5.2	4.06 - 5.50	4.56 -5.85
In Situ Ph	Unidades	6.98-7.19	7.16 - 7.29	6.46 - 6.87
In Situ Temperatura	°C	25.4-28.6	24.8 - 27.9	24.5 - 27.3
Nitratos	mg/L N	0.4	0.74	0.7
Sólidos Disuelto Totales	mg/L	74	112	112
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	13	47	46

Fuente: SERVAF. S.A E.S.P, 2013

III. Quebrada la Perdiz. Los resultados del análisis fisicoquímico (Ver Tabla 135), indican que para las aguas de la Quebrada la Perdiz existen restricciones para destinar su uso como consumo humano, agrícola o de recreación debido a que los valores de coliformes superan lo permitido por la norma. Sin embargo, las concentraciones en los otros parámetros como nitratos, fosfatos y sólidos suspendidos sugieren que el agua puede ser sometida a procesos de potabilización convencional y de desinfección, permitiendo de esta forma su uso para consumo humano.

En su recorrido de aproximadamente 11 kilomegtros, las aguas de la Quebrada la Perdiz reciben los vertimientos de 37 vertimientos directos de aguas residuales del sistema de alcantarillado.

Tabla 135. Análisis Fisicoquímico quebrada la Perdiz SERVAF. S.A. E.S.P

PARAMETRO	UNIDADES	A ARRIBA	A. ABAJO	BOCATOMA
Coliformes	NMP/100 mL	NMP/100 mL	913.9	46X10E5
D.B.O.	mg/L O2	mg/L O2	3	13
D.Q.O.	mg/L O2	mg/L O2	77	16
E. Coli	NMP/100 mL	NMP/100 mL	<1	40X10E4
Fosfatos	mg/L P	mg/L P	<0.09	1.15
Grasas Y Aceites	mg/L	mg/L	<6	6
Hidrocarburos	mg/L	mg/L	<10	<10
In Situ Caudal	L/s	L/s	3.193	2349.72
In Situ Conductividad	US/cm	US/cm	13.09 - 13.63	78.3-86.7
In Situ Oxígeno Disuelto	mg/L O2	mg/L O2	7.99 - 8.11	3.6-4.70
In Situ pH	Unidades	Unidades	7.28 - 7.51	6.44-6.86
In Situ Temperatura	°C	°C	23.9 - 24.5	24.6- 25.9
Nitratos	mg/L N	mg/L N	0.11	0.4
Sólidos Disuelto Totales	mg/L	mg/L	10	65
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	mg/L	5	27

Fuente: SERVAF. S.A E.S.P, 2013

IV. Rio Hacha. Los resultados del análisis fisicoquímico que se muestran en la Tabla 136, restringen el uso de las aguas del Rio Hacha para consumo humano, y agrícola. Durante su recorrido de aproximadamente 20 kilómetros recibe 28 vertimientos de aguas residuales del sistema de alcantarillado.

Tabla 136. Análisis Fisicoquímico río Hacha SERVAF. S.A. E.S.P

PARÁMETRO	UNIDADES	BOCATOMA	A. ABAJO	A. CENTRO	A. ARRIBA
Coordenadas	Latitud	1160177.09E	1170100.28E	1163387.24E	1162550.71E
	Longitud	683677.24N	668033.20N	669385.89N	673391.88N
Coliformes Totales	NMP/100 mL	601.5	28X10E5	15X10E4	4907
D.B.O.	mg/L O_2	<2	<2	33	<2
D.Q.O	mg/L O_2	<6	<6	40	10
E. Coli	NMP/100	<1	6131	20X10E3	<1
Fósfatos	mg/L P	<0.09	0.60	<0.09	<0.09
Grasas Y Aceite	mg/L	<6	<6	<6	<6
Hidrocarburos	mg/L	<10	<10	<10	<10
In Situ Caudal	L/s	13.279,11	18583,57	17.818,92	8.604,25
In Situ Conductividad	US/cm	23.40- 25.7	50-58	37.3 – 57.2	26.5 - 28.7
In Situ Oxígeno Disuelto	mg/L O_2	8.25 - 8.83	5,62-6,83	6.21 - 7.73	8.29 - 8.50
In Situ Ph	pH	6.98 - 7.54	6,16-6,39	6.78 - 6.93	7.40 - 7.50
In Situ Temperatura	°C	20.8-22.3	25,6-32,2	26.6 – 29.1	23.1 - 23.5
Nitratos	mg/L N	N.D.	0.3	0.05	ND
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	12	37	42	26
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	<5	7	8	<5
Turbiedad	UNT	3.71	5.68	5.73	3.50

Fuente: SERVAF. S.A E.S.P, 2013

- Conclusiones del análisis de la red de monitoreo de SERVAF S.A E.S.P.

Se puede determinar que los resultados muestran que la calidad del agua de las fuentes hídricas analizadas son buenas, no obstante este resultado discrepa con la realidad de estas fuentes hídricas, pues por su apariencia y otros bio-indicadores muestran mayor afectación.

Sin embargo, la razón de este comportamiento deriva del alto nivel de pluviosidad, los múltiples nacimientos de aguas que se mezclan al sistema o desembocan directamente a las fuentes receptoras y primordialmente, por ser un sistema combinado, permitiendo el aumento del oxígeno necesario para repeler el efecto de los vertimientos y a su vez modificar las condiciones físico-químicas del agua, tal como lo muestran estos resultados.

Por lo tanto, para obtener unos resultados más aproximados en términos de calidad es necesario realizar campañas de monitoreo del recurso hídrico en los meses que se corresponden con época seca, de esa forma se discrimina la influencia que pueda tener el factor de pluviosidad sobre los resultados.

3.8.1.3 Análisis de aguas realizado por la Universidad de la Amazonia. En la Universidad de la Amazonia se han venido desarrollando trabajos de investigación que contemplan análisis fisicoquímicos, organolépticos y biológicos, incorporando macroinvertebrados acuáticos, en diferentes puntos dentro de la cuenca del río Hacha, los cuales se han utilizado para el cálculo y análisis de índices de calidad de agua diferentes al propuesto por el IDEAM, y que han permitido observar el estado de contaminación de las aguas superficiales en dicha cuenca (Tabla 137).

Tabla 137 Puntos de monitoreo usados por la Universidad de la Amazonia.

Referente bibliografico	Punto	Estación	Coordenadas	
			N	W
Evaluación de la calidad del agua del río Hacha (Florencia, Caquetá) con enfásis en el contenido de carga orgánica y la aplicación de bioindicadores (año muestreo: 2005)	1	El Caraño	1°44'15,1''	75°38'44,1''
	2	Primer puente	1°38'39,6''	75°37'10,6''
	3	Puente El Encanto	1°37'28,0”	75°37'21,4''
	4	Puente Lopez	1°36'28,9''	75°36'46,1''
	5	Capitolio	1°35'26,0”	75°32'15,1''
Determinación de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad de agua de la Q, La Yuca, Florencia - Caquetá (año muestreo: 2005)	1	Charco del Tigre	1°37'00,6''	75°39'49,4''
	2	Charco Azul	1°36'07,0''	75°39'24,1''
	3	Puente La Yuca	1°36'27,6''	75°38'16,7''
	4	Desembocadura Q, La Yuca	1°36'49,94'	75°37'13,56

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Tabla 1377 (Continuación). Puntos de monitoreo usados por la Universidad de la Amazonia.

Referente bibliografico	Punto	Estación	Coordenadas	
			N	W
Determinación del grado de contaminación del agua del río Hacha en su parte media y baja, en el municipio de Florencia (año muestreo: 2006)	1	El Caraño	1°44'15,1"	75°38'44,1"
	2	Primer puente	1°38'39,6"	75°37'10,6"
	3	Puente El Encanto	1°37'28,0”	75°37'21,4"
	4	Puente Lopez	1°36'28,9"	75°36'46,1"
	5	Capitolio	1°35'26,0”	75°32'15,1"
Composisción fúngica y su relación con los niveles de contaminación orgánicas en ecosistemas acuáticos andino-amazónico, estudio de caso río Hacha (año muestreo: 2013)	1	Vda Santa Helena	01°46'28,5"	75°39'11,3"
	2	El Caraño	1°38'39,6"	75°37'10,6"
	3	Primer puente	1°38'39,6"	75°37'10,6"
	4	Puente Lopez	1°36'28,9"	75°36'46"
Plan de manejo ambiental de la Microcuenca El Dedito del municipio de Florencia, Caquetá (año muestreo 2012 - 2013)	1	Aguas arriba	1°37'22,6"	75°39'06,6"
	2	100m después Q. San Antonio	1°37'5,7"	75°38'15,7"
	3	Antes de la desembocadura Q. El Dedo	1°37'05,9"	75°38"14,2
Estructura de la comunidad de algas perifiticas del río Hacha, Florencia - Caquetá (año muestreo: 2014)	1	Sucre	1°46'28,8"	75°39'13,8"
	2	El Caraño	1°43'33,7"	75°38'12,8"
	3	Primer Puente	1°38'31,41	75°37'02,93
	4	Puente López	1°35'9,9"	75°33'19,6"
Evaluación de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua de la Q,La Sardina, municipio de Florencia, Caquetá (año muestreo: 2015)	1	Nacimiento	1°38'26"	75°34'24"
	2	Sector acueduto Veredal	1°38'21"	75°34'24"
	3	Vereda La Sardina	1°37'19"	75°35'06"
	4	Puente El Minuto	1°37'05"	75°35'40"
	5	Puente Torcido	1°36'58"	75°36'08"
	6	Desembocadura - B/ Los Comuneros	1°36'53"	75°36'20"

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.8.1.4 Otras fuentes de Monitoreo. Adicional a los puntos de monitorio mencionados previamente, la revisión y análisis de información permitió identificar puntos de muestreo adicionales, que si bien en la actualidad no se encuentran en la capacidad de suministrar información al nivel de detalle, si pueden llegar a ser de utilidad para complementar los análisis de calidad de agua en algunas zonas específicas de la cuenca, para las cuales la información llegara a ser limitada (Tabla 138).

Tabla 138. Puntos de monitoreo adicionales

FUENTE HÍDRICA MONITOREADA	SITIO/ESTACIÓN	COORDENADAS		REALIZADO POR	PERIODO DE MONITOREO	PARÁMETROS EVALUADOS
		N	W			
Rio Hacha	50m aguas arriba del punto de vertimiento - Terpel	01°38'39,2"	75°36'45,3"	Organización Terpel	Semestral	pH, DQO, DBO5, SST, grasas y aceites e hidrocarburos
	50m aguas abajo del vertimiento - Terpel	01°38'37,1"	75°36'46,1"	Organización Terpel	Semestral	pH, DQO, DBO5, SST, grasas y aceites e hidrocarburos
Quebrada La Yuca	50m aguas arriba del punto de vertimiento	01°36'23,6"	75°38'09,4"	Nestle	Semestral	OD, %SOD, temperatura, coliformes fecales y totales, pH, DBO5, SST, DQO y caudal
	150m aguas abajo sobre quebrada La Arenosa	01°36'21,3"	75°38'0,07"	Nestle	Semestral	OD, %SOD, temperatura, coliformes fecales y totales, pH, DBO5, SST, DQO y caudal
	50m aguas arriba del punto de vertimiento	01°36'13,3"	75°37'50,1"	Alcaldía de Florencia - Secretaría de Obras Públicas	Semestral	OD, %SOD, temperatura, coliformes fecales y totales, pH, DBO5, SST, DQO, nitratos, amonio, nitritos, fosfatos totales, turbiedad, SDT y caudal
	100m aguas abajo sobre quebrada La Arenosa	01°36'08,1"	75°37'47"	Alcaldía de Florencia - Secretaría de Obras Públicas	Semestral	OD, %SOD, temperatura, coliformes fecales y totales, pH, DBO5, SST, DQO, nitratos, amonio, nitritos, fosfatos totales, turbiedad, SDT y caudal

Fuente: Ecointegral Ltda, Contrato N° 0390 2016

Tabla 138 (Continuación). Puntos de monitoreo adicionales

FUENTE HÍDRICA MONITOREADA	SITIO/ESTACIÓN	COORDENADAS		REALIZADO POR	PERIODO DE MONITOREO	PARÁMETROS EVALUADOS
		N	W			
Quebrada San Joaquín	100m aguas arriba del vertimiento	01°36'24,7"	75°35'21,7"	Gaseosas Florenciana	Semestral	OD, %SOD, temperatura, coliformes fecales y totales, pH, DBO5, SST, DQO, nitratos, fosfatos totales, turbiedad, SDT y caudal
	100m aguas abajo del vertimiento	01°36'18,5"	75°35'20"	Gaseosas Florenciana	Semestral	OD, %SOD, temperatura, coliformes fecales y totales, pH, DBO5, SST, DQO, nitratos, fosfatos totales, turbiedad, SDT, plomo, cadmio, cromo y caudal
Quebrada Dosquebradas	60m aguas arriba del vertimiento	01°37'02,1"	75°37'58,7"	Condominio Santana	Semestral	OD, %SOD, temperatura, coliformes fecales y totales, pH, DBO5, SST, DQO, nitratos, amonio, nitritos, ortofosfatos, fosfatos totales, nitratos, nitritos, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total, turbiedad, SDT, SSED, ST, SAAM y caudal
	30m aguas abajo del vertimiento	01°36'58,2"	75°37'58,3"	Condominio Santana	Semestral	OD, %SOD, temperatura, coliformes fecales y totales, pH, DBO5, SST, DQO, nitratos, amonio, nitritos, ortofosfatos, fosfatos totales, nitratos, nitritos, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total, turbiedad, SDT, SSED, ST, SAAM y caudal

Fuente: Ecointegral Ltda, Contrato N° 0390 2016

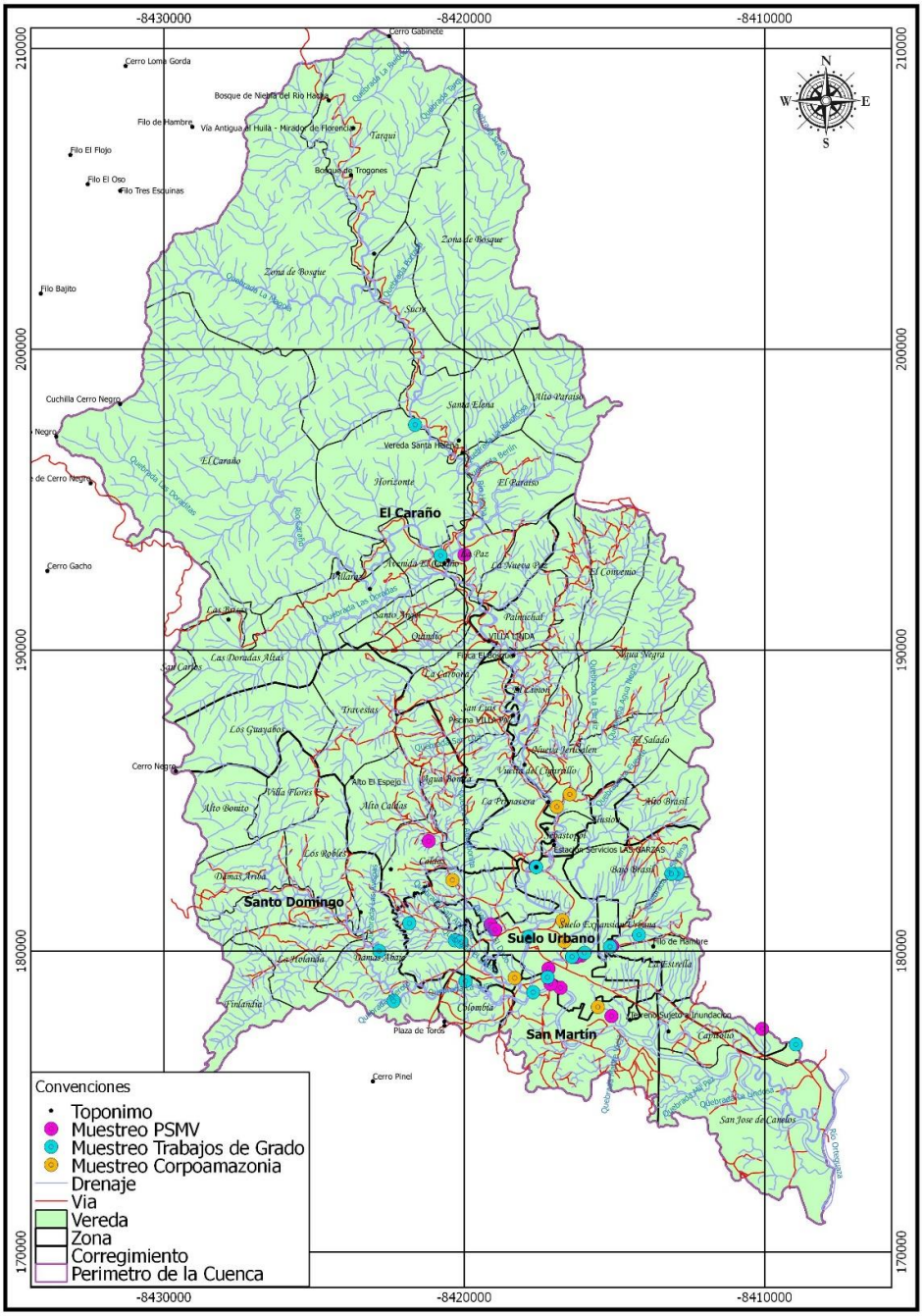
Tabla 138 (Continuación). Puntos de monitoreo adicionales

FUENTE HÍDRICA MONITOREADA	SITIO/ESTACIÓN	COORDENADAS		REALIZADO POR	PERIODO DE MONITOREO	PARÁMETROS EVALUADOS
		N	W			
Caño el Sena	50m aguas arriba del vertimiento	01°36'17,9''	75°34'57,6''	SENA	Semestral	OD, %SOD, temperatura, coliformes fecales y totales, pH, DBO5, SST, DQO, nitratos, amonio, nitritos, fosfatos totales, turbiedad, SDT y caudal
	100m aguas abajo del vertimiento	01°36'17,3''	75°34'57,4''	SENA	Semestral	OD, %SOD, temperatura, coliformes fecales y totales, pH, DBO5, SST, DQO, nitratos, amonio, nitritos, fosfatos totales, turbiedad, SDT y caudal
Altos del Cunduy		01°38'18,6''	75°36'21,8''	CONSTRUCTORA CALCIA LTDA	Semestral	DBO5, DQO, SST, pH, OD, coliformes fecales y totales, turbiedad y grasas y aceites
Quebrada El Dedito	50m aguas arriba del vertimiento	01°36'55,6''	75°38'6,7''	ALFONSO OBREGON CALDERON	Semestral	OD, %SOD, temperatura, coliformes fecales y totales, pH, DBO5, SST, DQO, nitratos, amonio, nitritos, fosfatos totales, turbiedad, SDT y caudal
	100m aguas abajo del vertimiento	01°36'56,3''	75°38'3,1''	ALFONSO OBREGON CALDERON	Semestral	OD, %SOD, temperatura, coliformes fecales y totales, pH, DBO5, SST, DQO, nitratos, amonio, nitritos, fosfatos totales, turbiedad, SDT y caudal

Fuente: Ecointegral Ltda, Contrato N° 0390 2016

3.8.1.5 Espacialización de las redes de monitoreo. En la Figura 98 se presenta la espacialización de los puntos de muestreo de aguas identificadas en el marco del proceso de actualización de información para la cuenca del Rio Hacha.

Figura 98. Espacializacion de los puntos identificados en las diferentes redes de monitoreo, para la cuenca del rio Hacha.



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.8.2 Actividades productivas en la Cuenca del Río Hacha

Actualmente en el área de influencia de la cuenca se desarrollan actividades asociadas a los diferentes sectores económicos (primarios, secundarios y terciarios); siendo algunas de ellas de mayor relevancia en la región, tal y como es el caso de la ganadería que por las condiciones biofísicas del territorio es posible desarrollar actividades pecuarias de tipo extensivo. No obstante existen otros actividades tales como el comercio y las industrias manufactureras, que si bien no son representativos en el contexto actual, es probable que tengan amplias posibilidades de desarrollo en el futuro debido a la importancia que tiene la ciudad de Florencia como foco de desarrollo económico de la región Amazónica.

A continuación, se hace una recopilación de las principales actividades asociadas a los sectores económicos presentes en la cuenca:

3.8.2.1 Sector Primario

- Actividades Agrícolas. Se han identificado 16 sistemas productivos diferentes que son: cacao, café, caña panelera, piña, plátano, caucho, carne, leche, maderables, productos no maderables del bosque, frutales amazónicos, ovinos, flores amazónicas, piscicultura, avicultura y porcicultura, de los cuales, tan sólo 7 sistemas productivos que son el cacao, caucho, carne, leche, piscicultura, caña y café, han realizado avances en la conformación de cadenas productivas o alianzas productivas. Del mismo modo hay poco aprovechamiento de la economía a escala" (PDM, 2016).

De acuerdo a la información consignada en el componente socioeconómico de la presente fase de diagnóstico del POMCA, el tamaño aproximado de los predios productivos son:

- Grande: Fincas de 36 hectáreas y más.
- Mediano: Fincas de 18 a 20 hectáreas
- Pequeñas: Fincas de 1 a 10 hectáreas

En el área de la cuenca se produce el 43,1% de las toneladas agrícolas del municipio, de manera tradicional con bajos rendimientos, destacándose cultivos como plátano, yuca, arroz, maíz, café y de tardío rendimiento el cacao y la caña. En la siguiente tabla se presenta la distribución de cultivos tradicionales teniendo en cuenta la producción de cada corregimiento.

Tabla 139. Distribución de cultivos en la cuenca del rio Hacha, según la producción de cada corregimiento (Ha).

TIPO DE CULTIVO	EL CARAÑO	SANTO DOMINGO	VENECIA	ORTEGUAZA	TOTAL
Caña	325	85	8	125	543
Cacao	178	51	71	51	351
Café	130	67	1	140	338
Frutales	19	9	6	26	60
Chontaduro	0	0	259	2	261
Caucho	14	3	3	0	20
Piña	45	13	0	5	63
Banano / Píldora	43	26	0	0	69
Plátano	424	267	26	346	1063
Maíz	118	55	40	123	336
Sandia y Zapallo	0	2	42	0	44
Frijol	4	0	0	23	27
Arroz	0	0	200	5	205
Yuca	86	36	77	30	229
Total	**1.386**	**614**	**733**	**876**	**3.609**

Fuente. PDM Florencia 2016- 2019 (Anexo 3.1 consolidado pacto agrario)

Así mismo la revisión de información secundaria, permitió establecer el siguiente perfil productivo agrícola para los principales corregimientos de la cuenca:

- Corregimiento Santo Domingo: plátano píldoro en pequeña escala, galpones orgánicos de producción de Orellana, hoja de plátano, café, cacao y hay pequeñas piscinas de piscicultura produciendo cachama en el Sector E. Con un nivel básico de transformación (mermeladas, pulpas, conservas, café tostado etc.) se comercializan los productos alimenticios elaborados por los habitantes en el mercado campesino que se realiza los días sábados en el casco urbano de Florencia.

- Corregimiento Caraño: caña, cacao , huertas caceras, ganadería y especies menores, maderables y vivero forestal con especies nativas. Desde el sector servicios se tienen lavaderos de automóviles, aproximadamente 20 balnearios turísticos (Sectores A – B - C).

- Zona urbana industrial de Florencia: sobresale la empresa Gaseosas Florenciana que embotella gaseosas nacionales reconocidas, produce la gaseosa regional y vende agua La Cristalina.

- Corregimiento de Venecia. Sobresale la producción de caucho combinado con maderables.

- Actividades Ganaderas. En términos generales, la ganadería se constituye como la principal actividad económica del Caquetá; el municipio de Florencia tiene el cuarto hato bovino más grande de departamento, con un total de 63,5 miles de cabeza de ganado para el año 2016, lo que representó un incremento de casi el 16,31% respecto al inventario del año 2015 (Comite Departamental de Ganaderos del Caqueta. 2016).

Frente a la oferta de ganado que se desarrolla en los corregimientos ubicados en el área de influencia de la cuenca del rio Hacha, se tiene que los corregimientos de mayor producción ganadera corresponden a Venecia y San Martin, tal y como lo pone en evidencia la siguiente tabla:

Tabla 140. Distribución de ganado en los corregimientos de la cuenca del rio Hacha. Número de cabezas de ganado

CORREGIMIENTO	COMPONENTE PECUARIO (ESPECIES)					
	BOVINOS	EQUINOS	PORCINOS	AVES	CODORNICES	PECES
El Caraño	3189	616	627	23220	800	6500
Santo Domingo	3326	493	278	22950	0	39800
Venecia	8012	873	224	7710	0	40300
San Martin	15.690	772	234	5.512	0	1.000
Orteguaza	5020	498	163	4130	0	0
Total	**35237**	**3252**	**1526**	**63522**	**800**	**87600**

Fuente. PDM Florencia 2016- 2019 (Anexo 3.1 consolidado pacto agrario)

Cabe resaltar que el desarrollo de la actividad agropecuaria es poco tecnificada y en muchos casos no cuenta con la implementación de buenas prácticas para el adecuado uso del recurso hídrico y el manejo de vertimientos producto de la actividad agrícola y pecuaria. No obstante, actualmente no se dispone de información que permita establecer el nivel de cargas contaminantes vertidas sobre fuentes receptoras procedentes del desarrollo de actividades agropecuarias

3.8.2.2 Sector Secundario. El sector secundario agrupa todas aquellas actividades relacionadas con la transformación de materias primas en productos e consumo o bienes de equipo. Actualmente la industria de transformación en la cuenca del rio Hacha se reduce a la manufactura de productos cárnicos, lácteos, frutales amazónicos, bebidas, muebles de madera y tubo, bloques y prefabricados, metalurgia, tapicerías, entre otras.

De acuerdo con la información recopilada para el componente socioeconómico de la presente fase de diagnóstico del POMCA, se han identificado que las industrias más importantes en la cuenca son:

- GASEOSAS FLORENCIANA: tiene un tamaño aproximado de 12 mil mts2, dividido en las zonas de producción, embotellado, almacenamiento, carga, y descarga entre otras.

- LAVADERO DE AUTOS LA CASCADA: el servicio se presta para vehículos pequeños, medianos y motos, pero no se presta los servicios a vehículos que requieran retiro de grasas.

- ORGANIZACIÓN TERPEL: que presta el servicio de suministro de combustibles. No obstante, durante la operación de servicio se generan vertimientos líquidos, que antes de ser depositados en una fuente hídrica receptora cuentan con un tratamiento primario en una PTAR de la que dispone la compañía.

- NESTLE: cuya industria manufacturera de diferentes productos comestibles es una de las más reconocidas en la región Amazónica. Cabe resaltar que la empresa cuenta con una PTAR para el manejo de vertimientos, antes de ser depositados en una fuente hídrica receptora

3.8.2.3 Sector Terciario. Está constituido por todas las actividades económicas cuyo propósito es la producción de los servicios que demanda la población. Para la cuenca del Rio Hacha se ha identificado que aproximadamente el 97% del comercio corresponde a pequeñas y microempresas principalmente de carácter comercial. Actualmente en Florencia se encuentran registradas 4.955 empresas, de las cuales el 65% se dedican a actividades de comercio al por menor y por mayor.

3.8.3 Identificación de las principales actividades productivas que generan vertimientos de aguas residuales en la Cuenca del río Hacha

Con base en el proceso de revisión de información secundaria, se determinó que para la cuenca del rio Hacha se generan de vertimientos de aguas residuales que en su mayoría son de tipo doméstico, y algunos pocos casos de vertimientos industriales (Nestle, Gaseosas Florencianas y Organización Terpel S.A.)

Entre tanto el sistema de alcantarillado del municipio alcantarillado funciona como combinado (sanitario y pluvial) y no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales por lo que están son vertidas directamente a las fuentes hídricas que hacen parte del perímetro urbano, las cuales se convierten en fuentes receptoras de las aguas residuales de este sistema (Ver Tabla 141). Como dato importante cabe resaltar las altas concentraciones de cargas contaminantes totales que equivalen a 2.348,02 toneladas de demanda química de oxígeno (DQO) anuales; 1.068,95 toneladas de sólidos suspendidos totales (SST) y 1.254,45 toneladas de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) en el año.

Tabla 141. Cargas contaminantes de los vertimientos de aguas residuales domésticas de Florencia

FUENTE RECEPTORA	DQO ton/año	SST ton/año	DBO_5 ton/año
Rio Hacha[35]	668,77	303,22	339,51
Quebrada La Perdiz	1150,10	517,61	579,16
Quebrada La Sardina	321,45	154,39	208,09
Quebrada El Dedo	129,73	60,13	88,15
Caño Despeje	69,43	28,96	35,00
Caño San Joaquín	5,88	3,34	3,08
Caño El Manantial	1,57	0,77	0,86
Caño Florida	1,08	0,54	0,60
Total	2.348,02	1.068,96	1.254,45

Fuente: SERVAF. S.A E.S.P., 2013

Es importante resaltar que existen algunos cuerpos de agua de poco caudal (principalmente caños, humedales y nacederos de agua), que presentan un alto grado de afectación por las descargas de vertimientos directos de usuarios no conectados al sistema.

3.8.3.1 Vertimientos de Tipo Doméstico

- Rio Hacha. Desde el inicio del recorrido del rio Hacha en el barrio Villa Natalia en el perímetro urbano, hasta su confluencia con el caño El Despeje en el sector rural, se han identificado un total de 28 puntos vertimientos de aguas residuales del sistema de alcantarillado vertidos por 28 barrios de la comuna Norte, el Centro, la comuna Occidental y la Comuna Sur de la ciudad. La afectación ambiental asociada

[35] El rio Hacha como el principal cuerpo receptor final de los anteriores afluentes y de los vertimientos de todo el sistema de alcantarillado del municipio de Florencia.

a la descarga de aguas residuales sobre el rio Hacha se genera de tres formas diferentes:

- **Vertimiento directo de las aguas servidas al afluente:** algunas viviendas de los barrios ubicados en la rivera del rio Hacha como La Amazonía, El Torasso Alto, La Vega, Alfonso López, Circasia, La Floresta e Idema, no cuentan con un sistema de alcantarillado, ya sea por la inexistencia del mismo o por el diseño de las unidades sanitarias de sus viviendas, lo que conlleva a que los vertimientos líquidos se realicen de forma directa y sin tratamiento previo sobre la fuente del rio Hacha.

- **Procesos de escorrentía:** a causa del mal estado de las tuberías (principalmente desgaste o por la insuficiente extensión de la misma para llegar a la fuente receptora), que generan filtramiento de las aguas servidas hacia los afluentes más cercanos, y estos a su vez al rio Hacha. Esta situación se presenta en la Urbanización Pabonessa y el barrio Sinaí, con las aguas residuales provenientes de los Barrios La Paz y la Victoria. Otros puntos con similares características se presentan en los barrios Brisas del Hacha, Atalaya y Juan XXIII. (SERVAF S.A E.S.P, 2013)

- **Desbordamiento de Aguas:** principalmente por el reboce de las aguas servidas en los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales, ubicadas en los barrios el Sinaí y La Victoria, por el exceso de sedimentos y lodos, generando malos olores y atracción de vectores.

- Quebrada la Perdiz. El recorrido inicia a la altura de la Empresa Gas Caquetá, y finaliza en los límites de los barrios La Floresta y El Guamal, en la confluencia con el rio Hacha. Durante el trayecto se identifican 37 puntos de 37 vertimientos directos de aguas residuales del sistema de alcantarillado, generados en 36 barrios de la comuna Norte y Nororiental de la ciudad de Florencia.

La principal afectación se genera por la descarga de los vertimientos directos en los barrios Ventilador, Acacias, Simón Bolívar, Los Alpes, Buenos Aires, Raicero, Comuneros, La Bocana, El Guamal y Juan XXIII bajo, que se encuentran ubicados en la ribera de la quebrada, cuyas viviendas en muchos casos cuentan con un sistema de alcantarillado básico, pero por la arquitectura de los predios no es posible acceder a los mismos.

- Quebrada la Sardina. Los vertimientos del sistema de alcantarillado de la ciudad de Florencia sobre la quebrada inician en la comuna Oriental de la ciudad, a la altura del barrio La Sardina, y culminan en el vertimiento del barrio los Comuneros, San Judas Alto y las casas fiscales de la policía Nacional, ubicadas al costado de la avenida Roberto Claros. En el recorrido de aproximadamente 5 kilómetros de la

quebrada La Sardina se pudo focalizar 15 vertimientos directos del sistema de alcantarillado.

En ese sentido se han identificado dos formas de afectación por vertimientos directos:

- Por las viviendas aledañas a la quebrada de los barrios desde El Barrio el Portal, pasando por sectores de Palmeras, Kennedy, Nueva Colombia, Minutos de Dios, Pradera, Rodrigo Turbay y parte Baja del Barrio el Triunfo, que arrojan de forma directa sus aguas servidas, las cuales no están conectadas al sistema de alcantarillado existente. Estas descargas se generan.

- Por las descargas de algunas viviendas pertenecientes a los Barrios el Portal y Kennedy, este último que a su vez tiene tres afluentes de caños ubicados en el mismo sector (La Colina; Villanueva y El Castillo)[36], y cuyas aguas servidas llegan al caño las Palmeras, y posteriormente a la Quebrada la Sardina

Así mismo se han identificado que los afluentes de Los Caños las Perlas y Jazmín (que directamente a la Quebrada la Sardina), en conjunto con los caños Constructores y María Auxiliadora (que son afluentes del Caño Nueva Colombia y este a su vez desemboca en la Quebrada la Sardina) recepcionan las aguas servidas de múltiples hogares del Sector de la Parcelación La Florida, los Barrios El Cairo, Constructores, El Jazmín, Las Perlas y algunos Sectores de Nueva Colombia.

- Quebrada el Dedo. Las afectaciones sobre la Quebrada el Dedo se generan por los vertimientos directos domésticos provenientes de las viviendas ubicadas principalmente en el barrio los Nazareth y Rosales; En este último particularmente se evidencia una situación de bastante riesgo ambiental y sanitario, pues el sistema de alcantarillado se encuentra averiado por taponamiento, y esto produce que las aguas servidas salgan a flote y se desplacen por las calles del barrio, provocando malos olores y propagación de vectores y enfermedades.

Otras fuentes de contaminación se asocia con la presencia de asentamientos humanos suburbanos ubicados sobre el proyecto de Urbanización El Timmy, denominados: Casaquinta Cristales, la Ilusión y Rosales, los cuales no cuentan con un sistema de alcantarillado, por lo cual las aguas residuales de las viviendas están llegando a la Quebrada el Dedo por efecto de escorrentía, generado procesos erosivos, proliferación de vectores, malos olores y un riesgo inminente a la salud de

[36] Los caños el Mirador, El Maicero y Rodrigo Turbay desembocan directamente a la fuente hídrica la Sardina.

la población más vulnerable (especialmente infantes y adultos mayores) residente en el sector.

Por último, se tiene la problemática ambiental generada por la descarga directa de aguas residuales del conjunto cerrado "*Quintas de Barcelona*" sobre un humedal, cuya desembocadura se realiza en la quebrada El Dedito, y esta a su vez converge en la Quebrada El Dedo.

- Caño el Despeje. En el Caño el despeje se han identificado 8 puntos de vertimientos de aguas residuales domésticas, derivados de 27 barrios de la comuna sur oriental. El primer punto de vertimiento corresponde al humedal ubicado en el predio "I*DEMA*" en el barrio Versalles, que hace su recorrido a través de un box coulvert, por la Estación de Servicio Coomotor y continúa recolectando las aguas residuales del Barrio el Rosal, los otros 7 puntos restantes provienen del divorcio de agua de los barrios Transportadores, Nueva Florencia, Nuevo Horizonte, Villa Mónica y Villa María entre otros.

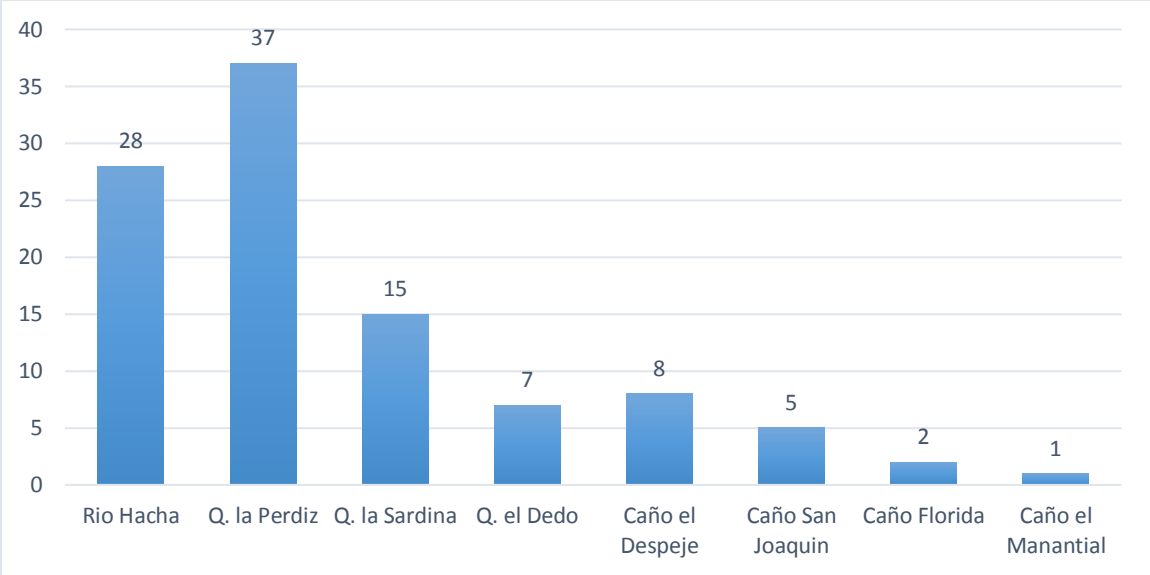
Por otra parte, también el Caño el Despeje recibe las descargas de aguas sanitarias de los pozos sépticos, en las urbanizaciones Parque Amazonía y Los Periodistas (ubicadas en la comuna Sur).

- Caño San Joaquín. La principal afectación ambiental sobre este afluente se genera por la recepción directa de vertimientos provenientes de dos fuentes: la primera de ellas corresponde al Caño las Gaviotas, el cual recibe dos puntos de vertimientos domésticos (Barrio Prados Norte y el Caño los Ángeles, que recoge el vertimiento de dos plantas de tratamiento ubicadas en el barrio Los Ángeles); y la segunda se asocia con el Sistema de Tratamiento Implementado por la Empresa Gaseosas Florenciana, cuya operación consistente en una la implementación de una de oxidación, que no cuenta con el adecuado mantenimiento para asegurar unas buenas condiciones ambientales derivadas de su funcionamiento.

- Caños el Manantial y la Florida. En los Caños el Manantial y la Florida se han identificado tres puntos de vertimientos directos, el primero de ellos se ubica en el Barrio limonar que vierte sus aguas en el caño el Manantial; mientras que los otros dos se localizan el barrio la Florida etapas I y II.

Teniendo en cuenta la información anterior, en total se han identificado 103 puntos (ver Anexo 17 Vertimientos Identificados en la cuenca del rio Hacha) de vertimientos distribuidos de la siguiente forma (Ver Gráfica 50):

Gráfica 50. Distribución de los vertimientos de aguas residuales domesticas identificadas en los afluentes de la cuenca del rio Hacha.



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

En la siguiente tabla se presenta la caracterización de los vertimientos domésticos identificados para los afluentes de la cuenca del Rio Hacha.

Tabla 142. Caracterización de Vertimientos de Tipo Doméstico.

FUENTE RECEPTORA	SITIO / PUNTOS	VERTIDO POR	TIPO DE FLUJO	TIEMPO DE DESCARGA (H/DÍA)	FRECUENCIA DESCARGA (DÍAS/MES)
Rio Hacha	28 puntos	28 barrios de la ciudad de Florencia	Intermitente	12	30
Quebrada La Perdiz	37 puntos	36 barrios de la ciudad de Florencia	Intermitente	12	30
Quebrada La Sardina	15 puntos	35 barrios de la ciudad de Florencia	Intermitente	12	30
Rio Hacha	28 puntos	28 barrios de la ciudad de Florencia	Intermitente	12	30
Quebrada La Perdiz	37 puntos	36 barrios de la ciudad de Florencia	Intermitente	12	30
Quebrada La Sardina	15 puntos	35 barrios de la ciudad de Florencia	Intermitente	12	30
Caño Despeje	8 puntos	27 barrios de la ciudad de Florencia	Intermitente	12	30
Caño Florida	2 puntos	Barrio Florida etapa I y II	Intermitente	12	30

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Tabla 142 (Continuación). Caracterización de Vertimientos de Tipo Doméstico

FUENTE RECEPTORA	SITIO / PUNTOS	VERTIDO POR	TIPO DE FLUJO	TIEMPO DE DESCARGA (H/DÍA)	FRECUENCIA DE DESCARGA (DÍAS/MES)
Quebrada El Dedo	7 puntos	Barrio Ciudadela, casa fiscales y sede social Ejército, Gimnasio Moderno y Portal de Nazareth	Intermitente	12	30
	Hostal Campestre El Paraíso	Hostal Campestre El Paraíso	Intermitente	10	30
Quebrada San Joaquín	4 puntos	3 barrios de la ciudad de Florencia	Intermitente	12	30
	Urbanización Prados del Norte	Urbanización Prados del Norte	Continuo	24	30
Caño El Manantial	1 punto	Barrio Limonar	Intermitente	12	30

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.8.3.2 Vertimientos de Tipo Industrial. Frente a los vertimientos de tipo industrial se han identificado tres puntos:

- El primero se ubica en el rio Hacha y corresponde a los vertimientos generados por la empresa La organización Terpel S.A. de Florencia genera vertimientos de aguas residuales industrial, generadas por las operaciones de almacenamiento y cargue de combustibles líquidos. La organización presenta una planta de tratamiento PTAR.

- El segundo se ubica en el caño San Joaquín y corresponde a la organización Gaseosas Florencianas, que genera vertimientos industriales derivados de los procesos de fabricación de gaseosas; cabe resaltar que la empresa cuenta con una planta de tratamiento PTAR.

- El tercero se ubica en la Quebrada la Yuca y corresponde a la empresa NESTE DE COLOMBIA. El cual cuenta con permiso de vertimientos líquidos de 12 lt/segundo; la organización dispone de una planta de tratamiento PTAR.

En la siguiente tabla se presenta la caracterización de los vertimientos de aguas industriales previamente identificados:

Tabla 143. Caracterización de Vertimientos de Tipo Industrial.

FUENTE RECEPTORA	SITIO /PUNTOS	VERTIDO POR	TIPO DE FLUJO	TIEMPO DE DESCARGA (H/DÍA)	FRECUENCIA DE DESCARGA (DÍAS/MES)
Rio Hacha	Instalaciones Organización Terpel	Oficinas y tanques de almacenamiento de la Organización Terpel S.A.	Intermitente	10	30
Quebrada San Joaquín	Gasesosas Florenciana	Gaseosas Florencias	Continuo	8	24,5
Quebrada La Yuca	NESTLE	Nestle	Intermitente	6	30

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.8.3.3 Otras actividades productivas que generan vertimientos. De acuerdo con el mapa de coberturas, la información suministrada por la comunidad y la observación en campo levantada en las cinco rutas (riesgo, biodiversidad, agua, suelos y social) en la fase de diagnóstico, la cuenca del río Hacha presenta la siguiente distribución de las zonas de producción agrícola y ganadera (Ver Tabla 144)

Tabla 144. Coberturas asociadas al desarrollo de actividades agropecuarias en la cuenca.

COBERTURA	ÁREA (HAS)	VEREDA(S)	CULTIVO(S)
Bosque fragmentado con cultivos (750-1500 msnm)	29,44	El Paraíso, Las Brisas	Café, cacao - plátano
Bosques fragmentados con pastos (400 – 750 msnm)	753,35	Horizonte, Los Robles, Damas Arriba, Finlandia, La Holanda, La Primavera, Agua Bonita y Caldas.	Pastos
Bosques fragmentados con pastos (750 – 1500 msnm)	2.135,98	Sucre, Santa Elena, Avenida El Caraño, Villaraz, El Convenio, San Francisco, Agua Negra Alta, Agua Negra Baja, Nueva Jerusalen, El Salado, Alto Caldas, Los Guayabos, Alto Bonito, Las Cascadas y Los Robles	Pastos

Fuente: Ecointegral, Contrato N° 0390 2016

Tabla 144 (Continuación). Coberturas asociadas al desarrollo de actividades agropecuarias en la cuenca.

COBERTURA	ÁREA (HAS)	VEREDA(S)	CULTIVO(S)
Bosques fragmentados con pastos y cultivos	2.615,05	El Paraíso, Alto Paraíso, Horizonte, Caraño, Doradas Bajas, Portal del Hacha, Doradas Altas, Travesías, Los Guayabos, Los Robles, La Carbona, Quindío, La Paz, La Nueva Paz, El Convenio	Café, caña panelera, cacao – plátano, pastos
Cananguchales asociados a pasturas	100,30	San José de los Canelos	Pastos
Estanques piscícolas	1,65	Caldas	Cachamas
Mosaico de cultivos con espacios naturales (750-1500 msnm)	101,91	Zona de Bosque, Tarqui, Sucre, Caldas	Caña panelera, cacao - plátano, café
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (1500 – 2300 msnm)	28,5	Quindío	Caña panelera, cacao – plátano, pastos
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (750 – 1500 msnm)	202,21	Sucre, Paraíso, Santa Elena, Villaraz, Quindío, La Carbona, Doradas Altas, Doradas Bajas	Caña panelera, cacao – plátano, café, pastos
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (400 – 750 msnm)	209,78	Portal del Hacha, San Luis, La Carbona, La Primavera, Alto Bonito, La Holanda, Damas Abajo, Colombia	Caña panelera, cacao – plátano, píldoro o bocadillo, pastos
Mosaico de pastos con espacios naturales (750 – 1500 msnm)	315,8	Sucre, Caraño, Doradas Altas, Las Brisas, Doradas Bajas, Santo Ángel, Quindío, La Carbona, Finlandia	Pastos
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (1500 – 2300 msnm)	28,5	Quindío	Caña panelera, cacao – plátano, pastos
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (750 – 1500 msnm)	202,21	Sucre, Paraíso, Santa Elena, Villaraz, Quindío, La Carbona, Doradas Altas, Doradas Bajas	Caña panelera, cacao – plátano, café, pastos
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (400 – 750 msnm)	209,78	Portal del Hacha, San Luis, La Carbona, La Primavera, Alto Bonito, La Holanda, Damas Abajo, Colombia	Caña panelera, cacao – plátano, píldoro o bocadillo, pastos

Fuente: Ecointegral, Contrato N° 0390 2016

Tabla 144 (Continuación). Coberturas asociadas al desarrollo de actividades agropecuarias en la cuenca

COBERTURA	ÁREA (HAS)	VEREDA(S)	CULTIVO(S)
Mosaico de pastos con espacios naturales (750 – 1500 msnm)	315,8	Sucre, Caraño, Doradas Altas, Las Brisas, Doradas Bajas, Santo Ángel, Quindío, La Carbona, Finlandia	Pastos
Mosaico de pastos con espacios naturales (400 – 750 msnm)	375,4	Doradas Bajas, Portal del Hacha, La Nueva Paz, Palmichal, San Francisco y El Limón	Pastos
Mosaico de pastos con espacios naturales (200 – 400 msnm)	22,17	El Limón y Capitolio	Pastos
Mosaico de pastos y cultivos (750 – 1500 msnm)	65,22	Sucre, Caraño, Doradas Bajas, Portal del Hacha, Santo Angel, La Carbona	Café, cacao – plátano, caña panelera, pastos
Mosaico de pastos y cultivos (400 – 750 msnm)	99,04	San Luis, Alto Caldas, Caldas	Cacao – plátano, caña panelera, pastos
Mosaico de pastos y cultivos (200 – 400 msnm)	17,71	Caldas	Cacao – plátano, caña panelera, pastos
Pastos arbolados	817,31	Sucre, Santa Elena, El Paraíso, Caraño, Avenida El Caraño, Doradas Bajas, Doradas Altas, Santo Angel, El Limón, Quindío, La Carbona, San Luis, La Primavera, Travesías, Los Guayabos, Caldas, Damas Abajo, Capitolio y San José de los Canelos.	Pastos
Pastos enmalezados	724,8	Sucre, Horizonte, Caraño, Doradas Bajas, Doradas Altas, Quindío, La Carbona, Travesías, Los Guayabos, Agua Bonita, Caldas, Damas Abajo, La Holanda, La Conga, Damas Arriba, Los Robles, El Limón, Nueva Jerusalén, Agua Negra Baja, Alto Brasil, Bajo Brasil y Capitolio	Pastos
Pastos mejorados	360,14	Convenio, San Francisco, Agua Negra Alta, Alto Brasil, Sebastopol, La Ilusión, Damas Abajo, La Sardina, Capitolio y San José de los Canelos	Pastos

Fuente: Ecointegral, Contrato N° 0390 2016

Tabla 144 (Continuación). Coberturas asociadas al desarrollo de actividades agropecuarias en la cuenca

COBERTURA	ÁREA (HAS)	VEREDA(S)	CULTIVO(S)
Pastos mejorados y gramas naturales	3.387,28	Sucre, Horizonte, La Nueva Paz, San Francisco, Doradas Bajas, Doradas Altas, Quindío, La Carbona, San Luis, El Limón, Nueva Jerusalén, La Primavera, Travesías, Los Guayabos, Los Robles, Agua Bonita, Alto Caldas, Caldas, Damas Arriba, La Conga, La Holanda, Finlandia, Damas Abajo, Colombia, San Juan del Barro, La Estrella, San José de los Canelos y Capitolio	Pastos
Zonas quemadas	31,86	Caraño, Quindío, La Carbona, Palmichal, San Francisco, Alto Bonito, Travesías y Los Guayabos	NA
Zonas taladas	144,9	Zona de Bosque, Tarqui, Sucre, Santa Elena, Horizonte, Alto Paraíso, Caraño, Avenida El Caraño, Villaraz, Doradas Bajas, Las Brisas, Doradas Altas, Quindío, La Carbona, San Luis, La Primavera, Travesías, Los Guayabos, Los Robles, Alto Bonito, Agua Bonita, Alto Caldas, Caldas, Villa Hermosa, La Conga, Finlandia	NA

Fuente: Ecointegral, Contrato N° 0390 2016

De acuerdo con el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas – ONU-DAES (2014), la calidad del agua viene determinada por la erosión del substrato mineral, los procesos atmosféricos de evapotranspiración y sedimentación de lodos y sales, la lixiviación natural de la materia orgánica y los nutrientes del suelo por los factores hidrológicos, y los procesos biológicos en el medio acuático que pueden alterar la composición física y química del agua. A nivel global, el principal problema relacionado con la calidad del agua lo constituye la eutrofización, que es el resultado de un aumento de los niveles de nutrientes (generalmente fósforo y nitrógeno) y afecta sustancialmente a los usos del agua. Las mayores fuentes de nutrientes provienen de la escorrentía agrícola y de las aguas residuales domésticas (también fuente de contaminación microbiana), de efluentes industriales y emisiones a la atmósfera procedentes de la combustión de combustibles fósiles y de los incendios forestales.

En la cuenca del río Hacha, se presentan los procesos de erosión del suelo, lixiviación de materia orgánica y nutrientes, provenientes de la escorrentía agrícola y ganadera. La tabla anterior, muestra que el 18% de la cuenca se encuentra bajo coberturas cultivadas únicamente bajo pastizales, las cuales corresponden a bosques fragmentados con pastos (400 – 750 msnm) bosques fragmentados con pastos (750 – 1500 msnm), cananguchales asociados a pasturas, mosaico de pastos con espacios naturales (200 – 400 msnm), mosaico de pastos con espacios naturales (400 – 750 msnm), mosaico de pastos con espacios naturales (750 – 1500 msnm), pastos arbolados, pastos enmalezados, pastos mejorados, pastos mejorados y gramas naturales, las cuales se encuentran distribuidas en toda la cuenca y se relacionan con la calidad del agua por aumentar la erosión del suelo y el escurrimiento de aguas respecto a las condiciones del pastizal. Según la FAO (2010), los bosques contribuyen significativamente manteniendo una elevada calidad del agua, puesto que reducen la erosión del suelo localmente, los sedimentos en las masas de aguas y atrapan o filtran otros contaminantes del agua.

De esta manera, los cambios en el tipo de vegetación, las modificaciones en la cubierta y las intensidades de pastoreo pueden dar como resultado cambios correspondientes en el régimen hidrológico. El escurrimiento excesivo, generalmente en zonas con menos cobertura boscosa o forestal, contribuye a la erosión, priva al ecosistema del agua que le es necesaria y reduce el suministro subterráneo. En las tierras desnudas o en las tierras de pastoreo muy pisoteadas, las gotas de lluvia caen con tal fuerza que desprenden partículas de suelo y compactan aún más el suelo, reduciendo la infiltración y el exceso de agua se escurre, llevándose las partículas de suelo (arrastre de sedimentos), que pueden alterar la composición física y química del agua (FAO, s.f.).

Por otra parte, el 0,26% de la cuenca se encuentra bajo coberturas que presentan cultivos agrícolas (caña panelera, café y asociación cacao – plátano), correspondientes a bosque fragmentado con cultivos (750-1500 msnm) y mosaico de cultivos con espacios naturales (750-1500 msnm). Además, un 6,47% del territorio se encuentra con coberturas que presentan cultivos agrícolas y pecuarios: bosques fragmentados con pastos y cultivos, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (1500 – 2300 msnm), mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (750 – 1500 msnm), mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (400 – 750 msnm), mosaico de pastos y cultivos (750 – 1500 msnm), mosaico de pastos y cultivos (400 – 750 msnm) y mosaico de pastos y cultivos (200 – 400 msnm), en los cuales se desarrollan los cultivos de café (*Coffea arabica*), caña panelera (*Saccharum officinarum*), píldoro o bocadillo (*Musa acuminata*), asociación cacao (*Theobroma cacao*) – plátano (*Musa paradisiaca*) y pasturas para ganado bovino, donde, generalmente se encuentra guadilla (*Homolepsis aturensis*), grama dulce (*Paspalum notatum*) y diferentes especies del género *Brachiaria.*

El Fondo para la Vida Silvestre (WWF) considera que los principales problemas ambientales en la producción de caña de azúcar son los efluentes, la pérdida de hábitats a medida que se limpia la tierra para cultivo y todas las consecuencias de las diversas prácticas agronómicas, en especial la erosión del suelo, contaminación del agua por el escurrimiento y la lixiviación de agroquímicos y resistencia de las malas hierbas, las plagas y las enfermedades (Centro de información del paraquat, 2013). Lo mismo sucede en el cultivo de cacao, donde la erosión de suelos está asociada al arrastre de material en zonas de laderas que no cuenta con trazados en curvas de nivel. En relación con la contaminación de suelo y agua, el establecimiento de viveros, la fertilización y el manejo de plagas, enfermedades y arvenses en plantas establecidas generan residuos tóxicos debido al uso de productos de síntesis química, los cuales son productos que derivan riesgos potenciales por dispersión de los mismos en los elementos agua y suelo (Ramos, 2014). Cabe resaltar, que actualmente se adelantan procesos de transición agroecológica en la cuenca, donde se están implementando abonos orgánicos productos del compostaje de residuos vegetales, los cuales sirven como acondicionadores de suelos.

Por último, en Colombia, el proceso de beneficio de café se ha hecho tradicionalmente por vía húmeda y esto es uno de los factores a los cuales se debe su excelente calidad, sin embargo, este proceso tal y como se hace actualmente, consume grandes cantidades de agua limpia y se contaminan cantidades equivalentes, en las labores de lavado y clasificación se consumen 20 litros de agua limpia por kg de café pergamino seco y un volumen igual en el despulpado y transporte hidráulico de la pulpa y del café en baba. Cenicafé realizó investigaciones en los que determinó que los subproductos generados durante el beneficio del café (pulpa y mucílago), para la obtención de una arroba de café pergamino seco, producen una contaminación equivalente a la de 100 personas en un día (Zuluaga & Zambrano, 1993). Aunque en la cuenca del río Hacha no se presentan grandes extensiones de este cultiv o, es preciso tener en cuenta los datos anteriores para no perjudicar la calidad del agua de las fuentes hídricas de la palta alta, donde se encuentra ubicado este cultivo.

3.8.4 Estimación de Cargas Contaminantes

En este capítulo se desarrolla el análisis para la estimación de las cargas contaminantes de las fuentes hídricas de la cuenca del rio Hacha, con base en la información disponible en los programas de monitoreo efectuados por CORPOAMAZONIA, y el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos del Sistema de Alcantarillado 2013 – 2024 adelantado por SERVAF S.A. E.S.P.

3.8.4.1 Cargas Contaminantes Jurisdicción CORPOAMAZONIA**.** CORPOAMAZONIA en virtud del cumplimiento de sus funciones misionales, en el marco del Programa Institucional de Tasas Retributivas por Vertimientos puntuales, y de acuerdo a lo establecido en el Decreto 2667 de 2012 "P*or el cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales*", desarrolla la propuesta orientada al establecimiento de metas de cargas contaminantes para el quinquenio 2015 - 2019, definida como el instrumento de planeación orientado a cumplir con los objetivos de calidad hídrica y de cumplimiento del procedimiento previsto para la consulta en la cual por parte de la autoridad ambiental se deben plantear los escenarios de metas, de acuerdo al análisis de las condiciones que más se ajusten al objetivo de calidad vigente al final del quinquenio y la capacidad de carga del tramo o cuerpo de agua correspondiente. (CORPOAMAZOMIA, 2015).

En el documento: "*Propuesta preliminar de cargas contaminantes para el quinquenio 2015 – 2019*" elaborado por CORPOAMAZONIA", se establecen los usos actuales para los afluentes principales de la cuenca del rio Hacha, las estimaciones de cargas contaminantes en términos de DQO y SST[37], y las metas preliminares de cargas contaminantes por tramos de la cuenca del rio Hacha. Así las cosas, CORPOAMAZONIA establece 4 puntos de interés, asociados a los principales usuarios que hacen vertimientos sobre 2 tramos de la cuenca, en los cuales realiza las estimaciones de cargas contaminantes y define los objetivos de calidad (Tabla 145).

Tabla 145. Puntos definidos por CORPOAMAZONIA para el establecimiento de los objetivos de calidad.

Usuarios	Ubicación	Tramo
Municipio de Florencia	Rio Hacha parte media	3
Batallón No 12	Quebrada el Dedo parte baja	2
Gaseosas Florencianas	Caño San Joaquín parte baja	2
Nestle de Colombia	Quebrada la Yuca parte baja	2

Fuente: CORPOAMAZONIA, 2015

A continuación, se presenta la proyección de la estimación de cargas contaminantes para los puntos definidos por la CORPORACION, para los años comprendidos entre el 2014 y el 2019:

[37] Con miras al establecimiento de la tasa retributiva, que tiene por objetivo la disminución de la carga contaminante de DBO5 y SST (Decreto 2667 de 2012)

Tabla 146. Cargas generadas en la cuenca Rio Hacha

USUARIO	CARGAS PARA DBO (Kg/año)					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Municipio de Florencia	269.879	275.434	281.010	286.589	292.137	297.625
Batallón No 12	2.620	2.620	2.620	2.620	2.620	2.620
Gaseosas Florencianas	9.276	9.276	9.276	9.276	9.276	9.276
Nestle de Colombia	25.720	25.720	25.720	25.720	25.720	8.876
TOTAL	**307.495**	**313.050**	**318.626**	**324.205**	**329.753**	**318.397**
USUARIO	**CARGAS PARA SST (Kg/año)**					
	2014	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
Municipio de Florencia	269.879	275.434	281.010	286.589	292.137	297.625
Batallón No 12	423	423	423	423	423	423
Gaseosas Florencianas	2.171	2.171	2.171	2.171	2.171	2.171
Nestle de Colombia	8.876	8.876	8.876	8.876	8.876	8.876
TOTAL	**281.349**	**286.904**	**292.480**	**298.059**	**303.607**	**309.095**

Fuente: CORPOAMAZONIA, 2015

Considerando las concentraciones de las cargas a verter por cada usuario durante el periodo de análisis, se estima si se excede o no la capacidad de carga de las corrientes (Ver Anexo 18 Objetivos de calidad para el cuerpo de agua urbano del Rio Hacha), considerando la necesidad de plantear estrategias encaminadas a la reducción de cargas durante el quinquenio 2015 – 2019. Para tal efecto se desarrolló un análisis de carga máxima permisible y de capacidad de asimilación en aquellos tramos que recibirán de manera definitiva en el tiempo, los vertimientos por usuario o grupos de usuarios.

La capacidad de asimilación de las cargas permisibles es estimada a través de la relación DBO-OD (sus tasas de decaimiento y reaireación), y la concentración crítica de oxígeno disuelto que se llega a alcanzar, sin que se exceda el límite del criterio u objetivo de calidad, a continuación, se presentan los resultados:

Tabla 147. Estimación de Cargas permisibles para DBO y SST en la cuenca Rio Hacha

USUARIO	CARGAS DBO (Kg/dia) a 2019			CARGAS SST (Kg/dia) a 2019		
	GENERADA	A VERTER	META DE CALIDAD	GENERADA	A VERTER	META DE CALIDAD
Municipio de Florencia	8154,1	8154,1	7338,69	8154,1	8154,1	7338,69
Batallón No 12	7,17	3,92	3,92	1,16	1,4	1,4
Gaseosas Florencianas	32,55	1,27	1,27	7,62	0,21	0,21
Nestle de Colombia	82,44	11,95	11,95	28,45	8,39	8,39
USUARIO	CALIDAD ESPERADA - OBJETIVO DE CALIDAD NIVEL DE OD (mg/l) AGUAS ABAJO					
	CON CARGA GENERADA	CON CARGAS A VERTER	CON CARGA META	EFICIENCIA (%)	NIVEL DE TRATAMIENTO	
Municipio de Florencia	3,68	3,68	4,09	10%	TRATAMIENTO PRIMARIO	
Batallón No 12	6,86	6,87	6,63	80%	TRATAMIENTO SECUNDARIO	
Gaseosas Florencianas	>4.0	>4.0	>4.0	80%	TRATAMIENTO SECUNDARIO	
Nestle de Colombia	7,01	7,11	7,11	80%	TRATAMIENTO SECUNDARIO	

Fuente: CORPOAMAZONIA, 2015

3.8.4.2 Cargas Contaminantes Jurisdicción SERVAF S.A E.S.P. Con base en la información de diagnóstico presentada en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos – PSMV de aguas residuales del municipio de Florencia, adelantado por SERVAF S.A E.S.P., se logró obtener los resultados de la estimación de cargas contaminantes para los sectores doméstico e industrial, en los afluentes de la cuenca del rio Hacha, y cuyos resultados se presentan a continuación:

- Cargas de tipo Doméstico. Como se mencionó se identificaron 103 puntos de vertimientos domésticos, que en su mayoría corresponden a aguas surtidas directamente a las fuentes hídricas sin ningún tipo de tratamiento; en la Tabla 148 se presentan la estimación de cargas de tipo doméstico, considerando los parámetros de DQO, SST, DBO5, e hidrocarburos como grasas y aceites.

Tabla 148. Estimación de cargas de tipo doméstico en la cuenca Rio Hacha

FUENTE RECEPTORA	CAUDAL (L/s)	CARGAS CONTAMINANTES AFLUENTE			
		DQO (Kg/dia)	SST (Kg/día)	DBO5 (Kg/día)	Grasas y aceites (Kg/ día)
Rio Hacha	183,58	1832,26	830,74	930,15	13505,91
Quebrada La Perdiz	254,31	3150,96	1418,11	1586,74	23103,96
Quebrada La Sardina	87,32	880,69	422,99	570,11	3017,78
Quebrada El Dedo	58,85	355,42	164,74	241,52	353,38
	0,42	-	-	-	-
Caño Despeje	16,04	190,21	79,34	95,88	268,86
Quebrada San Joaquín	2,67	16,12	9,14	8,45	20,65
	2,4	35,78	7,28	22,28	4,77
Caño El Manantial	0,91	4,29	2,12	2,36	0,67
Caño Florida	0,63	2,97	1,47	1,63	0,46

Fuente: SERVAF. S.A E.S.P, 2013

- Cargas de Tipo Industrial. Previamente se mencionó la presencia de 3 vertimientos de tipo industrial sobre la cuenca del rio Hacha identificados por la empresa SERVAF S.A E.S.P en el marco del PSMV; considerando como parámetros de evaluación DQO, SST, DBO5,y grasas y aceites se presentan los resultados de la estimación de cargas:

Tabla 149. Estimación de Cargas de tipo industrial en la cuenca Rio Hacha

FUENTE RECEPTORA	CAUDAL (L/s)	CARGAS CONTAMINANTES AFLUENTE				Presenta PTAR
		DQO (Kg/dia)	SST (Kg/día)	DBO5 (Kg/día)	Grasas y aceites (Kg/ día)	
Rio Hacha	0,092	2,93	0,56	1,34	0,01	Si
Quebrada San Joaquín	0,56	942,8	4,13	427	0,21	Si
Quebrada La Yuca	4,6	48,3	6,6	6,50	0,50	Si

Fuente: SERVAF. S.A E.S.P, 2013

- Sector Comercial y Servicios. El sector comercial y de servicios se compone principalmente de empresas pequeñas y medianas dedicas principalmente al comercio informal. Los datos que se presentan en la siguiente tabla se obtuvieron a partir de la información sobre concesiones de agua suministrada por CORPOAMAZONIA

Tabla 150. Estimación de cargas sector comercial y de servicios

SECTOR	FUENTE HÍDRICA	CARGAS CONTAMINANTES AFLUENTE			
		DQO (Kg/dia)	SST (Kg/día)	DBO5 (Kg/día)	Grasas y aceites (Kg/ día)
Comercial	Quebrada La Sardina	1510,91	648,50	762,22	308,58
	Quebrada La Perdiz	77,62	58,78	35,42	52,50
	TOTAL	**1588,54**	**707,28**	**797,64**	**361,08**

Fuente: Ecointegral, Contrato N° 0390 2016

- Sector Cafetero. Para el sector cafetero actualmente no se dispone de información específica que pudiera dar indicio sobre los vertimientos puntuales generados por este sector; no obstante, el trabajo en campo, y la caracterización de los otros componentes biofísicos incluidos en la fase de diagnóstico del POMCA tales como el de cobertura y uso de la tierra, muestran que sobre el área de influencia de tas fuentes hídricas se desarrollan actividades asociadas al desarrollo del café.

Por tanto, la información que se presenta a continuación corresponde a las proyecciones generadas por el equipo consultor en los respectivos análisis de coberturas, y la asignación de áreas potenciales para el desarrollo de café para cada una de las fuentes hídricas.

Así mismo se consultó información en el Censo Nacional Agropecuario del 2014, con el objetivo de determinar los rendimientos por hectárea del cultivo del café, así como el número de cultivos promedio para la zona del Caquetá cuyo detalle se presentan en el Anexo 19 del Capitulo 3 de la Fase de Diagnóstico. También hicieron parte de la consulta generada por el equipo consultor, las guías técnicas sectoriales para la producción de café emitidas por CENICAFE en la cual se obtuvo información acerca de la estimación de cargas de los parámetros fisicoquímicos y biológicos generados por el cultivo del café, bajo una unidad de medida común (Ton/año)

Tabla 151.Estimación de cargas para el sector cafetero

FUENTE HÍDRICA	ÁREA POTENCIALMENTE DESTINADA PARA SIEMBRA DE CAFÉ (HA)	DQO (Kg/O2)	DBO (Kg/O2)	SST (Kg/O2)
Río Hacha	5,60	3.646	13611,927	146,65455
El Dedo	0,32	212	793,21045	8,5460293
San Joaquín	0,05	38	141,22683	1,5215743
Quebrada La Sardina	0,06	44	165,44492	1,7824994
Quebrada La Perdiz	0,71	467	1741,7976	18,766084
Quebrada la Yuca	0,6	441	1646,0137	17,73411

Fuente: Ecointegral, Contrato N° 0390 2016

Cabe aclarar que del sector sacrificio no se encontraron puntos que generen vertimientos significativos a las fuentes hídricas seleccionadas para el cálculo del IACAL. El trabajo en campo realizado por el equipo consultor permitió identificar los siguientes puntos de vertimientos del sector sacrificio asociado a mataderos informales que se localizan en el área de la cuenca (Tabla 152).

Tabla 152. Inventario de puntos de vertimientos del sector sacrificio

FUENTE HÍDRICA	SECTOR	INFORMACIÓN SOBRE EL SECTOR DE SACRIFICIO
Quebrada El Paraíso	Productivo: 100%	Sobre esta fuente se encuentra 1 matadero rural - informal
Quebradas Las Doradas	Productivo: 90% - Dóméstico: 10%	Sobre esta fuente se encuentran 2 mataderos rural - informal
Río Caraño	Productivo: 90% - Dóméstico: 10%	Sobre esta fuente se encuentran 1 mataderos rural - informal
Río Hacha	Productivo: 40% - Doméstico: 50% - Industrial: 10%	Sobre esta fuente se encuentra 1 matadero rural - informal
Quebrada La Yuca	Productivo: 40% - Doméstico: 50% - Industrial: 10%	Sobre esta fuente se encuentra 1 matadero rural - informal

Fuente: Ecointegral, Contrato N° 0390 2016

3.8.5 Análisis de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales

Con base en la suministrada tanto por CORPOAMAZONIA como por SERVAF. S.A E.S.P., se identificaron 10 puntos de vertimiento que implementan (o están en proceso de implementación) algún tipo de tratamiento (Ver Tabla 153).

Tabla 153. Caracterización de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales.

FUENTE	SITIOS	TIPO DE VERTIMIENTO	VERTIDO POR	CAUDAL	PTAR	CARACTERÍSTICAS DE LA PTAR
Rio Hacha	Instalaciones Organización Terpel	Doméstico, pluvial e industrial	Oficinas y tanques de almacenamiento de la Organización Terpel S.A.	0,092	Si	Sistema séptico para aguas residuales domésticas y separador API para aguas residuales industriales
Quebrada San Joaquín	Gasesosas Florenciana	Doméstico e industrial	Gaseosas Florencias	0,56	Si	Separación de sólidos gruesos, sedimentación, floculación, coagulación - decantación, cloración, oxidación, filtración.
	Urbanización Prados del Norte	Doméstico	Urbanización Prados del Norte	2,4	En proceso	Tanque séptico, filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA)

Fuente. Elaboración propia a partir de CORPOAMAZONIA y SERVAF. E.S.P

Tabla 153 (Continuación). Caracterización de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales

FUENTE	SITIOS	TIPO DE VERTIMIENTO	VERTIDO POR	CAUDAL	PTAR	CARACTERÍSTICAS DE LA PTAR
Quebrada La Yuca	NESTLE	Doméstico e industrial	Nestle	4,6	Si	Trampa de grasas, estación de bombeo, tamiz de separador de sólidos, tanque de homogenización, sistema de lodos activados, tanque de sedimentación, tanque espesador de lodos y sistema de lechos de secado
	Urbanización La Gloria	Doméstico	Urbanización La Gloria	4,5	En proceso	Tanque séptico, filtro anaerobio, con su respectivo tren de entrada y un área para lechos de secado
Quebrada El Dedito	Hostal Campestre El Paraíso	Doméstico	Hostal Campestre El Paraíso	0,42	En proceso	Tanque séptico, filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA)
	Urbanización El Paraíso	Doméstico	Urbanización El Paraíso	0,31	En proceso	Tanque séptico, filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA)
Quebrada Dos Quebradas	Condominio Santana	Doméstico	Condominio Santana	0,1	Si	Tanques sépticos y filtro FAFA
Caño El Sena	Vertimiento Sena	Doméstico e industrial	Instalaciones del SENA, sede Florencia	1,13	Si	Tanque séptico y filtro FAFA
Altos del Cunduy	Vertimiento condominio	Doméstico	Condominio Altos del Cunduy	1,05	Si	Tanque séptico y filtro FAFA

Fuente. Elaboración propia a partir de CORPOAMAZONIA y SERVAF. E.S.P

3.8.6 Campaña de Monitoreo en el marco de la actualización del POMCA del río Hacha.

La realización de la campaña de monitoreo en el marco de la actualización del POMCA del río Hacha se realizón en dos periodos hidrológicos (bajas y altas Precipitaciónes), para lo cual se inicio una priorización y selección de fuentes hídricas objeto de muestreo; una vez aprobados los puntos de muestreo y las fuentes por parte de la supervisión e interventoría se desarrollan las jornadas en campo para la recolección de muestras de agua y posterior análisis en laboratorio, y con los resultados se procede a estimar la calidad de estas fuentes hídricas. A continuación, se presenta una síntesis del proceso descrito.

3.8.6.1 Definición de criterios**.** La selección de las fuentes hídricas a monitorear, se realizó determinando y valorando los siguientes criterios (Anexo 20-1):

- **Subcuencas más representativas, en términos de área y longitud:** en este criterio, tuvieron mayor valor aquellas fuentes con mayor área.

- **Problemáticas asociadas a las fuentes:** en este criterio, las fuentes con mayor problemática tuvieron mayor valor.

- **Información de monitoreos disponibles:** en este criterio, tuvieron mayor valor aquellas fuentes con menos monitoreos.

- **Presión antrópica:** en este criterio tuvieron mayor valor, aquellas fuentes con mayor presencia de asentamientos, descargas de aguas residuales y uso inadecuado del suelo.

De acuerdo con la valoración de criterios (Ver Tabla 154), las recomendaciones de la Interventoría y Corpoamazonia, se priorizaron las quebradas Las Doradas, El Dedito y el río Caraño para establecer cinco estaciones de muestreo. Las quebradas que tuvieron mayor valoración que las quebradas El Dedido y Las Doradas, se descartaron debido a que la Corporación realiza monitoreos en estas fuentes.

Tabla 154. Valoración de criterios de las subcuencas identificadas para la selección de puntos de muestreo de calidad de agua.

Fuente hídrica	Criterio 1: Área y longitud	Criterio 2: Problemáticas	Criterio 3: Monitoreos disponibles	Criterio 4: Presión antrópica	Total
Río Caraño	3	2	4	3	*12*
Quebrada La Perdiz	3	4	2	3	*12*
Quebrada La Yuca	3	2	3	3	*11*
Quebrada El Dedo	2	4	2	3	*11*
Quebrada El Dedito	1	4	3	3	*11*
Quebrada Las Doradas	2	1	4	3	*10*
Río Hacha - cauce principal	3	3	1	3	*10*
Quebrada La Magola	2	1	4	2	*9*
Quebrada Sucre	2	1	4	2	*9*
Quebrada La Ruidosa	1	1	4	3	*9*
Quebrada La Portada	1	1	4	3	*9*
Quebrada La Carbona	1	1	4	3	*9*

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Tabla 154 (Continuación). Valoración de criterios de las subcuencas identificadas para la selección de puntos de muestreo de calidad de agua

Fuente hídrica	Criterio 1: Área y longitud	Criterio 2: Problemáticas	Criterio 3: Monitoreos disponibles	Criterio 4: Presión antrópica	Total
Quebrada La Sardina	1	4	1	3	*9*
Quebrada Travesía	1	1	4	2	*8*
Quebrada Paraíso	1	1	4	2	*8*
Quebrada Dos Quebradas	1	1	3	3	*8*
Quebrada San Joaquin	1	1	2	3	*7*
Quebrada El Aguila	1	1	3	2	*7*

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- Río Caraño. El cauce principal del río Caraño nace en la vereda con su mismo nombre, cruza por las veredas Villaraz, Avenida el Caraño, Horizonte, y desemboca en el cauce principal del río Hacha, en la vereda La Paz. Es importante monitorear esta fuente puesto que es el drenaje de mayor extensión, se localiza en la parte superior izquierda de la cuenca en ordenación y en ella se identificó una presión antrópica, que está generando vertimientos relacionados a las actividades productivas realizadas en la zona. Por estas razones, se seleccionaron dos puntos de monitoreo en el río Caraño (Ver Tabla 155): el primer punto se toma como referencia para analizar la calidad del agua de la fuente, ya que se encuentra en una zona donde, presuntamente, no hay altos niveles de contaminación; el segundo punto se seleccionó debido a que se presentan algunos asentamientos antes de este sitio y porque se busca realizar una comparación con monitoreos realizados en el año 2005, por Saldaña y Ome[38], y en el 2006 por Gaviria y Rojas[39]. (Ver Figura 99).

[38] Saldaña-Gómez M.G. y Ome-Barahona Y.X. 2005. Evaluación de la calidad del agua del río Hacha (Florencia, Caquetá) con énfasis en el contenido de carga orgánica y la aplicación de bioindicadores. Proyecto de trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Agroecóloco. Universidad de la Amazonia

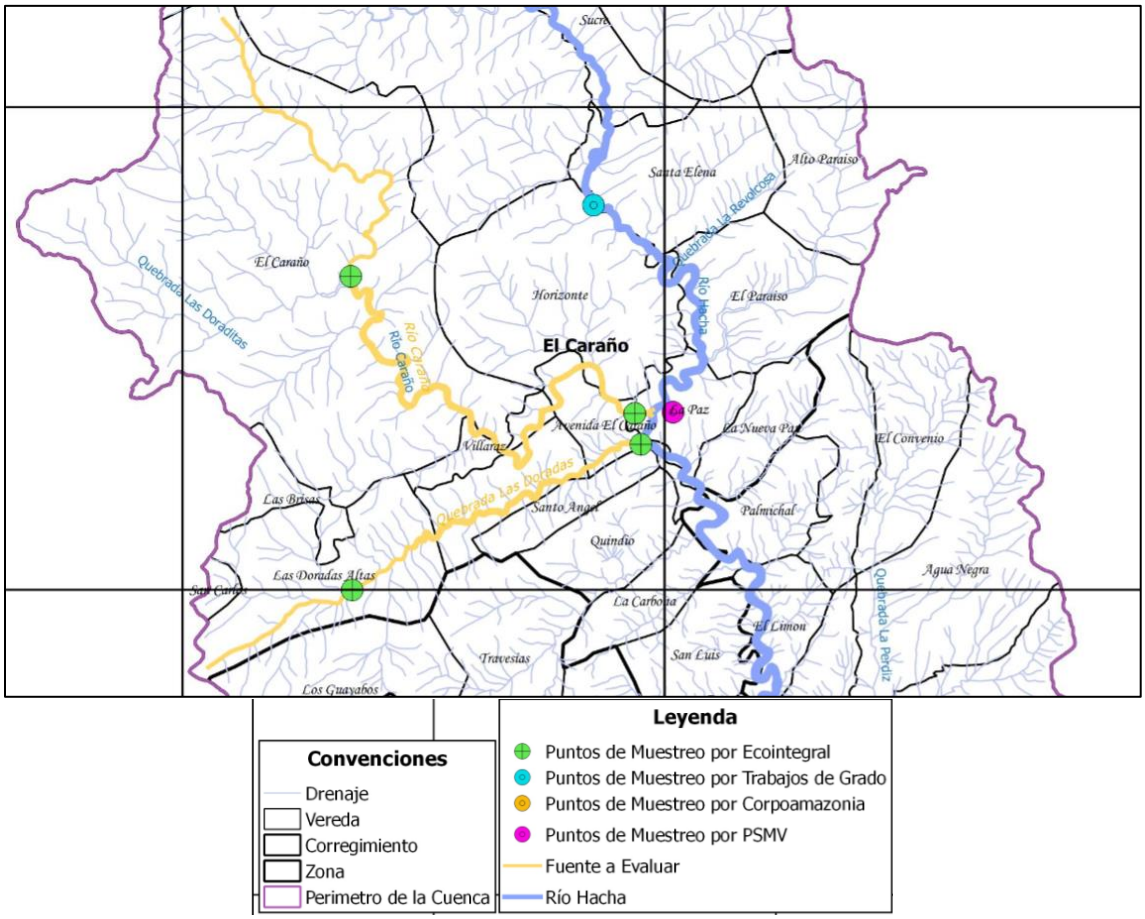
[39] Gaviria-Albañil C.A. y Rojas-Bahamón A.E. 2006. Determinación del grado de contaminación del agua del río Hacha en su parte media y baja, en el municipio de Florencia (Caquetá – Colombia). Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Agroecóloco. Universidad de la Amazonia.

Tabla 155. Coordenadas geográficas de los puntos de monitoreo sobre el cauce principal del río Caraño.

Punto	Sitio/Estación	Coordenadas		Vereda
		W	N	
1	Parte alta - Aguas arriba	75° 41’ 53’’	01° 45’ 38’’	El Caraño
2	Parte baja - Aguas abajo	75° 38’ 36’’	01° 44’ 04’’	La Paz

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Figura 99. Puntos de muestreo seleccionados para caracterizar la calidad del agua en el río Caraño y la quebrada Las Doradas.



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- Quebrada Las Doradas. El cauce principal de la quebrada Las Doradas nace en la vereda Las Doradas Altas y desemboca en el cauce principal del río Hacha, en la vereda Avenida El Caraño. Dentro de la recopilación y revisión de la información existente no se encontraron monitoreos en esta fuente, por lo que se hace necesario establecer dos puntos de muestreo en ella (Ver Tabla 156). Además, porque es una de las zonas con gran influencia de actividades productivas en la

cuenca del río Hacha. Al igual que en el río Caraño, se seleccionó un punto, en la parte alta de la subcuenca, que servirá como referencia en el análisis de la calidad del agua; y un punto en la parte baja, para analizar la influencia de las actividades realizadas en la zona (Figura 99).

Tabla 156. Coordenadas geográficas de los puntos de monitoreo sobre el cauce principal de la quebrada Las Doradas

Punto	Sitio/Estación	Coordenadas		Vereda
		W	N	
1	Parte alta - Aguas arriba	75° 41’ 53’’	01° 42’ 06’’	Las Doradas Altas
2	Parte baja - Aguas abajo	75° 38’ 39’’	01° 43’ 44’’	Avenida El Caraño

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- Quebrada El Dedito. El cauce principal de la quebrada El Dedito nace en los límites de las veredas Caldas y Damas abajo, y desemboca en la quebrada El Dedo, en suelo de expansión urbana. Las razones principales por las cuales se priorizó esta fuente se deben a la alta presión antrópica y las diferentes problemáticas que se identificaron, puesto que la quebrada abastece de agua a la comunidad del Timy, y dentro de ella se han asentado comunidades, formando barrios, condominios y/o conjuntos cerrados. Por otro lado, Pardo (2015)[40] establece que en la microcuenca se presentan actividades ganaderas y agrícolas, en donde la ganadería se desarrolla en el paisaje de lomerío en un área no mayor a 200 hectáreas tanto para actividades lechera, como de engorde; y la agricultura se desarrolla en la parte media y baja, donde se producen cultivos de pancoger.

De acuerdo a lo anterior, se estableció un punto de monitoreo en la quebrada El Dedito (Ver Tabla 157), localizado antes de su desembocadura en la quebrada El Dedo, el cual permitirá analizar la calidad del agua, luego de la influencia de los vertimientos y actividades realizadas por la comunidad asentada en esta zona, y comparar los resultados de laboratorio con el análisis realizado por Pardo en el año 2015. (Ver Figura 100).

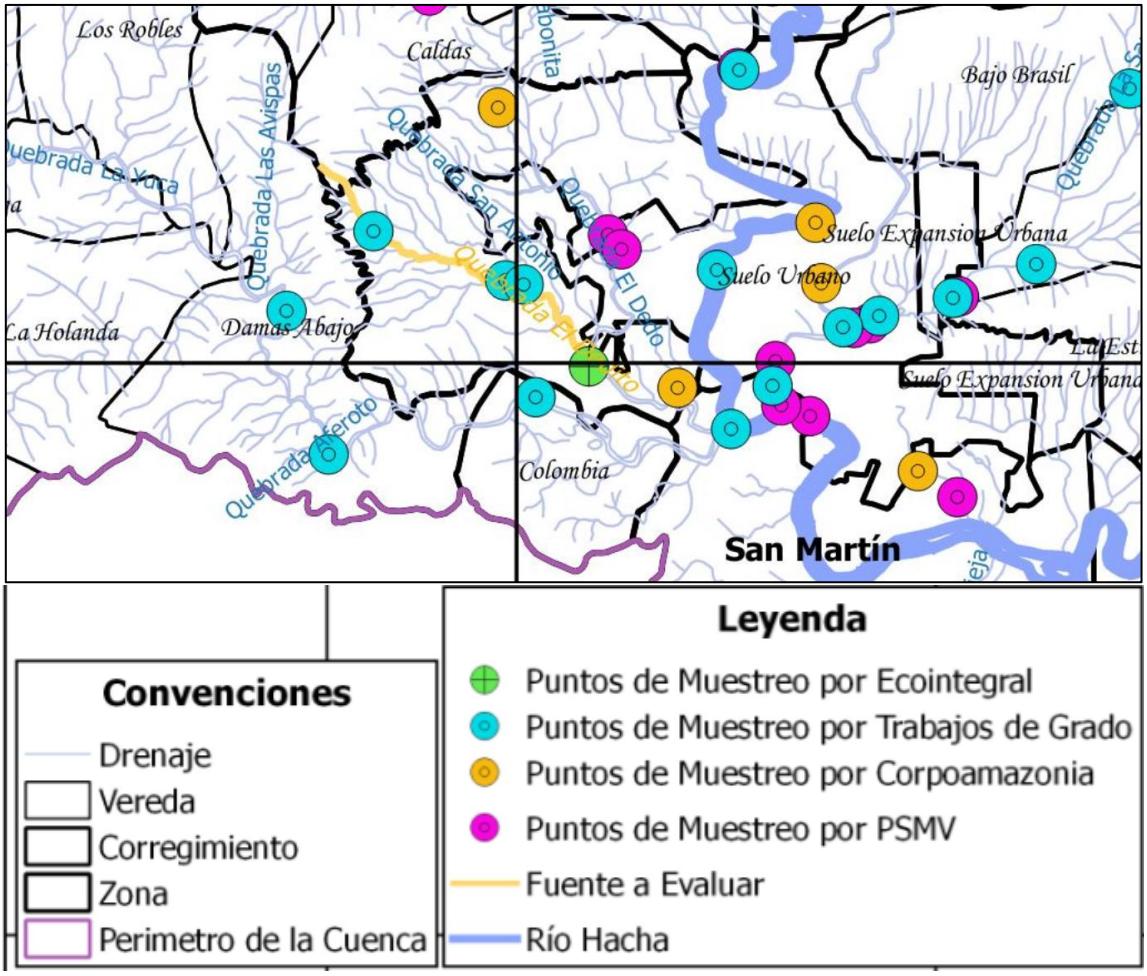
Tabla 157. Coordenadas geográficas del punto de monitoreo sobre el cauce principal de la quebrada El Dedito.

Punto	Sitio/Estación	Coordenadas		Vereda
		W	N	
1	Parte baja - Aguas abajo	75° 37’ 56’’	01° 36’ 40’’	Suelo de expansión urbana

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

[40] Pardo-Sevilla J.L. 2015. Plan de Manejo Ambiental de la microcuenca quebrada El Dedito del municipio de Florencia, Caquetá. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Agroecóloco. Universidad de la Amazonia.

Figura 100. Punto de muestreo seleccionado para caracterizar la calidad del agua en la quebrada El Dedito.



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.8.6.2 Metodología**.** De acuerdo con el alcance técnico del proyecto y el anexo A de la guía técnica para la formulación de los POMCAs, se contrató un laboratorio ambiental acreditado por el IDEAM para la realización de la toma de muestras y el análisis de laboratorio de los parámetros mencionados en la Tabla 158. El equipo consultor acompañó al personal el del laboratorio en cada uno de los puntos de muestreo, con el fin de guiarlos a los puntos y prestar el apoyo de la actividad (Anexo 20-1).

Tabla 158. Parámetros y métodos a evaluar en laboratorio para el análisis físico, químico y microbiológico de los puntos de muestreo.

PARÁMETROS	UNIDADES	TÉCNICA ANALÍTICA	MÉTODO
Oxígeno disuelto (OD)	mg/L O_2	Modificación de Azida	SM 4500 O-C
Coliformes fecales (ECOLI)	NMP/100 mL	Fermentación en tubos múltiples	SM 9221 E
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/L	Secado a 103-105° c - Gravimétrico	SM 2540 D
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5)	mg/L O_2	Incubación 5 días - electrodo de membrana	SM 5210 B - SM 4500-O
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L O_2	Reflujo cerrado – Volumétrico	SM 5220 C
Conductividad eléctrica (CE)	µS/cm	Electrométrico	SM 2510 B
pH	Unidades de pH	Electrométrico	SM 4500-O G
Nitrógeno total	mg/L	Semi-Micro - Kjeldahl y Destilación -Volumétrico	SM 4500-NOrg C, 4500-NH3 B, C
Ortofosfatos	mg/L	Ácido ascórbico	SM 4500 - P E
Temperatura	°C	Termométrico	SM 2550 B
Caudal	m^3/seg – L/seg	Área-velocidad o Molinete	-
Turbiedad	NTU	Nefelométrico	SM 2130 B

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

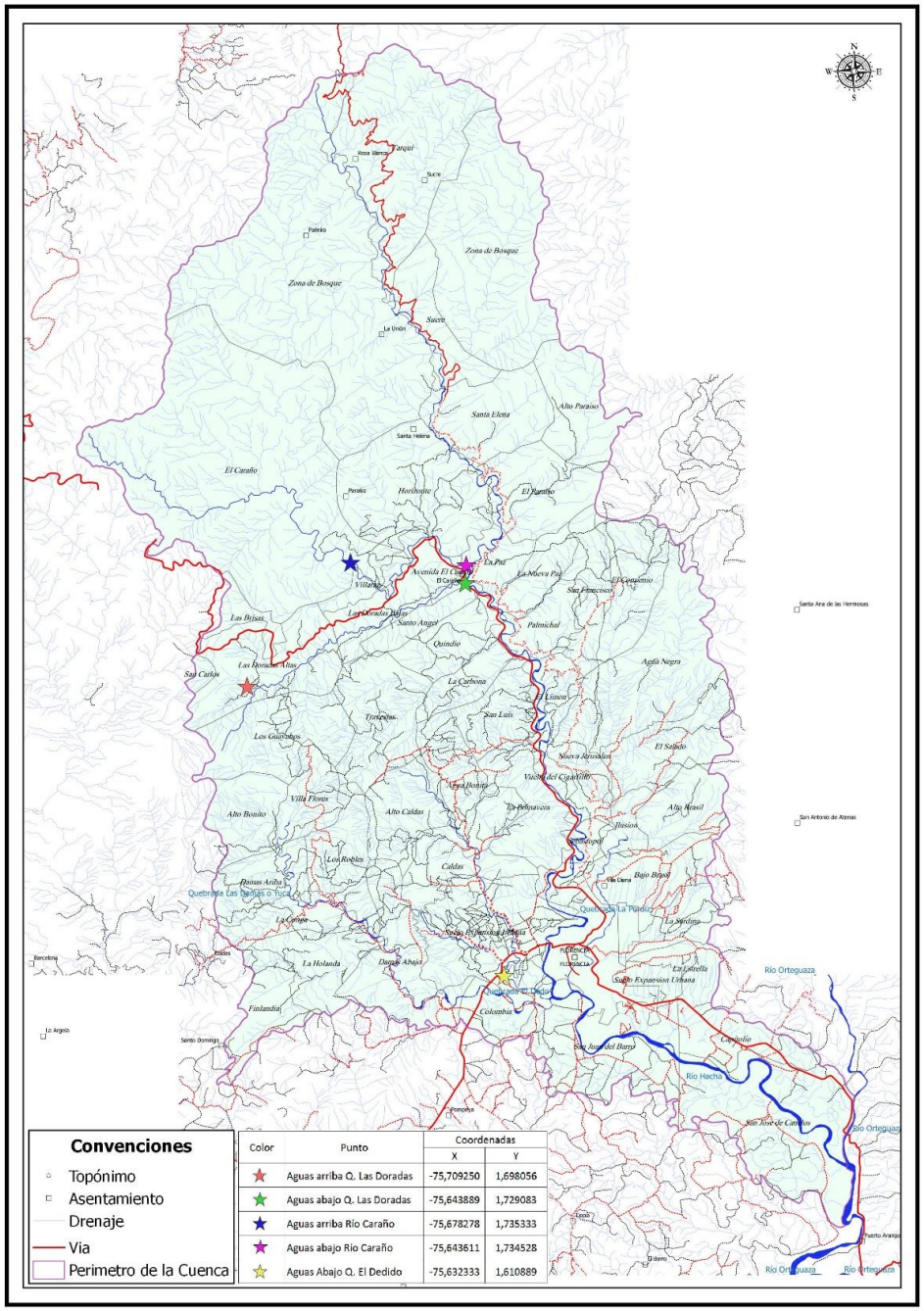
El desplazamiento a los puntos de muestreo se realizó desde la ciudad de Florencia tomando la vía que conduce de esta ciudad al municipio de Suaza para la toma de muestras en las estaciones del río Caraño y la quebrada Las Doradas. Para el muestro del punto 1 del río Caraño, se tomo la carretera Florencia – Suaza, y para el muestreo del punto 2 se realizó por la parte trasera de la Institución Educativa Avenida El Caraño; para ir al punto 1 de la quebrada Las Doradas se tomará la vía terciaria que conduce a las veredas Avenida El Caraño y Las Doradas Altas, y el muestreo del punto 2 se realizó desviándose a mano derecha de la carretera Florencia – Suaza en el tramo conocido como la Y del Caraño.

El punto de monitoreo ubicado en la quebrada El Dedito se encuentra dentro del suelo de expansión urbana, lo que facilitó su acceso, debido a la cercanía en la que se encuentra con respecto al centro urbano de la ciudad de Florencia. En todos los casos, el grupo consultor diligencio los formatos de acompañamiento para las personas que acompañaron los muestreos, y facilito la logística necesaria para acceder a cada punto, con los debidos utensilios de seguridad y un botiquín de primeros auxilios en caso de presentarse algún inconveniente.

Con el fin de analizar la influencia de la precipitación, la escorrentía y la infiltración sobre la calidad del agua, se seleccionaron dos épocas de muestreo, una en el mes

de marzo, donde las Precipitaciónes son bajas, y la otra en el mes de mayo, donde se presenta una época lluviosa marcada. A continuación, se presenta el mapa con las fuentes hídricas priorizadas y los puntos que fueron objeto de muestreo (Ver Figura 101).

Figura 101. Puntos de muestreo de agua priorizados en la actualización del POMCA del río Hacha.



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.8.6.3 Resultados de Aforos y Muestreos. A continuación, se presenta los resultados por cada punto de muestreo, el cual incluye los análisis de calidad de agua determinados por el laboratorio Diagnosticamos S.A.S, Division Ambiental que cuenta con certificación del IDEAM del 20 de octubre del 2013. En la Tabla 159 y la Tabla 160, se presentan los resultados obtenidos para las campañas de muestreo realizadas en el marco de la actualización del POMCA del río Hacha.

Tabla 159.Resultados físicoquímicos en fuentes priorizadas en la temporada seca

MUESTREO EN TEMPORADA SECA (MARZO 2017)						
Parámetro	Unidades	Q. La Dorada		Rio Caraño		Q. El Dedito
		Aguas Arriba	Aguas Abajo	Aguas Arriba	Aguas Abajo	Aguas Abajo
Caudal	m3/s	0,23	1,68	4,91	5,45	0,13
pH	Unidades	7,36	7,51	7,26	7,48	6,97
Conductividad	µs/cm	25,7	37,1	21,84	24	96,1
Temperatura	°C	19,65	24,6	20,2	22,1	19,3
Oxígeno Disuelto	mg/l	8,19	8,06	8,78	8,46	5,92
Saturación Oxigeno	Porcentaje	102,6	103,1	106,9	104	75,6
DBO	mg O2/l	<10	<10	<10	<10	<10
DQO	mg O2/l	<10	<10	<10	<10	43,4
Fosfatos	mg PO4/l	<2	<2	<0,2	<0,2	0,65
Nitrogeno Total	mg N/l	<3,3	<3,3	<3,3	<3,3	<3,3
E.Coli	NMP/100 ml	4,5 x 10	350 x 10	11 x 10	23 x 10	1600 x 10
SST	mg/l	<5	<5	<5	8	10

Fuente: Laboratorio Diagnósticamos SAS. Informe 06-2017 (Ver Anexo 20-3).

Tabla 160. Resultados físicoquímicos en fuentes priorizadas en la temporada de lluvias.

MUESTREO EN TEMPORADA DE LLUVIAS (MAYO 2017)						
Parámetro	Unidades	Q. La Dorada		Rio Caraño		Q. El Dedito
		Aguas Arriba	Aguas Abajo	Aguas Arriba	Aguas Abajo	Aguas Abajo
Caudal	m3/s	0,37	3,56	5,56	11,51	0,56
pH	Unidades	6,51	6,64	6,52	6,95	6,69
Conductividad	µs/cm	23,33	32	15	15	50,67
Temperatura	°C	20,06	23,69	19	20,8	26,2
Oxígeno Disuelto	mg/l	7,76	8,93	8,47	9,48	7,54
% Saturación Oxigeno	Porcentaje	97,83	119	101,25	112,5	96,4
DBO	mg O2/l	<10	<10	<10	<10	<10
DQO	mg O2/l	<10	<10	11,3	13,3	<10
Fosfatos	mg PO4/l	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Nitrogeno Total	mg N/l	<3	<3	<3	<3	<3
E.Coli	NMP/100 ml	33	240	1600	350 x	1600
SST	mg/l	<5	<5	74	75,5	5

Fuente: Laboratorio Diagnósticamos SAS. Informe 08-2017 (Ver Anexo 20-3).

De lo anterior se puede inferir, que de acuerdo a los criterios de interpretación de normatividad para cada uno de los parámetros identificados en el análisis de calidad del agua, la mayoría de los parámetros cumplen con los límites máximos permisibles para consumo humano y uso doméstico definidos en la legislación ambiental colombiana tanto para la época de lluvia como seca; exceptuando el asociado a Coliformes Fecales, pues según la Resolución 1594 de 1989 se establece como valor límite 2.000 NMP, y en los resultados del análisis de calidad del agua, este aspecto solo se cumple para las fuentes hídricas de Quebrada la Dorada (aguas arriba y aguas abajo) y Rio Caraño (aguas arriba) en temporada de lluvia, y quebrada al dorada aguas arriba y rio Caraño aguas abajo en temporada seca. (Ver Anexo 20-3).

No obstante, para las anteriores fuentes hídricas, la normatividad en mención define los siguientes usos:

- Uso agrícola, para riego de frutas que se consuman sin quitar la cáscara y para hortalizas de tallo corto[41].
- Uso humano y doméstico, siempre y cuando se aplique un tratamiento convencional para la potabilización del agua[42].

3.8.7 Determinación del Índice de Calidad del Agua ICA

A continuación, se presenta la descripción y estimación de Índice de Calidad del Agua ICA, para las fuentes hídricas de la cuenca del Rio hacha, con base en información disponible (redes de monitoreo de CORPOAMAZONIA y SERVAF. S.A. E.S.P)., y los datos de las campañas de monitoreo adelantadas en el marco de la actualización del POMCA del río Hacha (Anexo 21).

3.8.7.1 Metodología de Calculo. El Índice de Calidad del Agua es una expresión numérica que valora la condición de calidad del agua de las corrientes superficiales; y se obtiene mediante la sumatoria aritmética equiponderada de parámetros físicos, químicos y microbiológicos, recolectados a través de las mediciones registradas en las estaciones de monitoreo.

El uso del ICA permite determinar las condiciones reales de la calidad del agua, en términos de las características fisicoquímicas presentes en el momento del análisis,

[41] El NMP de coliformes totales no deberá exceder de 5.000
[42] Entiéndase por tratamiento convencional para potabilizar las aguas, los siguientes procesos y operaciones: coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección

y de esta forma inferir acerca del grado potencial de contaminación al que puede verse expuesta la fuente hídrica en un punto específico geográfico, y en un intervalo de tiempo determinado. Una de las principales utilidades de ICA en materia de la planificación de los recursos hídricos, es que los procesos de toma de decisiones orientados a la gestión integral del agua se basan en los resultados del ICA para determinar las limitaciones y posibilidades respecto al uso consuntivo de las fuentes hídricas.

Bajo la metodología propuesta por el Estudio Nacional del Agua ENA 2010, se realiza el análisis y la medición de las siguientes variables:

- Oxígeno Disuelto OD: Es una variable que permite cuantificar la cantidad de oxigeno presente en el agua, principalmente por causas asociadas a la aireación de la misma (que cae sobre saltos o rápidos), o como un producto de desecho de la fotosíntesis. Es un indicador fundamental en los análisis biológicos, en virtud de que permite identificar de definir la presencia o ausencia potencial de organismos acuáticos.

La medida de OD puede usarse como indicador del grado de contaminación orgánica, de la tasa de degradación de sustancias orgánicas e inorgánicas susceptibles de ser oxidadas) y de la capacidad de autodepuración de corrientes superficiales.

Para su cálculo es necesario estimar en prima instancia el porcentaje de oxígeno disuelto PS_{OD}:

$$PS_{OD} = \frac{OD\ x\ 100}{C_f}$$

Donde
OD: Es el oxígeno disuelto medido en campo (mg/L)
Cf: Concentración del equilibrio de oxigeno (mg/L) a la presión no estándar.

Una vez calculado el porcentaje de oxígeno disuelto PS_{OD} el valor del parámetro se obtiene de la siguiente manera:

$$I_{OD} = 1 - (1 - 0{,}01 * PS_{OD})$$

No obstante si el valor del PS_{OD} es mayor al 100% se emplea la siguiente formula:

$$I_{OD} = 1 - (0{,}01 * PS_{OD} - 1)$$

Respecto a su interpretación se debe tener en cuenta los criterios adoptados por la normatividad colombiana, de acuerdo a los siguientes aspectos:

Tabla 161. Criterios para la interpretación del Oxigeno Disuelto

NORMA	OBJETO	INTERPRETACIÓN OD
Decreto 1594 de 1984	Establece los usos del agua, los criterios de calidad para la destinación del recurso y reglamenta los vertidos líquidos	Establece los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para preservación de flora y fauna: 5.0 mg/L en aguas dulces frías y 4.0 mg/L en aguas dulces cálidas.
La resolución 1096 de 2000	Adopta el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico –RAS 2000-	Establece el valor para oxígeno disuelto para una fuente de agua aceptable (equivale al menor grado de polución de la corriente), que debe ser mayor o igual a 4.0 mg/L.

Fuente. IDEAM 2011

- Solidos Suspendidos Totales SST. Esta variable permite determinar cambios de las condiciones de los cuerpos de agua, mediante el análisis de la presencia de material particulado que se mantiene en suspensión en las corrientes de agua superficial y/o residual; producto de procesos erosivos, vertimientos industriales, extracción de materiales y disposición de escombros, entre otros. El cálculo del subíndice considera la siguiente formula:

$$I_{SST} = 1 - (-0{,}02 + 0{,}03 * SST)$$

No obstante si

SST ≤ 4,5 entonces $I_{SST} = 1$
SST ≥ 320 entonces $I_{SST} = 0$

Respecto a su interpretación en el caso colombiano, los sólidos suspendidos totales se interpretan de acuerdo a las normas establecidas para vertimientos de residuos líquidos, ya que no se ha reglamentado la valoración de la calidad de agua de las aguas continentales; no obstante, existe el siguiente referente para su interpretación.

Tabla 162. Criterios para la interpretación de Solidos Suspendidos Totales

REFERENTE	INTERPRETACIÓN SST
Limnología colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. (Ramirez & Viña, Limnología colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis, 1998)	Establece los criterios de establecen un valor límite de 150 mg/L de SST que al ser sobrepasado se consideraría un cuerpo de agua contaminado

Fuente. IDEAM 2011

- Demanda Química de Oxigeno DQO. Es un indicador de la presencia de sustancias químicas susceptibles de ser oxidadas a condiciones fuertemente ácidas y alta temperatura, como la materia orgánica, (ya sea biodegradable o no), y la materia inorgánica.

La fórmula para calcular el valor del parámetro considera los siguientes aspectos[43]:

Si DQO ≥ 20, entonces $I_{DQO} = 0{,}91$
Si 20 < DQO ≤ 25, entonces $I_{DQO} = 0{,}71$
Si 25 < DQO ≤ 40, entonces $I_{DQO} = 0{,}51$
Si 40 < DQO ≤ 80, entonces $I_{DQO} = 0{,}26$
Si DQO ≤ 80, entonces $I_{DQO} = 0{,}125$

Para su interpretación se tiene en cuenta lo dispuesto por la Resolución 0631 de 2015, tal y como se indica a continuación:

Tabla 163.Criterios para la interpretación de DQO

NORMA	OBJETO	INTERPRETACIÓN DQO
Resolución 0631 de 2015	Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a sistemas de alcantarillado público, y se dictan otras disposiciones	Establece el valor límite de carga contaminante, de 4.000 kg/día DQO, en vertimientos puntuales a cuerpos de agua continentales superficial.

Fuente. Resolución 0631 de 2015

- Conductividad Eléctrica CE. Este parámetro mide la propiedad que tiene el agua para conducir la electricidad; esta cualidad depende de la presencia, concentración y suma de cationes y aniones, y normalmente se relaciona con procesos de mineralización. Es importante resaltar que la mayor parte de las soluciones acuosas derivadas de los compuestos inorgánicos son buenas conductoras; mientras que las moléculas orgánicas al no disociarse en el agua, conducen la corriente en muy baja escala. En el cálculo de este parámetro se tiene en cuenta la siguiente formula:

$$I_{CE} = 1 - 1\,10^{(-3{,}26+1{,}43\ log10\ CE)}$$

[43] Determinación simplificada de la demanda química de oxígeno por el método del dicromato., Universitat Politécnica de Catalunya, 2006

Para su interpretación se debe tener en cuenta los criterios adoptados por la normatividad colombiana, de acuerdo a los siguientes aspectos:

Tabla 164. Criterios para la interpretación de CE

NORMA	OBJETO	INTERPRETACIÓN CE
Resolución 2115 de 2007	Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano	El valor máximo aceptable de la conductividad, para aguas destinadas a consumo humano puede ser hasta 1000 microsiemens/cm

Fuente. Resolución 2115 de 2007

- Coliformes Fecales[44]. Este parámetro indica la contaminación del agua por agentes microbianos presentes en vertimientos contaminados con material orgánico de origen doméstico, así como en aguas enriquecidas, efluentes industriales, materia vegetal y suelo en descomposición. Incluyen bacterias del género Escherichia y también especies de Klebsiella, Enterobacter y Citrobacter. Para el cálculo de este índice se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

Sí CF < 50, entonces $I_{CF} = 0{,}98$
Sí CF > = 50 < 1600, entonces $I_{CF} = 0{,}98 * Exp\ (CF - 50 - 0{,}00009917754)$ =
SÍ CF > = 1600, entonces $I_{CF} = 0{,}91$

Respecto a su interpretación, la normatividad colombiana define los siguientes criterios:

Tabla 165. Criterios para la interpretación de CE

NORMA	OBJETO	INTERPRETACIÓN CE
Decreto 1594 de 1984	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.	El valor máximo aceptable de la Coliformes fecales, para aguas destinadas a consumo humano y Doméstico puede ser hasta 2.000 microorganismos /100 ml.

Fuente. Decreto 1594 de 1984

- Nitratos Totales y Fosfatos Totales. Esta variable permite estimar el grado de degradación ambiental causada por fuentes antrópicas, es una forma de aplicar el concepto de saprobiedad empleado para cuerpos de agua lénticos (ciénagas, lagos, etc.) como la posibilidad de la fuente de asimilar carga orgánica; es una relación

[44] La ficha técnica descrita en el Formato Común Hoja Metodológica del IDEAM, contempla el cálculo del ICA con cinco y seis variable; sin embargo, los lineamientos de la Evaluación Regional del Agua (ERA), contempla adicionalmente siete variables incluyendo Coliformes fecales.

que indica el balance de nutrientes para la productividad acuícola de las zonas inundables en los ríos neotropicales (desde el norte de Argentina hasta el centro de México). (IDEAM, 2013)

SÍ, N/P > 15, entonces $I_{N/P}$= 0.80
SÍ, 10 < N/P < 15, entonces $I_{N/P}$= 0.60
SÍ, 5 < N/P < 10, entonces $I_{N/P}$= 0.35
SÍ, N/P < 5, entonces $I_{N/P}$= 0.15

- pH. Es un usado como un indicador de acidez (pH < 7) o de alcalinidad (pH > 7), cuyos valores extremos pueden afectar la flora y fauna acuáticas y limita los cambios en el uso del agua. Los cambios en el pH son causados principalmente por la lluvia ácida, vertimientos industriales y actividades mineras, entre otros. La estimación de este índice considera los siguientes aspectos:

Si pH < 4, entonces $I_{pH} = 0{,}1$
Si 4 ≤ pH ≤ 7 entonces $I_{pH} = 0{,}02628419\ e^{(pH*0{,}52002)}$
Si 7 < pH ≤ 8 entonces $I_{pH} = 1$
Si 8 ≤ pH ≤ 11 entonces $I_{pH} = 1e^{((ph-8)-0{,}518774)}$
Si pH > 11, entonces $I_{pH} = 0{,}1$

Para a su interpretación se debe tener en cuenta los criterios adoptados por la normatividad colombiana, de acuerdo a los siguientes aspectos:

Tabla 166. Criterios para la interpretación de pH

NORMA	OBJETO	INTERPRETACIÓN PH
Resolución 2115 de 2007	Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano	El pH del agua para consumo humano deberá estar comprendido entre 5,5 y 9,0 unidades de pH.
La resolución 1096 de 2000	Adopta el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico –RAS 2000-	Establece para fuentes de agua aceptable valores de pH comprendidos entre 6 y 8.5 unidades de pH.
Decreto 1594 de 1984	Establece los usos del agua, los criterios de calidad para la destinación del recurso y reglamenta los vertidos líquidos	Establece el rango de pH para diferentes usos del recurso, tales como: consumo humano que para su potabilización requiere solamente tratamiento convencional (5 a 9 unidades de pH), consumo humano que para su potabilización requiere solamente desinfección (6.5 a 8.5), fines recreativos (5 a 9), uso agrícola (4.5 a 9) y preservación de flora y fauna en aguas frías dulces (6.5 a 9).

Fuente. IDEAM 2011

- Determinación del ICA. Tradicionalmente el cálculo del ICA se realiza mediante la siguiente formula:

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

Donde:

ICA_{njt} Es el Índice de calidad del agua de una determinada corriente superficial en la estación de monitoreo de la calidad del agua j en el tiempo t, evaluado con base en n variables.

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

I_{ikjt} Es el valor calculado de la variable i (obtenido de aplicar la curva funcional o ecuación correspondiente), en la estación de monitoreo j, registrado durante la medición realizada en el trimestre k, del período de tiempo t.

n Es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador, que como ya se analizó anteriormente corresponden a Oxígeno Disuelto (OD), Solidos Suspendidos Totales (SST), pH, Conductividad Eléctrica (CE), y Demanda Química de Oxigeno (DQO).

Se recomienda que la tabla de datos del indicador incluya el valor mínimo del ICA registrado en el periodo de tiempo t y además, el ICA promedio de ese periodo, que se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$ICApromedio_{nijt} = \frac{\sum_{k=1}^{m}\left(\sum_{i=1}^{n} W_i * I_{ikjt}\right)}{m}$$

Donde:

m Es el número de muestreos en los cuales se midieron las variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador. $1 \leq m \leq 4$ si el periodo es anual.

En la siguiente tabla se presenta la ponderación que tienen dentro de la fórmula de cálculo los parámetros:

Tabla 167. Variables y ponderaciones

Variable	Unidad de medida	Ponderación
Oxígeno disuelto	% Saturación	0,16
Sólidos suspendidos	mg/l	0,14
Demanda química de	mg/l	0,14
Conductividad eléctrica CE	µS/cm	0,14
Coiformes fecales	NMP	0,14
Nitratos/Fosfatos	-	0,14
pH	Unidades de pH	0,14

Fuente. IDEAM 2011

Para los parámetros seleccionados se construyen “relaciones funcionales” o “curvas funcionales” (ecuaciones), en las que los niveles de calidad de 0 a 1 se representan en las ordenadas de cada gráfico y los distintos niveles (o intensidades) de cada variable en las abscisas, generando curvas representativas de la variación de la calidad del agua con respecto a la magnitud de cada contaminante.

Las curvas funcionales adoptadas son las propuestas por Ramírez y Viña para oxígeno disuelto (OD), sólidos suspendidos totales (SST), y conductividad eléctrica (CE), la propuesta por Universidad Politécnica de Catalunya (2006) para demanda química de oxígeno (DQO), la propuesta por el laboratorio del Departamento de Calidad Ambiental de Oregón (Estados Unidos) para pH y la propuesta por Rueda (2008) para la relación N/P.

Por otra parte, para la interpretación de los valores del ICA se tiene en cuenta el siguiente criterio de clasificación, que relaciona los valores optativos que puede tomar el índice con colores como señales de alerta. En la siguiente tabla se registra la relación entre valores y calificación:

Tabla 168. Variables y ponderaciones del ICA

Categorías de valores que puede tomar el indicador	Calificación de la calidad del agua	Señal de alerta
Muy malo	0 -0.25	
Malo	0.26 – 0.50	
Regular	0.51 – 0.70	
Aceptable	0.71 -0.90	
Bueno	0.91 -1.00	

Fuente, ENA 2014

3.8.7.2 Análisis de Resultados. El procedimiento que se presentan a continuación muestra el resultado para el cálculo del ICA de las fuentes hídricas de la cuenca del rio Hacha de las cuales se dispone información (principalmente asociada a los datos de los monitoreos realizados por CORPOAMAZONIA y SERVAF S.A E.S.P.); así como para los cuerpos de agua superficial sobre los que se realizaron las campañas de muestreo en el marco de la actualización del POMCA del río Hacha.

- Calculo del ICA con base en la información disponible. Con base en la información suministrada por CORPOAMAZONIA y SERVAF S.A E.S.P., fue

posible calcular el ICA para las fuentes hídricas de la cuenca del rio Hacha, en los diferentes años sobre los cuales se hicieron monitoreos

– Calculo del ICA con base en los resultados de los monitoreos realizados por CORPOAMAZONIA. Tal y como se describe en el numeral 3.8.7.1, CORPOAMAZONIA ha realizado monitoreos en las fuentes hídricas de la cuenca de rio Hacha; evaluando parámetros que permiten hacer estimaciones del ICA.

En este sentido, se consideran los resultados de los tres últimos muestreos disponibles (2010, 2012 y 2015) que presentan mediciones de parámetros físicoquímicos y biológicos del agua (Ver Tabla 119). Sin embargo, el programa de monitoreo de año 2015 no presenta mediciones sobre el parámetro de Coliformes Fecales.

Otro aspecto a tener en cuenta es que en los programas de monitoreo efectuados en estos periodos de tiempo, presentan estimaciones del ICA, con metodologías de cálculo similares a las usadas en el presente documento, la cual difiere del uso de algunos de los parámetros descritos en el apartado anterior. Por lo tanto se desarrollara un ejercicio de comparación de los resultados obtenidos por CORPOAMAZONIA y el equipo consultor.

✓ Programa de Monitoreo 2010. los parámetros usados por CORPOAMAZONIA en el programa de monitoreo del 2010 incorpora variables como Temperatura, Turbidez y DBO5; sin embargo, excluye variables asociadas a DQO5 y Conductividad Eléctrica, siendo esta última importante para determinar la concentración de sales disueltas en el agua (Tabla 119).

En general los resultados de la estimación del ICA desarrollados por CORPOAMAZONIA, respecto a los calculados por el equipo consultor con la metodología IDEAM (Ver Tabla 169) difieren respecto a la calificación de algunos de los puntos de muestreo; es así como para la Quebrada el Dedo en el punto de “Aguas arriba – vereda Caldas” se pasó de tener un ICA **aceptable** a uno **regular**, mientras que en la Quebrada la Perdiz en los puntos de “Aguas arriba - Polideportivo Guamal” y “Aguas abajo - Los Alpes” la categoría de ICA cambio de regular a malo, por otra parte en el Rio Hacha y la Quebrada el Dedito, en los puntos de “Aguas arriba - Polideportivo Guamal” y “Aguas arriba” respectivamente, también se produce una variación en la categoría que paso de aceptable a regular; nótese que en la mayoría de los casos la inclusión de los parámetros de DQO5 y Conductividad Eléctrica genera una disminución del valor del ICA, que para algunos puntos de muestreo resulta ser significativa por la condiciones particulares (y los tipos de vertimientos que recibe) en cada fuente hídrica.

Tabla 169. Comparativos en los resultados del cálculo del ICA, monitoreo 2010

FUENTE HIDRICA	PUNTO DE MUESTREO	COORDENADAS		METODOLOGIA CORPOAMAZONIA 2010		METODOLOGÍA ENA 2010	
		W	N	VALOR ICA	NOMENCLATURA	VALOR ICA	NOMENCLATURA
Q. El Dedo	Aguas arriba - Vda Caldas	075º38.30,6	01º38.15,4	0,728	Aceptable	0,605	Regular
	Aguas abajo - 100m vertimientos	075º37.29,8	01º36.31,0	0,672	Regular	0,555	Regular
Q. La Sardina	Aguas arriba - antes vertimientos	075º36.24,3	01º39.49,4	0,695	Regular	0,543	Regular
	Aguas - abajo B/ Los Comuneros	75º36.341	01º36.908	0,447	Malo	0,436	Malo
Q. La Perdiz	Aguas arriba- Polideportivo Guamal	075º35.992	01º37.716	0,571	Regular	0,462	Malo
	Aguas abajo - Los Alpes	075º36.743	01º36.403	0,693	Regular	0,436	Malo
Río Hacha	Aguas arriba- Polideportivo Guamal	075º36.738	01º36.378	0,722	Aceptable	0,553	Regular
	Aguas abajo - Villa Marta	075º36.682	01º39.664	0,688	Regular	0,704	Aceptable
Caño El Despeje	Punto 5	075º35.662	01º35.780	0,301	Malo	0,473	Malo
Q. El Dedito	Aguas arriba	075º38.354'	01º37.514	0,704	Aceptable	0,613	Regular
	Aguas abajo - B/ Colina	075º38.863'	01º37.300'	0,699	Regular	0,603	Regular

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

✓ Programa de Monitoreo 2012. Los cálculos del ICA para programa de monitoreo del año 2012, consideraron los parámetros físicos químicos y biológicos establecidos en la Tabla 119. Frente a los resultados cabe aclarar que en la mayoría de los casos la inclusión de las variables DBO_5 y Conductividad Eléctrica supuso una mejora poco significativa en los valores totales del ICA. Se evidencian algunos cambios de categoría en las Quebradas la Sardina y la Perdiz en las zonas de los respectivos puntos de mezcla, donde se pasa de **malo** a **regular**, pero es porque el valor de ICA obtenido en el programa de monitoreo para estas fuentes se acerca bastante al límite superior de la categoría en la que originalmente se corresponden.

Tabla 170. Comparativos en los resultados del cálculo del ICA, monitoreo 2012

FUENTE HIDRICA	PUNTO DE MUESTREO	COORDENADAS		METODOLOGIA CORPOAMAZONIA 2010		METODOLOGÍA ENA 2010	
		W	N	VALOR ICA	NOMENCLATURA	VALOR ICA	NOMENCLATURA
Q. El Dedo	Zona de mezcla	66º99.19'	82º74.07'	0,600	Regular	0,603	Regular
	Aguas abajo	66º98.86'	82º74.30'	0,670	Regular	0,613	Regular
Q. La Sardina	Zona de mezcla	67º02.15'	83º07.27'	0,500	Malo	0,532	Regular
	Aguas abajo	67º02.09'	83º'06.98'	0,520	Regular	0,542	Regular
Q. La Perdiz	Zona de mezcla	66º97.76'	82º95.16'	0,490	Malo	0,534	Regular
	Aguas abajo	66º97'60	82º95.01'	0,520	Regular	0,516	Regular

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

✓ Programa de Monitoreo 2015. El Programa de monitoreo del año 2015 realizado por CORPOAMAZONIA, presenta los resultados en la medición de parámetros fisicoquímicos y biológicos para el análisis de calidad de agua en las fuentes hídricas de la cuenca del Rio Hacha; no obstante no presenta las estimaciones para el cálculo del ICA, por lo cual los resultados que se presentan a continuación hacen parte de los cálculos del ICA realizados por el equipo consultor, y consideran los registros en las mediciones para los siguientes parámetros (Tabla 171):

Tabla 171. Parámetros físico químicos y ponderaciones para el cálculo del ICA, con base en los resultados del análisis de calidad del agua presentados en el programa de monitoreo 2015.

I	PARÁMETROS	PONDERACIONES
1	Oxígeno disuelto	0,17
2	Conductividad Eléctrica	0,17
3	DQO5	0,17
4	Nitrógeno Total / Fosforo Total	0,17
5	Sólidos totales	0,17
6	pH	0,15

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Frente a los resultados de ICA, la Quebrada La Sardina es la que mejor calidad de agua reporta en los puntos de monitoreo establecidos (Tabla 172); en general la calidad de las aguas para las fuentes hídricas de la cuenca del Rio Hacha varían

entre regular y buena; no obstante estos resultados pueden cambiar si se incorpora el parámetro biológico de Coliformes Totales, generando una posible disminución del valor del ICA, pues como se observa en el Anexo 20-1 del documento, los valores de los demás parámetros (Oxígeno Disuelto, Conductividad Eléctrica, DQO5, Nitrógeno tota y fosforo total, Solidos totales, y pH) son similares para todos los años de los que se dispone información.

Tabla 172. Cálculo del ICA, con base en los resultados del análisis de calidad del agua presentados en el programa de monitoreo 2015

FUENTE HIDRICA	PUNTO DE MUESTREO	COORDENADAS		METODOLOGÍA ENA 2010	
		W	VALOR ICA	VALOR ICA	NOMENCLATURA
Q. El Dedo	Aguas arriba	75º38.186	01º38.094	0,677	Regular
	Aguas medias	75º37.467	01º37.300	0,804	Aceptable
	Aguas abajo	75º37.079	01º36.157	0,676	Regular
Q. La Sardina	Aguas arriba	75º37.025	01º37.360	0,810	Aceptable
	Aguas medias	75º36.200	01º36.234	0,780	Aceptable
	Aguas abajo	75º35.547	01º36.547	0,788	Aceptable
Q. La Perdiz	Aguas arriba	75º35.576	01º37.443	0,593	Regular
	Aguas medias	75º36.447	01º36.470	0,743	Aceptable
	Aguas abajo	75º36.430	01º36.258	0,625	Regular
Río Hacha	Aguas arriba	75º36.583	01º38.287	0,563	Regular
	Aguas centro	75º36.339	01º36.186	0,712	Aceptable
	Aguas abajo	75º33.196	01º35.092	0,677	Regular

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- Calculo del ICA con base en los resultados del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) del Sistema de Alcantarillado 2013 – 2024. En este documento se presentan los registros correspondientes a las mediciones de parámetros de calidad del agua (Ver Tabla 132), bajo las cuales es posible estimar el ICA para las fuentes hídricas de la cuenca del Rio Hacha.

Los resultados que se presentan en la Tabla 173 incorpora los parámetros físicoquímicos y biológicos establecidos en la metodología de cálculo del ICA descrita en apartados anteriores (ver Tabla 167). En términos generales la calidad del agua de las fuentes hídricas de la cuenca del rio Hacha es “regular”, en virtud

de las afectaciones que se genera principalmente por los vertimientos de tipo domésticos, que se generan en algunas áreas de influencia directa de la cuenca del rio Hacha (tal y como se describe en el capítulo 3.8.4).

Tabla 173. Cálculo del ICA, con base en los resultados del análisis de calidad del agua presentados en el PSMV 2013 – 2014.

FUENTE HIDRICA	PUNTO DE MUESTREO	COORDENADAS		METODOLOGÍA ENA 2010	
		W	VALOR ICA	VALOR ICA	NOMENCLATURA
Río Hacha	Bocatoma Servaf	1160177.09	683677.24	0,548	Regular
	Aguas arriba - Primer puente	1170100.28	668033.20	0,596	Regular
	Aguas centro - Puente López	1163387.24E	669385.89N	0,687	Regular
	Aguas abajo - Chamon	1162550.71E	673391.88N	0,556	Regular
Q. La Perdiz	Aguas arriba - SECTOR NORTE	1164498.25	671.956.64	0,692	Regular
	PUNTO MEDIO CURIPLAYA	1162986.96	670019.03	0,627	Regular
	Aguas abajo - Fuente Receptora GUAMAL	1163054.72	669510.24	0,646	Regular
Q. La Sardina	Aguas arriba - MINUTO DE DIOS	1165104.87	670764.62	0,668	Regular
	Aguas centro - COMFACA	1164078.91	670454.66	0,561	Regular
	Aguas abajo - COMUNEROS	1163894.60	670401.78	0,610	Regular
Q. El Dedo	Bocatoma Servaf	1161056.04	671475.55	0,489	Malo
	Aguas arriba	1161211.38	671306.38	0,576	Regular
	Aguas abajo	1158994.37	674.227.09	0,678	Regular
Caño El Despeje	Centro	1165085.63	668453.58	0,484	Malo

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- Calculo del ICA con base en información recopilada en las campañas de monitoreo. En la Tabla 174 se presentan los resultados de Índice de Calidad del Agua para las fuentes evaluadas (Ver Anexo 21-1).

Tabla 174. Resultados del ICA fuentes monitoreadas, de acuerdo a las campañas de muestreo.

CAMPAÑA	FUENTE HIDRICA		VALOR ICA	NOMENCLATURA
Época de Lluvia	Q. La Dorada	Aguas Arriba	0,917	BUENO
		Aguas Arriba	0,927	BUENO
	Q. El Dedito	Aguas Abajo	0,792	ACEPTABLE
	Rio Caraño	Aguas Arriba	0,773	ACEPTABLE
		Aguas Abajo	0,818	ACEPTABLE
Época Seca	Q. La Dorada	Aguas Arriba	0,917	BUENO
		Aguas Arriba	0,927	BUENO
	Q. El Dedito	Aguas Abajo	0,792	ACEPTABLE
	Rio Caraño	Aguas Arriba	0,773	BUENO
		Aguas Abajo	0,818	BUENO

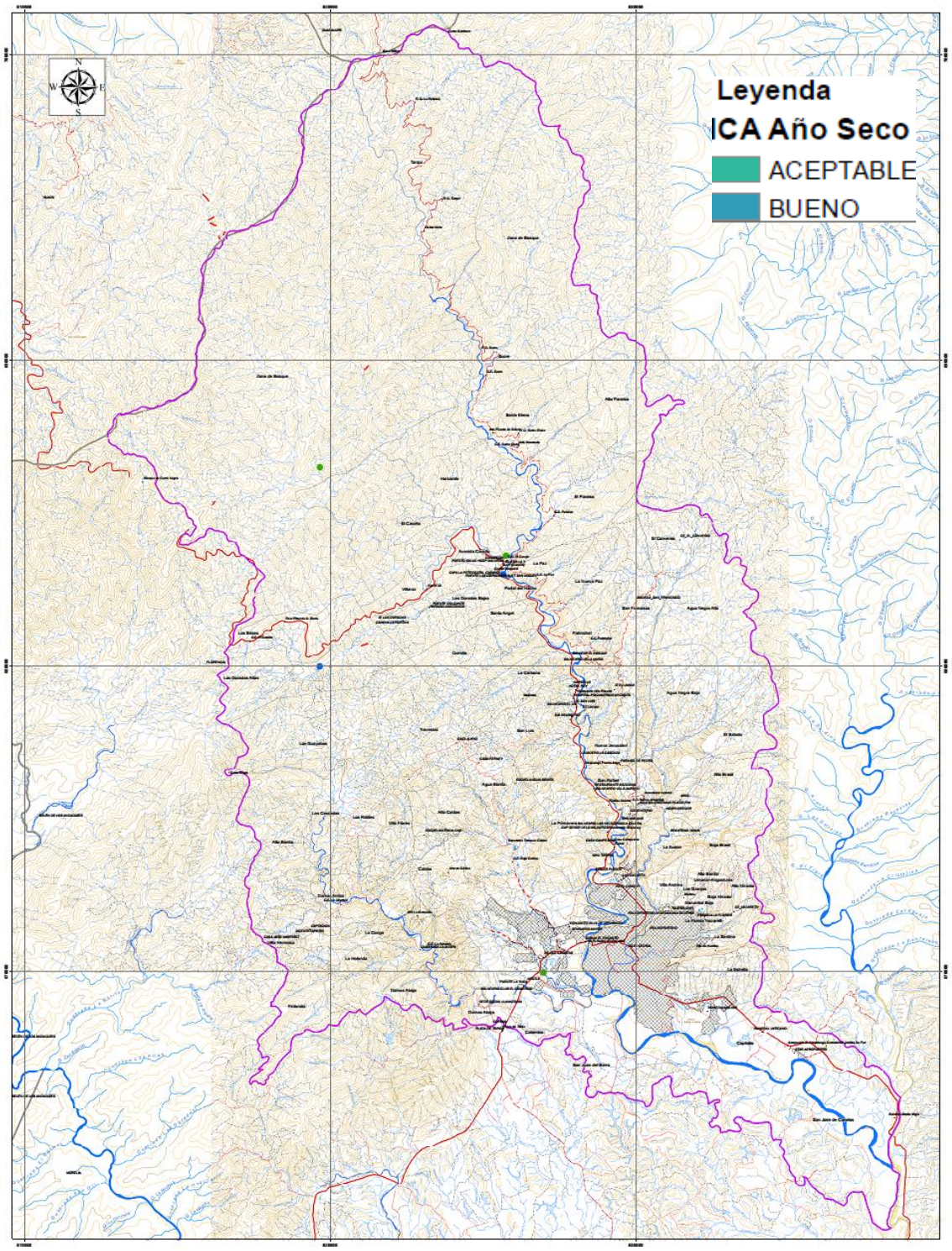
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

De lo anterior es posible concluir que la calidad del agua es “buena” para las fuentes hídricas evaluadas en las campañas de monitoreo; cabe resaltar que las categorías de clasificación para ambas épocas varia muy poco en relación de la una con la otra, siendo la Quebrada las Doradas y el Rio Caraño, las que mejor calidad de agua presentan, a pesar de que son zonas con gran influencia de actividades productivas en la cuenca del río Hacha.

Así mismo la Quebrada el Dedito tiene un valor de ICA “aceptable” en ambas épocas climáticas, en virtud de que por su localización dentro de la cuenca del Rio Hacha posee una mayor presión antrópica respecto a las primeras, por el desarrollo de actividades productivas, y la conformación de asentamientos humanos, que generan vertimientos domésticos y residuales de actividades agropecuarias.

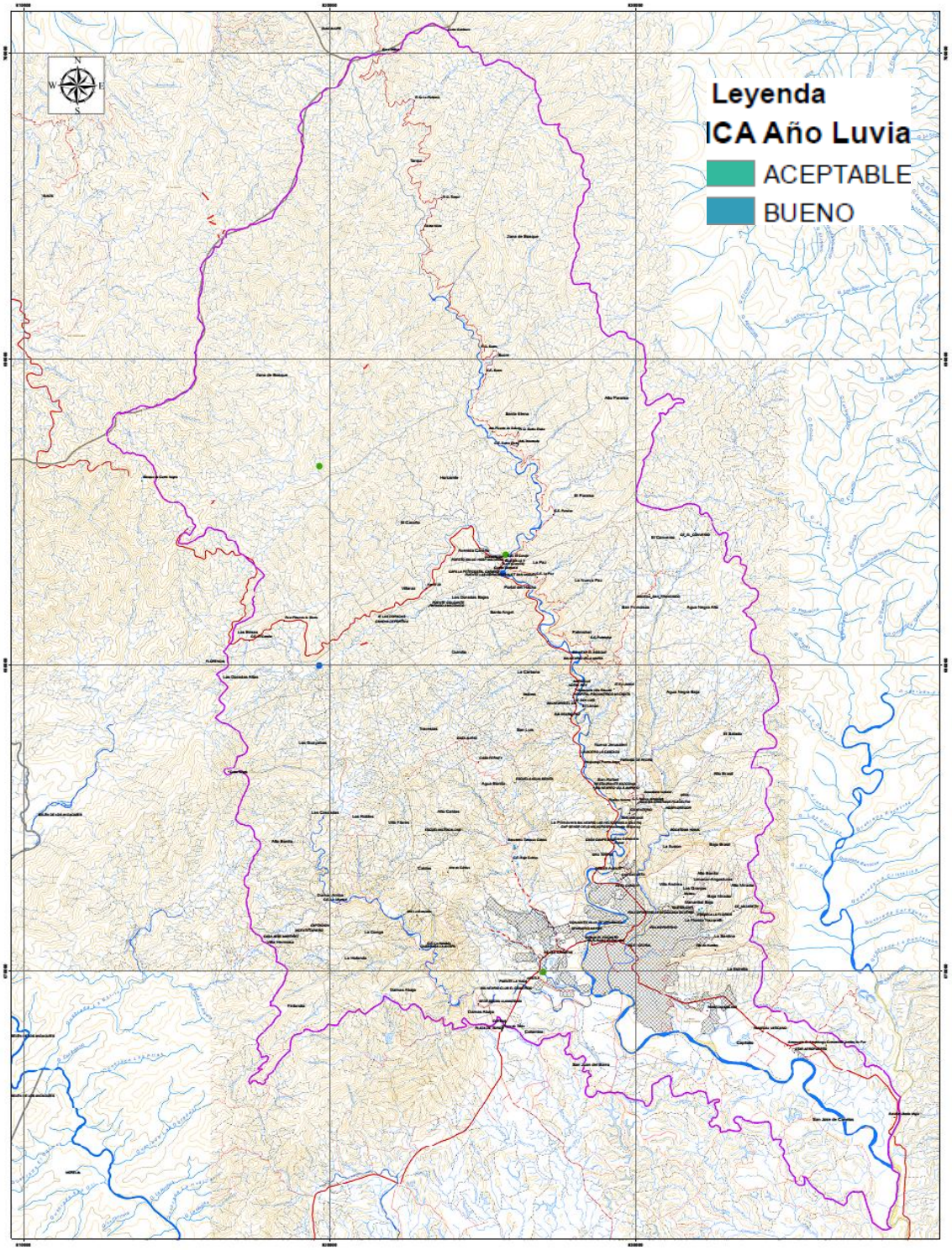
En la Figura 102 y Figura 103 se presenta los mapas del ICA para época seca y lluvia, de acuerdo a los cálculos realizados para cada campaña.

Figura 102. Mapa con los resultados del ICA, época seca



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Figura 103. Mapa con los resultados del ICA, época lluvia



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.8.8 Determinación del Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua IACAL.

El Índice de Alteración Potencial de la Calidad de Agua (IACAL), es el referente de la presión de los contaminantes vertidos (materia orgánica, solidos suspendidos y nutrientes) sobre las condiciones de calidad de agua en los sistemas hídricos superficiales. (IDEAM, 2014). En otras palabras, el IACAL permite cuantificar el posible grado de afectación de las fuentes hídricas superficiales, con base en los factores que generan presiones por cuenta de los usos y el consumo que realiza la población asentada en sus alrededores, y de los vertimientos (cargas contaminantes) que tales poblaciones vierten en las corrientes superficiales en periodo determinado. También considera la capacidad de autodepuración de las fuentes hídricas superficiales, la cual se ve altamente influencia por fenómenos climáticos.

En la práctica, el uso del IACAL refleja la probable afectación de la calidad del agua por desarrollo de actividades socioeconómicas (pues permite estimar cargas contaminantes por cada sector productivo); y se calcula en función de la presión ambiental, entendida como la contribución potencial de cada agente social o actividad humana (población, industria, agricultura, minería) a las alteraciones del medio ambiente por consumo de recursos naturales, generación de residuos (emisión o vertimiento) y transformación del medio físico.

El cálculo del IACAL se realiza con base las variables físico químicas que mejor reflejan la calidad de los vertimientos, y se encuentran mejor asociadas con los principales tipos de contaminación, a su vez que representan la mayor parte de la magnitud de la contaminación. Tales variables son:

- Demanda Química de Oxigeno (DQO)
- Diferencia entre demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno – (DQO - DBO)
- Solidos Suspendidos Totales (SST)
- Nitrógeno Total (NT)
- Fosforo Total (PT)

También se incorpora la variable de Oferta hídrica asociada al caudal del cuerpo de agua, expresada en hectómetros cúbicos ($1hm^3 = 106\ m^3$)

Los sectores para los cuales se realizan las estimaciones de cargas contaminantes para el cálculo del IACAL son: Doméstico, Industrial, Sacrificio de ganado bovino y Agrícola (principalmente cultivo de café).

El cálculo del IACAL se construye a partir de las estimaciones de las cargas contaminantes para cada una de las cinco variables fisicoquímicas, las cuales son ponderadas por las ofertas hídricas de los cuerpos de agua superficiales evaluados; y que son calculadas para periodos secos y medios. Las fórmulas de cálculo del indicador son las siguientes (una para año medio y una para año seco):

Para año medio:

$$IACAL_{jt-añomed} = \frac{\sum_{j=1}^{n} catiacal_{ijt-añomed}}{n}$$

Donde,

- IACAL $_{jt-añomed}$: es el índice de alteración potencial de la calidad del agua de una subzona hidrográfica durante un periodo de tiempo, evaluado para una oferta hídrica propia de un año medio

- catiacal$_{ijt-añomed}$: es la categoría de clasificación de la amenaza por la potencial alteración de la calidad del agua que representa el valor de la estimación de la carga de la variable de calidad que se puede estar vertiendo en la subzona hidrográfica durante un periodo de tiempo dividido por la oferta hídrica en un año medio.

- n: es el número de variables de calidad involucradas

Para año seco:

$$IACAL_{jt-añosec} = \frac{\sum_{j=1}^{n} catiacal_{ijt-añosec}}{n}$$

Donde,

- IACAL $_{jt-añosec}$: es el índice de alteración potencial de la calidad del agua de una subzona hidrográfica durante un periodo de tiempo, evaluado para una oferta hídrica propia de un año seco.

- catiacal$_{ijt-añosec}$: es la categoría de clasificación de la amenaza por la potencial alteración de la calidad del agua que representa el valor de la estimación de la carga de la variable de calidad que se puede estar vertiendo en la subzona hidrográfica durante un periodo de tiempo dividido por la oferta hídrica en un año seco.

- n: es el número de variables de calidad involucradas

Los valores obtenidos en cada una de las cinco estimaciones, tanto para año medio como para año seco, se comparan con los rangos establecidos en tablas de referencia construidas para cada uno de los variables (Ver Tabla 175).

Tabla 175. Valores para cada una de las variables de calidad.

Calificación de la Presion	Categoria de Calisifiación	Para DBO	Para DQO - DBO	Para SST	Para NT	Para PT
1	Baja	$IACAL_{DBO} < 0,14$	$IACAL_{DQO-DBO} < 0,14$	$IACAL_{SST} < 0,4$	$IACAL_{NT} < 0,0,03$	$IACAL_{PT} < 0,005$
2	Moderada	$0,14 \leq IACAL_{DBO} < 0,40$	$0,14 \leq IACAL_{DQO-DBO} < 0,36$	$0,4 \leq IACAL_{SST} < 0,8$	$0,03 \leq IACAL_{NT} < 0,06$	$0,005 \leq IACAL_{PT} < 0,014$
3	Media-Alta	$0,40 \leq IACAL_{DBO} < 1,21$	$0,36 \leq IACAL_{DQO-DBO} < 1,17$	$0,8 \leq IACAL_{SST} < 1,9$	$0,06 \leq IACAL_{NT} < 0,14$	$0,014 \leq IACAL_{PT} < 0,036$
4	Alta	$1,21 \leq IACAL_{DBO} < 4,86$	$1,17 \leq IACAL_{DBO} < 6,78$	$1,9 \leq IACAL_{SST} < 7,7$	$0,14 \leq IACAL_{NT} < 0,56$	$0,036 \leq I IACAL_{PT} < 0,135$
5	Muy Alta	$IACAL_{DBO} \geq 4,86$	$IACAL_{DBO} \geq 6,78$	$IACAL_{SST} \geq 7,7$	$IACAL_{NT} \geq 0,56$	$IACAL_{PT} \geq 0,135$

Fuente. Elaboración propia a partir de IDEAM 2013

Producto de la comparación, cada valor estimado queda clasificado en una categoría de 1 a 5, que representa un nivel de presión (de menor a mayor, respectivamente), tal y como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 176. Rangos del IACAL categoría nacional

$IACAL_{JT\ AÑOMED}$ $IACAL_{JT\ AÑOSEC}$	CATEGORÍA DE CLASIFICACIÓN	CALIFICACIÓN DE LA PRESIÓN
$1,0 \leq IACAL \leq 1,5$	1	Baja
$1,5 < IACAL \leq 2,5$	2	Moderada
$2,5 < IACAL \leq 3,5$	3	Media-Alta
$3,5 < IACAL < 4,5$	4	Alta
$4,5 \leq IACAL \leq 5,0$	5	Muy Alta

Fuente. IDEAM 2010

3.8.8.1 Análisis de los resultados. Una vez recopilada la información necesaria para la estimación de cargas en los sectores productivos y para las actividades establecidas en la metodología del IACAL, se procede a consolidar las cargas, a establecer los caudales para cada nivel fuente hídrica para año seco y año medio, a establecer los catiacales para DBO5 y SST y finalmente establecer el valor del indicador (Ver Anexo 21-2).

Tabla 177.Consolidado de cargas y caudales para cálculo de IACAL

Fuente Hídrica	ESTIMACION CARGAS TOTALES				CAUDALES	
	Cargas contaminantes TOTAL				AÑO SECO hm3/año	AÑO MEDIO hm3/año
	DQO (Ton/año)	SST (Ton/año)	DBO5 (Ton/año)	Grasas y aceites (Ton/año)		
Río Hacha	680,78	303,86	380,83	4.929,66	312,76	543,31
El Dedo	130,37	60,16	90,53	128,98	2,04	3,55
San Joaquín	363,18	7,51	167,64	9,35	125,72	218,92
Quebrada La Sardina	586,37	265,88	390,82	2.164,65	3,05	5,26
Quebrada La Perdiz	1.198,63	561,87	607,12	16.640,63	3,57	6,18
Quebrada la Yuca	18,95	2,46	7,31	0,18	132,98	231,03

Fuente: Ecointegral, Contrato N° 0390 2016

Por otra parte es necesario aclarar que la metodológica del IDEAM para el cálculo del indicador presenta una categorización nacional, y con el fin de tener unos resultados más ajustados a las condiciones de la cuenca del rio Hacha, se decidió realizar una recategorización mediante el uso de percentiles, tal y como se muestra a continuación:

Tabla 178. Recategorización para los niveles de clasificación de las cargas contaminantes en el cálculo del IACAL

PERCENTILES CALCULADOS				
CATEGORIA DE PRESIÓN	DESCRIPTOR DE PRESIÓN	PERCENTILES DQO	PERCENTILES SST	PERCENTILES DBO
		t/año	t/año	t/año
1	BAJA	270	39	137
2	MODERADA	605	273	383
3	MEDIA	1095	490	555
4	ALTA	2630	647	709
5	MUY ALTA	70064	28959	34998

Fuente: Ecointegral, Contrato N° 0390 2016

De acuerdo a los resultados de la recategorización se obtienen las diferentes categorías de presión por contaminante para cada fuente hídrica, así como la categoría de presión por carga total (Ver Tabla 179).

Tabla 179. IACAL por carga total para cada fuente hídrica

FUENTE HÍDRICA	ESTIMACION CARGAS CONTAMINANTES TOTALES			Clasificación por carga Ton/año			Valor Clasificación IACAL (sin caudal) Ton/año
	DQO (Ton/año)	SST (Ton/año)	DBO5 (Ton/año)	DQO	SST	DBO	
Río Hacha	680,78	303,86	380,83	Medio Alto	Medio Alto	Moderada	Medio Alto
El Dedo	130,37	60,16	90,53	Baja	Moderada	Baja	Baja
San Joaquín	363,18	7,51	167,64	Moderada	Baja	Baja	Baja
Quebrada La Sardina	586,37	265,88	390,82	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada
Quebrada La Perdiz	1.198,63	561,87	607,12	Alta	Alta	Medio Alto	Alta
Quebrada la Yuca	18,95	2,46	7,31	Baja	Baja	Baja	Baja

Fuente: Ecointegral, Contrato N° 0390 2016

El IACAL se obtiene de la reponderación de la clasificación (de 1 a 5) por contaminante para cada fuente hídrica (promedio de la categoría de cada contaminante.

Con base en los resultados anteriores, se observa que las unidades con categoría Alta se presenta en la Quebrada la Perdiz, un comportamiento atribuido a los altos índices de los valores de cargas contaminantes derivados de vertimientos domésticos, entre tanto el Rio Hacha presenta unidades con categoría Medio Alta; con categoría moderada se encuentra la Quebrada la Sardina; y por ultimo pertenecen a la categoría baja la Quebrada el Dedo, la Yuca y el caño San Joaquín.

De lo anterior se puede inferir que el sector que mayor aporta genera cargas contaminantes es el sector doméstico.

Posteriormente se realiza el cálculo del IACAL relacionando carga con oferta hídrica superficial para año seco y para año medio, para lo cual se divide las cargas contaminantes entre la oferta de agua total para año medio y año seco en Hectómetro cúbicos (Hm3), la cual representa la capacidad de autodepuración; da un indicativo de la probabilidad de afectación por cargas contaminantes, de modo que un valor menor indica una probabilidad menor de ocurrencia de un evento severo de alteración de la calidad.

Para tal efecto se toman los valores de carga por fuente hídrica (ton/año), y se dividen entre la oferta hídrica total media y seca (Hectómetros cúbicos) y se vuelve a recategorizar el IACAL de acuerdo con los resultados de los cálculos percentiles.

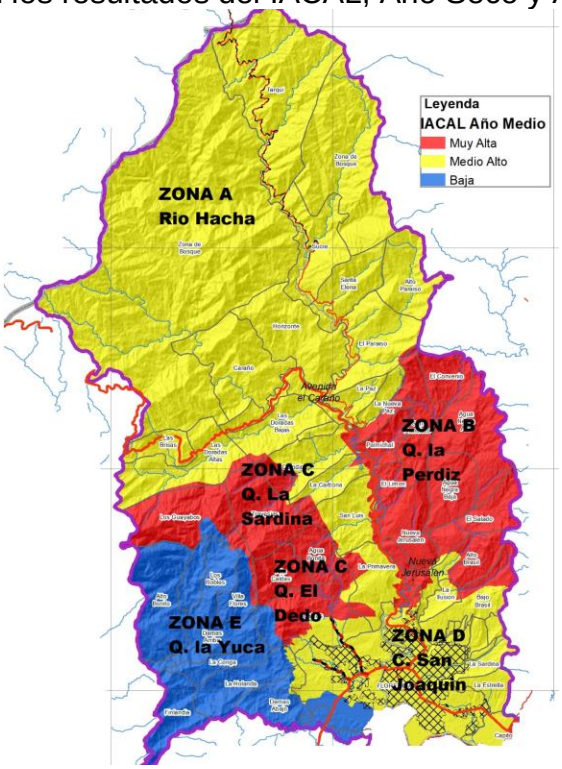
El IACAL se obtiene de la reponderación de la clasificación (de 1 a 5) por contaminante para cada fuente hídrica (promedio de la categoría de cada contaminante), tanto para año medio como para año seco. Se presenta en la Tabla 180 los resultados de IACAL para año seco y en la Tabla 181 para año medio.

Tanto los resultados del IACAL para año seco y año medio, son iguales, un comportamiento que se supone se debe a que la diferencia entre la oferta hídrica para año medio y seco no es significativa. Entre tanto se encuentran en categoría Muy Alta la quebrada el Dedo, la Sardina y la Perdiz; en categoría Medio Alto se encuentra el Rio Hacha y el caño San Joaquín; y en categoría baja se encuentra la Quebrada la Yuca.

Con los resultados obtenidos se confirma que la principal causa de contaminación es el sector doméstico, teniendo presente que la mayoría de los vertimientos generados por este sector no disponen de un tratamiento previo antes de su disposición en las fuentes hídricas.

En la Figura 104, se presenta la espacialización de los resultados del IACAL, tanto para año lluvia, como año seco, teniendo presente que la calificación es igual para ambos periodos.

Figura 104. Mapa con los resultados del IACAL, Año Seco y Año Medio



Fuente: Ecointegral, Contrato N° 0390 de 2016

Tabla 180. Categoría de presión por cada contaminante para año seco por fuente hídrica

Fuente Hídrica	C A T I A C A L D B O		C A T I A C A L S S T		C A T I A C A L D Q O - D B O			IACAL
	Catiacal DBO AÑO SECO Ton/Hm3	Calificación de presión DBO Año seco	Catiacal SST AÑO SECO Ton/Hm3	Calificación de presión SST Año seco	Catiacal DQO - DBO AÑO SECO Ton/Hm3	Calificación de presión DQO - DBO Año seco	IACAL AÑO SECO	Calificación de presión IACAL AÑO SECO
Río Hacha	1,22	Alta	0,97	Medio Alto	0,96	Medio Alto	3	**Medio Alto**
El Dedo	44,39	Muy Alta	29,50	Muy Alta	19,53	Muy Alta	5	**Muy Alta**
San Joaquín	1,33	Alta	0,06	Baja	1,56	Alta	3	**Medio Alto**
Quebrada La Sardina	128,20	Muy Alta	87,22	Muy Alta	64,15	Muy Alta	5	**Muy Alta**
Quebrada La Perdiz	169,87	Muy Alta	157,21	Muy Alta	165,50	Muy Alta	5	**Muy Alta**
Quebrada la Yuca	0,05	Baja	0,02	Baja	0,09	Baja	1	**Baja**

Fuente: Ecointegral, Contrato N° 0390 2016

Tabla 181. Categoría de presión por cada contaminante para año medio por fuente hídrica

Fuente Hídrica	C A T I A C A L D B O		C A T I A C A L S S T		C A T I A C A L D Q O - D B O		IACAL	
	Catiacal DBO AÑO MEDIO Ton/Hm3	Calificación de presión DBO Año medio	Catiacal SST AÑO MEDIO Ton/Hm3	Calificación de presión SST Año medio	Catiacal DQO - DBO AÑO MEDIO Ton/Hm3	Calificación de presión DQO - DBO Año medio	IACAL AÑO MEDIO	Calificación de presión IACAL AÑO MEDIO
Río Hacha	0,7	Alta	0,6	Moderada	0,6	Alta	3	Medio Alto
El Dedo	25,5	Muy Alta	16,9	Muy Alta	11,2	Muy Alta	5	Muy Alta
San Joaquín	0,8	Alta	0,0	Baja	0,9	Alta	3	Medio Alto
Quebrada La Sardina	74,4	Muy Alta	50,6	Muy Alta	37,2	Muy Alta	5	Muy Alta
Quebrada La Perdiz	98,3	Muy Alta	91,0	Muy Alta	95,8	Muy Alta	5	Muy Alta
Quebrada la Yuca	0,0	Baja	0,0	Baja	0,1	Baja	1	Baja

Fuente: Ecointegral, Contrato N° 0390 2016

3.8.9 Prestación de servicios de aseo.

Según el Plan Municipal de Desarrollo, “se tiene una cobertura del 96.8% y los residuos sólidos son depositados en el relleno sanitario regional La Esperanza en el corregimiento San Martín. La zona rural del municipio carece del servicio de recolección, la disposición final de residuos sólidos en su mayoría se realiza a cielo abierto, aunque se requiere implementar rellenos sanitarios regionales sostenibles ambientalmente, los recursos económicos son insuficientes y la empresa privada no se encuentra interesada al respecto”.

Para determinar el estado actual de prestación del servicio de recolección de basuras y residuos sólidos en la zona rural, se tomó como referencia los resultados de los talleres que se realizaron con las comunidades de 53 veredas del área de influencia de la cuenca (y que hacen parte del proceso de actualización del componente socioeconómico de la Cuenca, cuyo detalle se puede consultar el documento de caracterización socioeconómica); la principal conclusión del proceso indica que el 23% de las veredas, manifestó contar con la prestación del servicio de aseo a cargo de la empresa SERVIINTEGRAL con una regularidad de dos o tres días a la semana; tres veredas expresaron que el cubrimiento era parcial y específicamente La Sardina manifestó que pagan por un servicio que sólo recibe una parte de la población

Como formas de manejo ante la falta de servicio de aseo, las siguientes veredas que representan el 5% de la población reportada por las JAC manifestaron emplear estas alternativas:

Tabla 182. Fichas verdales para la caracterización del servicio de Aseo.

ID	CORREGIMIENTO	VEREDA	HABITANTES	ASEO
1	Santo Domingo	El Roble - villa Flores	60	Depositan los residuos en sectores de la finca
2	Caraño	Parcelación Subnormal Alto Bonito	80	Los residuos orgánicos los entierran, los plásticos los queman para prender los fogones de leña y las latas las venden.
3		El Horizonte	60	Los residuos sólidos orgánicos son enterrados, los plásticos se queman y las latas las entierran.
4		El Limón	66	Las basuras se depositan en un lugar de la finca.
5		Mirador	125	Las basuras las trasportan desde la vereda hasta un barrio para que el carro las pueda recoger
6		El Convenio	40	Se entierran las basuras en el suelo

Fuente: Ecointegral, Contrato N° 0390 2016

Es previsible que en el sector rural, los residuos orgánicos puedan ser devueltos al suelo o ser utilizado en la producción de especies menores, pero residuos como los plásticos constituyen un problema visible porque si no se entierran contaminando el suelo se depositan a cielo abierto.

Según CORPOAMAZONIA, para el manejo con una generación estimada de residuos de 74, 5 ton/día "se cuenta con un sistema de celda transitoria localizada en San Juan del Barro, cerca de la cabecera municipal. El relleno cuenta con estructuras para la recolección, conducción, tratamiento y evacuación de lixiviados. Servintegral S.A. E.S.P., es una empresa privada encargada de la recolección y transporte de los residuos. La disposición final está a cargo de la empresa IMOC"45. La situación no parece haber cambiado desde lo reportado por el POMCA en 2005 (ver págs. 226 y227 del Plan) salvo que hace 12 años se recolectaban 4 ton/día más de lo que reporta Corpoamazonía .

La cuestión es que sigue siendo uno de los principales focos de contaminación ambiental de la cuenca y un vector de enfermedades al que no se le presta atención desde las entidades competentes y que por tanto tenderá a agudizarse en el corto plazo hasta que ya no haya más remedio que intervenir.

Por lo anterior es fundamental que esta actualización llame la atención para buscar alianzas que permitan avanzar en la resolución de este problema

3.8.10 Diagnóstico De Los Factores De Contaminación De Recurso Hídrico

La cobertura del servicio de acueducto llega al 98,25% de los ciudadanos (SERVAF S.A E.S.P, 2013), el cual se ve representado en la siguiente tabla de acuerdo al estrato socioeconómico:

Tabla 183. Cobertura de acueducto por estrato año 2013

ACUEDUCTO	
Estrato 1	21.823
Estrato 2	9.998
Estrato 3	2.507
Estrato 4	554
Oficial	300
Comercial	2.367
Total	37.549

Fuente. SERVAF S.A E.S.P 2013

[45] Datos tomados de la web, en julio 4 de2017, http://www.corpoamazonia.gov.co/region/Caqueta/Municipios/Caq_Florencia.html

Frente al servicio de alcantarillado SERVAF S.A E.S.P., proyecto para el año 2013 una cobertura de más de 26.000 suscriptores para el municipio de Florencia (Ver Tabla 184). No obstante, siguen siendo muchos los barrios especialmente de la comuna sur (en el cual se evidencia la construcción de nuevos predios), que aún no cuentan con un adecuado sistema de alcantarillado; por lo cual la mayoría de sus vertimientos domésticos (sin ningún tipo de tratamiento) los disponen en fuentes hídricas receptoras tales como las quebrada la Sardina, la Perdiz, el Dedo, y los caños el Despeje, la Florida, San Joaquín y el Manantial.

Tabla 184. Cobertura de alcantarillado año 2013

USUARIOS	INFORMACIÓN AÑO 2013
Número de domicilios	37.195
Número de suscriptores	26.342
Suscriptores residenciales	23.955
Suscriptores oficiales	158
Suscriptores comerciales	2.229
Suscriptores industriales	0
Otros suscriptores	0
Número de usuarios	105.367

Fuente. SERVAF S.A E.S.P 2013

Estos cuerpos de agua son receptores de una gran cantidad de vertimientos provenientes de diferentes partes de la ciudad tal y como lo muestra la siguiente tabla:

Tabla 185. Estmaciones de vertimientos de fuentes receptoras

AFLUENTE	VERTIMIENTO (LITROS/SEGUNDO)	% DEL CAUDAL TOTAL	ORIGEN
Q. La Sardina	87,32	4,06	35 barrios de la Comuna Nororiental de la ciudad de Florencia.
Q. La Perdiz	254,31	7,96	36 barrios de la comuna Norte y Nororiental de la ciudad de Florencia.
Rio Hacha	183,58	2,13	28 barrios de la comuna Norte, el Centro, la comuna Occidental y la Comuna Sur de la ciudad.
Caño el Despeje	16.04	10,5	27 barrios de las comunas Oriental y Sur de la ciudad de Florencia.
Q. El Dedo	58,85	9,75	5 barrios de la comuna norte de la ciudad de Florencia
Caño San Joaquin	2,67	0,44	4 barrios de la comuna norte de la ciudad de Florencia
Caño Florida	0,63	0,10	3 barrios ubicados en los corregimientosdel Caraño y Orteguaza

Fuente. Elaboración propia a partir de SERVAF S.A E.S.P 2013

No obstante, el principal punto de contaminación de la cuenca del rio hacha se encuentra en la quebrada La Perdiz, que tributa cerca de 254,32 Litros/segundo. A esto también se le suman factores asociados a la explotación del material de su lecho (minería de material de arrastre), procesos de ocupación y deforestación masiva en zonas de cordillera (incentivados por la apertura de la nueva carretera Florencia – Suaza), y el uso inadecuado del suelo, por el establecimiento de sistemas productivos en suelos con pendientes mayores a 45 grados[46],

3.9 GEOMORFOLOGÍA

3.9.1 Geomorfología de Carvajal

El siguiente informe corresponde a la memoria adjunta al mapa Geomorfológico realizado según la metodología de Carvajal (2012) en la cuenca del río Hacha. El cual tuvo una fase preliminar, seguida de una comprobación en campo y una fase final tomando en cuenta los ajustes del campo. La realización del mapa siguió la directriz de los protocolos de riesgos de los Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuenca Hidrográfica (POMCA), en este sentido se dirigió a proporcionar información concisa, sistemática y debidamente jerarquizada de las geoformas de la cuenca, así como la definición y caracterización de los procesos morfodinámicos y los fenómenos naturales conexos.

3.9.1.1 Metodologia. En concordancia con los lineamientos del Protocolo para la Incorporación de la Gestión del Riesgo en los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas publicada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en el año 2014, se empleó la metodología consignada en la Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia (Carvajal, 2012b). Esta metodología tiene como eje transversal la evaluación de amenazas naturales y responde a la necesidad de zonificación del riesgo.

Siguiendo esta propuesta el mapeo geomorfológico tuvo un proceso analítico que partió desde un punto de vista regional hasta llegar a uno local, desarrollando de esta manera una jerarquización geomorfológica (Figura 105). La metodología plantea los siguientes rangos de clasificación de mayor a menor.

[46] El actual Plan de Ordenamiento Territorial, determina que suelos con pendientes mayores a 45 grados corresponden a la categoría de suelos de Áreas de Aptitud Ambiental, áreas de Alta Importancia Ambiental y zonas de Alta Fragilidad Ambiental.

Figura 105. Esquema de jerarquización geomorfológica.

Fuente: Carvajal J. , 2012. Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia

- Geomorfoestructura. Se refiere a grandes áreas geográficas o amplios espacios continentales o intra continentales caracterizados y definidos por estructuras geológicas y topográficas regionales que han tenido deformación o basculamiento y posiblemente metamorfismo o intrusión ígnea (Megageoformas de origen tectónico). Se consideran como geomorfoestructuras: Los escudos, los bloques de origen continental (Plateaus Orogénicos ó Epirogénicos), grandes cuencas de sedimentación, cuencas intracratónicas y Rift Valleys, plataformas y cinturones orogénicos (Carvajal J. 2012a). Corresponde según Velásquez (1999 en Carvajal (2012a) a escalas de trabajo menores de 1: 2.500.000. El nombre propuesto para las Geomorfoestructuras es compuesto y consiste del término Sistema asociado a un término Morfológico de macrorelieve combinado con un nombre geográfico regional reconocido (Carvajal, 2012a).

- Provincia Geomorfológica. Corresponde a un conjunto de regiones con geoformas parecidas y definidas por un macro relieve y una génesis geológica similar. Localmente se relacionan con las regiones naturales y con los terrenos geológicos de Colombia los cuales están delimitados por el trazo de megafracturas y suturas definidas o inferidas (Carvajal, 2012a). Se diferencian y delimitan las formas del relieve tomando como base sus características geológicas, morfológicas y geográficas. Se definen en términos tales como; Cinturones Montañosos, Llanuras, Peneplanicies, Cordilleras, Serranías y están establecidas para escalas entre 1: 1.000.000 – 1.500.000 (Carvajal, 2012a).

- Región Geomorfológica. Es la agrupación de geoformas relacionadas genética y geográficamente. Están definidas por los ambientes morfogenéticos y geológicos afectados por procesos geomórficos parecidos (Carvajal, 2012a). El ambiente morfogenético hace alusión a las condiciones físicas, químicas, bióticas y climáticas bajo las cuales se generaron las geoformas. Se determina con base en la interpretación de los procesos geomorfológicos registrados (origen tanto endógeno como exógeno), que dieron lugar a la formación, evolución y modificación de las mismas (Carvajal, 2012a). Los ambientes morfogenéticos se agrupan de manera general en:

  - Ambiente Estructural: Corresponde a las geoformas generadas por la dinámica interna de la tierra, especialmente las asociadas a plegamientos y fallamientos. Incluye el AMBIENTE NEOTECTONICO (Geoformas originadas por la actividad tectónica activa y que se ha prolongado durante el cuaternario).

  - Ambiente Volcánico: Asociado en las regiones donde predominan los procesos que generan geoformas volcánicas por la extrusión de materiales fundidos procedentes del interior de la tierra.

  - Ambiente denudacional: Determinado por la actividad dominante de procesos erosivos hídricos y de fenómenos de transposición o de remoción en masa sobre geoformas preexistentes. Para este tipo de regiones el color adoptado es el púrpura.

  - Ambiente Fluvial: Corresponde a las geoformas generadas por los procesos relacionados con la actividad fluvial.

  - Ambiente marino profundo y costero: Determinado por las geoformas construidas por la actividad de las corrientes marinas y el oleaje costero del mar.

  - Ambiente Glaciar: Definido por las geoformas originadas por la acción glacial, tanto de los casquetes polares, como en altas montañas.

  - Ambiente Eólico: Geoformas formadas por la acción del viento, como agente modelador del paisaje en zonas desérticas principalmente.

  - Ambiente Karstico: Definido por las formas producto de la meteorización y dilución de rocas y materiales de fácil dilución en ambientes húmedos y cálidos, tales como las calizas y sal.

  - Ambiente Antropogénico y/o Biológico: Morfologías formadas por la actividad del hombre que modifica la superficie del terreno.

- Unidad geomorfológica. Esta categoría se propone como la unidad básica de la cartografía geomorfológica. El término Unidad geomorfológica se define como una geoforma individual genéticamente homogénea, generada por un proceso geomórfico construccional o destruccional (Acumulación o erosión), típico de un ambiente morfogenético dado (Carvajal, 2012a). Está determinada con criterios genéticos, morfológicos y geométricos en función de la escala de trabajo propuesta de 1: 50.000 a 1:100.000 (Carvajal, 2012a).

La notación cartográfica corresponde a una abreviatura de hasta 5 caracteres; el primero en mayúscula. El primero y el segundo se utilizan para identificar el ambiente morfogenético principal (Denudacional: D, Volcánico: V, Estructural: S, Fluvial y deltáico: F, Kárstico: K, Marino y costero: M, Glacial: G, Eólico: E, Antropogénico: A); letras adicionales para especificar tanto el relieve como el nombre de la geoforma típica de cada ambiente morfogenético. (Carvajal, 2012a).

- Subunidad geomorfológica. Esta categoría corresponde a una subdivisión de las Unidades geomorfológicas. Está determinada fundamentalmente por los contrastes morfológicos y morfométricos, que relacionan el tipo de material o la disposición estructural de los mismos, con la correspondiente topografía del terreno (Carvajal, 2012a). Igualmente está definida por el contraste dado por las formaciones superficiales asociadas a procesos morfodinámicos actuales de meteorización, erosión, transporte y acumulación bien definidos o determinados. La escala de trabajo está definida entre 1: 10.000 y 1: 25.000.

La geomorfología involucra los siguientes conceptos de acuerdo con Van Zuidam (1985, en Carvajal, 2012a)

- Morfologia: trata de la apariencia y forma del relieve en general.

- Morfografia: descripción cualitativa de las geoformas.

- Morfometria: trata de los aspectos cuantitativos de las geoformas. medidas, dimensiones y valores.

- Morfogenesis: estudia el origen y evolución de las formas del terreno.

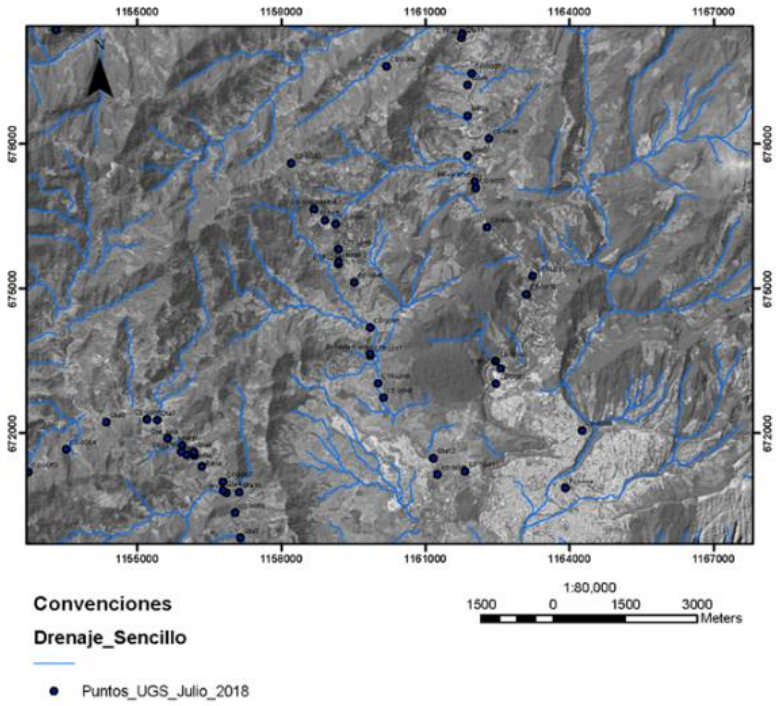
- Morfoestructura: referida a la disposición, composición y dinámica interna de la tierra. pasiva cuando trata de las características de los materiales involucrados y su disposición estructural, y activa cuando esta relacionada con la dinámica endógena (volcanismo, plegamientos, tectonismo fallado).

- Morfodinámica: trata de los procesos activos en el presente ó aquellos, que se pueden activar en el futuro. se refiere a la dinámica exógena relacionada con la

actividad de los agentes como el viento, agua, hielo y la acción de la gravedad terrestre, que modifica las geoformas preexistentes. Morfocronologia: trata de la edad relativa o absoluta de cada una de las geoformas del terreno y la cual puede ser del tiempo de su formación o de los procesos que marcaron su desarrollo posterior. es esencial hacer una distinción entre las formas del terreno de edades diferentes, en particular, entre las formas recientes y aquellas heredadas de períodos anteriores, cuando prevalecían condiciones geológicas ó climáticas distintas a las actuales. En general las geoformas más grandes son más durables mientras las pequeñas son rápidamente construidas o destruidas (BLOOM, 1998, en Carvajal, 2012a).

- Actividades. Las actividades para el desarrollo del levantamiento geomorfológico consistieron en la adquisición de imágenes remotas, específicamente imagen tipo PALSAR (radar) del satélite japonés ALOS, con resolución de 12,5 metros e imagen satelital multiespectral (bandas azul, verde, rojo, borde rojo e infrarojo cercano) rapidEye de 5 m de resolución, del año 2015, facilitada por la Corporación Ozono (Figura 106).

Figura 106. Imagen rapidEye de 5 m de resolución del año 2015.Se observan estaciones de campo realizadas en la salida de UGS y Geomorfologia (puntos axules) y la ciudad de Florencia en la parte inferior.

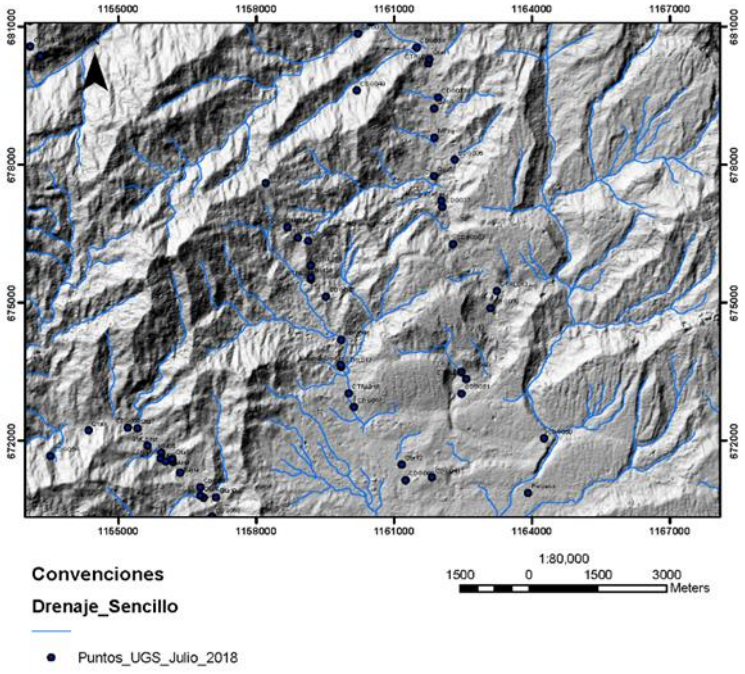


Fuente: Corporación Ozono, 2015

Una vez obtenidas estas imágenes se procedió con la interpretación geomorfológica preliminar, consistente en la identificación de: expresiones morfológicas, rasgos lineares con posible significado tectónico y de eventos morfodinámicos (movimientos en masa y flujos torrenciales).

La interpretación fue realizada de manera integral mediante superposición temática en el programa ArcMap versión10.3, sobre el modelo de sombras generado a partir del DEM (Modelo Digital de Elevación) derivado de la imagen ALOSPALSAR (Figura 107), sobre la base cartográfica de la cuenca del río Hacha a escala 1:25.000 y sobre la imagen satelital RapidEye. Esta interpretación fue complementada con la observación de imágenes del programa Google Earth del año 2017, las cuales presentan una muy buena definición en la cuenca del río Hacha (Ver Anexo 22-1).

Figura 107. Modelo de sombras a partir del DEM ALOS PALSAR banda. Se observan algunas estaciones de campo realizadas en la salida de UGS y Geomorfología (puntos azules).



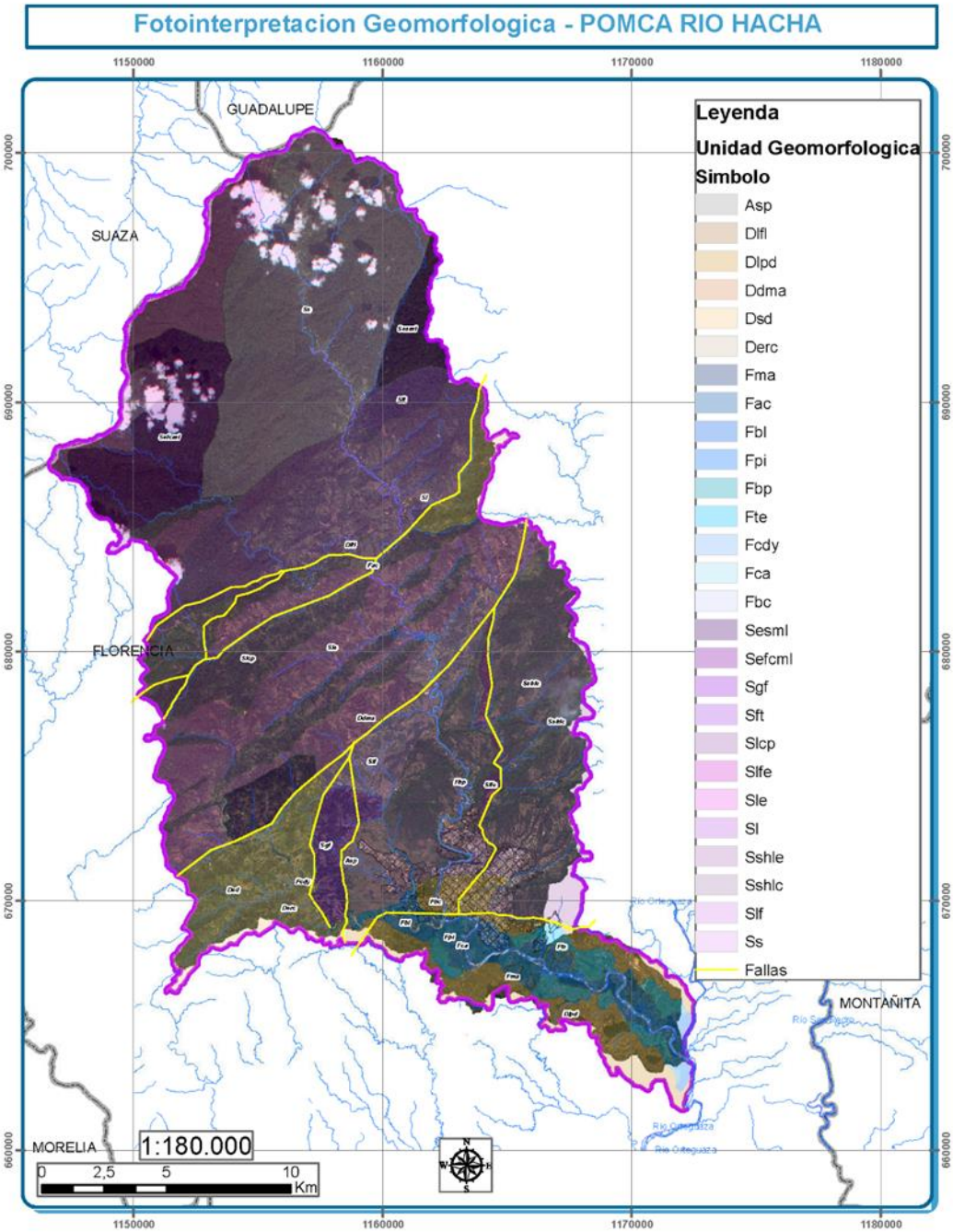
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

En estas últimas se identificaron y demarcaron procesos de remoción en masa, flujos torrenciales y depósitos fluvio-aluviales que luego fueron transferidos al proyecto en ArcMap mediante la herramienta Conversion Tools del mismo programa. Adicionalmente en este mapa se localizaron los procesos aportados e informados por la comunidad en reuniones de socialización del POMCA.

Una vez obtenido el Mapa Geomorfologico Preliminar (Figura 108) se procedió a realizar la salida de campo, la cual tuvo una duración de 10 días. El objetivo de la

salida fue el de corroborar la interpretación geomorfológica. Para ello se diseñó un programa de trabajo en el que se establecieron recorridos (Plan Ajustado de Trabajo para Levantamiento de Información en Campo del Componente Geología Para Ingenieria, Ver Anexo 6-2).

Figura 108. Fotointerpretación geomorfológica preliminar.



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

De acuerdo a este plan, se realizaron recorridos por la Carretera Vieja Florencia-Neiva, por la carretera Nueva Florencia-Neiva, por el carreteable hacia la vereda Travesías (paralelo a la quebrada El Dedo). Por el carreteable hacia la vereda Damas (paralelo a la quebrada La Yuca) y por la carretera Florencia-San Vicente del Caguán.

En estos recorridos se levantaron 67 formatos para la Descripción Geológica, Geomorfológica para Ingeniería y Riesgos y 30 formatos de inventario de movimientos en masa (Anexo 22-2 y Tabla 186).

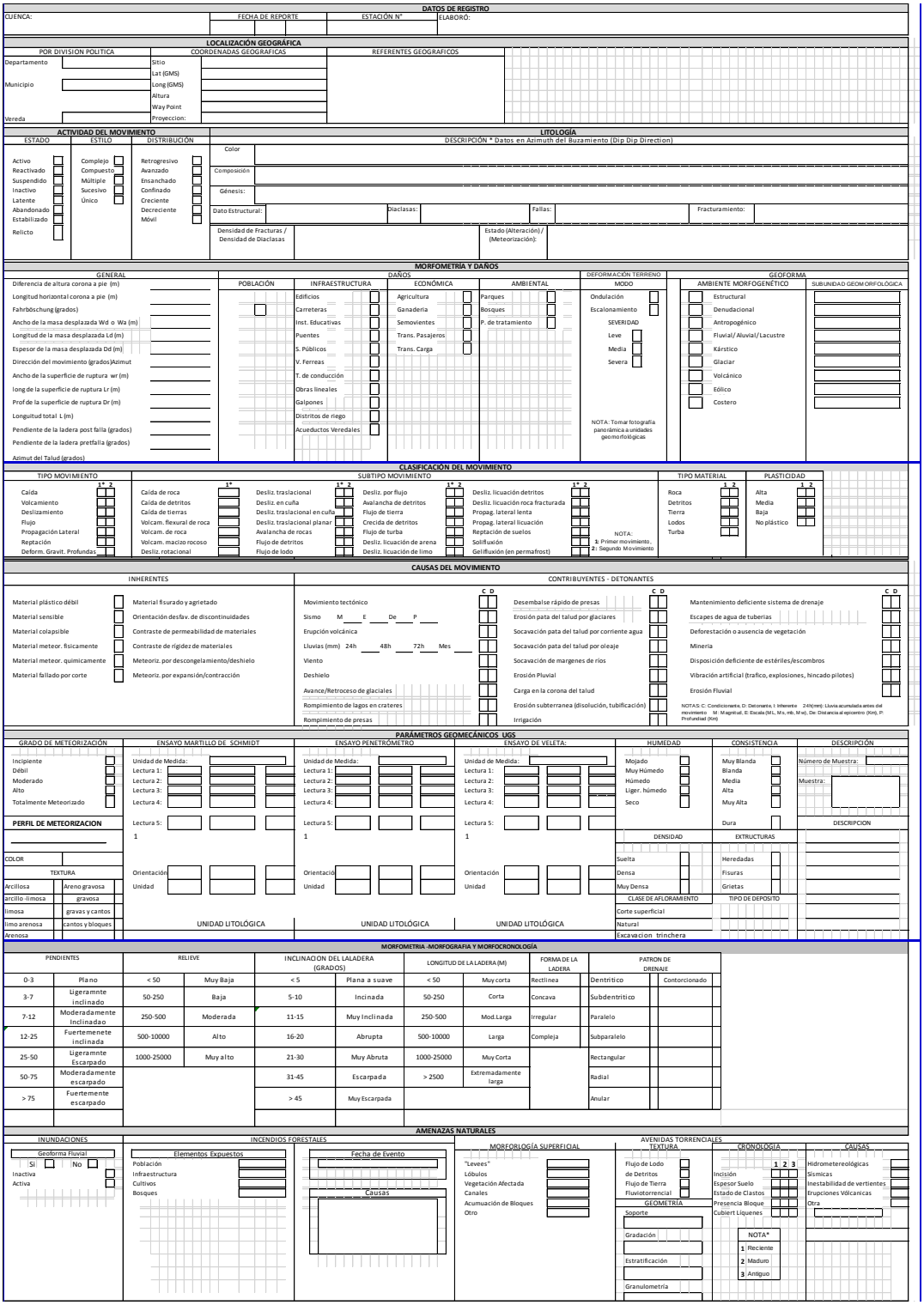
En los formatos para la Descripción Geológica, Geomorfológica para Ingeniería y Riesgos se tomó en cada estación de campo información integrada (en la medida de lo posible) relacionada a: movimientos en masa, parámetros geomecánicos de suelo y roca, descripción geomorfológica, amenazas naturales (incendios, inundaciones y avenidas torrenciales), descripción del perfil de meteorización, caracterización estructural del macizo rocos, litología y relación de fotografías (Figura 109).

A nivel de caracterización geomorfológica se tomaron anotaciones sobre la geoforma (ambiente y subunidad geomorfológica) y se consignaron aspectos morfométricos y morfográficos del terreno como el grado de pendientes, el índice de relieve, la inclinación y longitud de la ladera, la forma de la ladera y el patrón de drenaje. También se consignaron aspectos morfocronológicos asociados a la edad relativa de los depósitos de acuerdo con el Formato No 13 del Protocolo de Riesgos de los POMCAS.

En el caso de los flujos torrenciales se realizaron observaciones geomorfográficas relacionadas a la gradación, el soporte y la granulometría del depósito. Además de observaciones morfo-cronológicas como el espesor del suelo, el estado de meteorización de los clastos, la presencia de bloques en la superficie del depósito y la presencia de líquenes, tomando como guía a Parra (1995) (Ver Figura 110).

En relación con los Movimientos en Masa, tanto en los formatos de Descripción Geológica, Geomorfológica para Ingeniería y Riesgos como en los de Inventario de Movimientos en Masa, se tomó información sobre el estado de actividad, el estilo, y la distribución del movimiento. Sumado a medidas morfométricas (alturas, longitudes etc) y observaciones de daño. En los formatos además se diligencio el tipo de movimiento (Tabla 186), el tipo de material involucrado y las posibles causas. Todo de acuerdo con el formato 11 (Movimientos en Masa) y formato 13 del Protocolo de riesgos de POMCA.

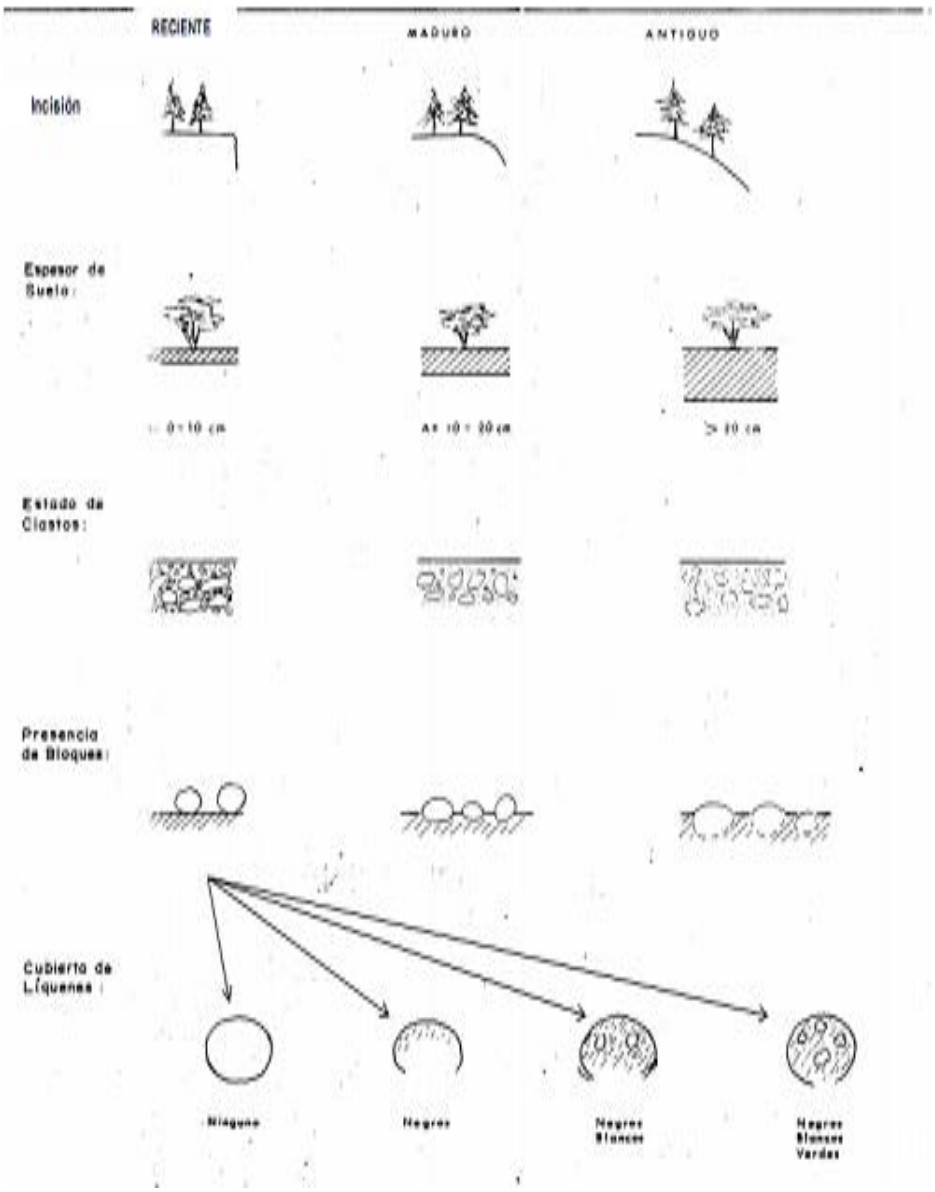
Figura 109. Formato de campo para la toma de información de geomorfología y eventos morfodinámicos



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

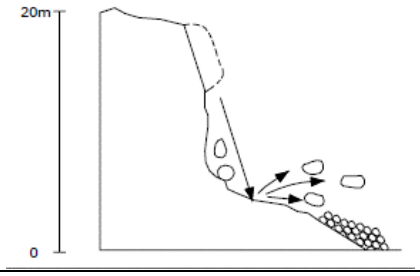
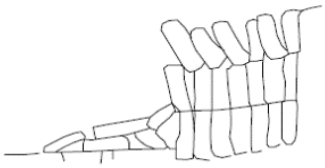
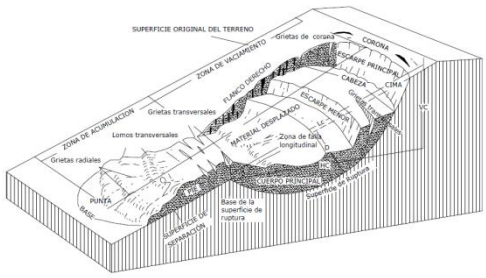
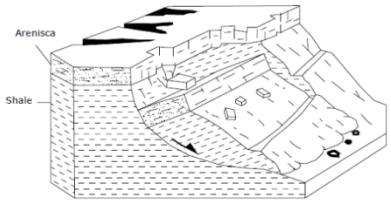
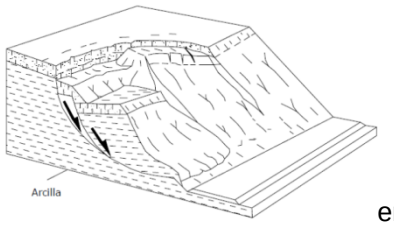
Una vez realizada la salida se realizaron ajustes al mapa inicial, esto consistió en demarcar los procesos activos y de importancia regional cartografiables a escala 1:25.000, adicionándole unidades geomorfológicas y eventos morfodinámicos de estas características no observados en la interpretación preliminar. Todos los eventos morfodinamicos se agruparon en las unidades de ambiente denundacional del producto final post corrobación de campo denominado Mapa geomorfológico de subunidades para amenazas naturales a escala 1:25.000 (Figura 111)

Figura 110.Indicadores sobre la cronología de flujos densos asociados a procesos torrenciales.



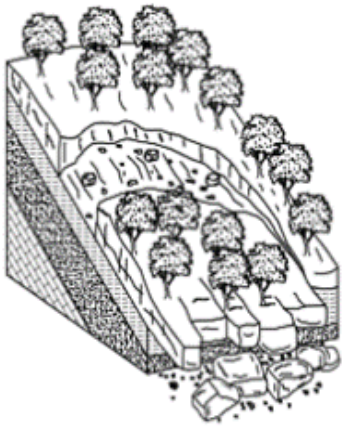
Fuente: Adaptado de Parra, 1995

Tabla 186. Clasificación de los movimientos en masa.

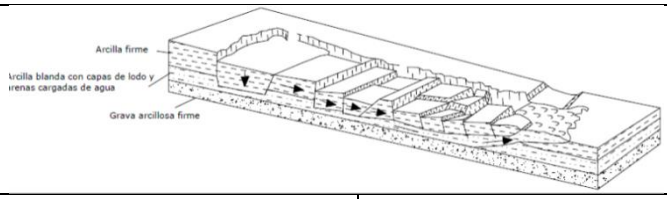
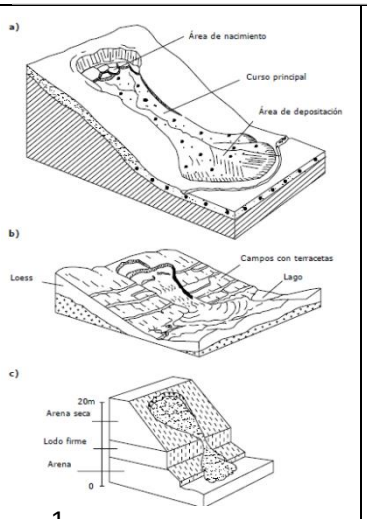
	Caida: desprendimiento de uno o varios bloques de suelo ortoca en un talud o ladera. que caen desplazandose por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento.
	Vuelco: rotacion de uno o varios bloques de roca o suelo, al rdedor de un punto o pivote de giro en su base. Este movimiento ocurre por accion de la gracedad por empujes de las unidades adyacentes o por la presion de agua en grietas.
	Deslizamiento: Los deslizamientos son movimeintos de una masa de roca, detritos o tierra pendiente abajo la accion de la gravedad, cuando el esfuerzo cortante excede el esfuerzo de resistencia del material. movimientos sobre una superficie de falla (plana o curva) • movimiento de una masa semisolida (no hay turbulencia interna) • algo de la coherencia anterior al deslizamiento es mantenida (p.e., puede romperse en algunas partes).
 en roca  en tierra	Deslizamiento rotacional, cuya superficie de falla manifieata una forma circular concava hacia arriba. • cortas distancia • una fuerza de resistencia en el pie trabaja en contra de la fuerza impulsiva • cabeza del escarpe puede causar mas inestabilidad cuando el agua se acumula arriba.

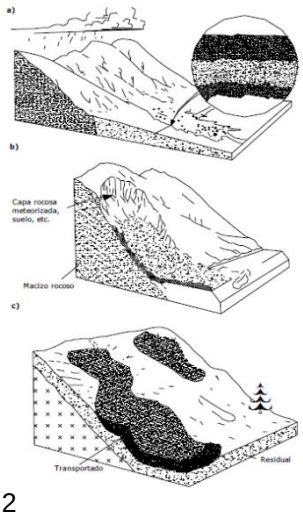
Fuente: Modificado de Varnes (1978)

Tabla 186 (Continuación). Clasificación de los movimientos en masa.

<table>
<tr><td>  </td><td>Deslizamiento traslaciional, cuya superficie de falla manifiesta una forma plana u ondulada.

• deslizamiento en superficies de debilidad
• puede desplazarse grandes distancias
• tipo 1: la masa se mantiene coherente
• tipo 2: la masa se deforma y desintegra formando un deslizamiento de escombros • tipo 3: puede esparcerse lateralmente, cuando el material en el top de rompe en pedazos

Deslizamiento compuesto, cuya superficie de falla es la combinacion de forma planares y circulares.</td></tr>
<tr><td> 
</td><td>Propagación lateral: Propagación de una masa de suelo o roca combinada con un hundimiento general de dicho material sobre otro material más blando</td></tr>
<tr><td> 

1


2</td><td>Flujo: Movimiento ladera debajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido.

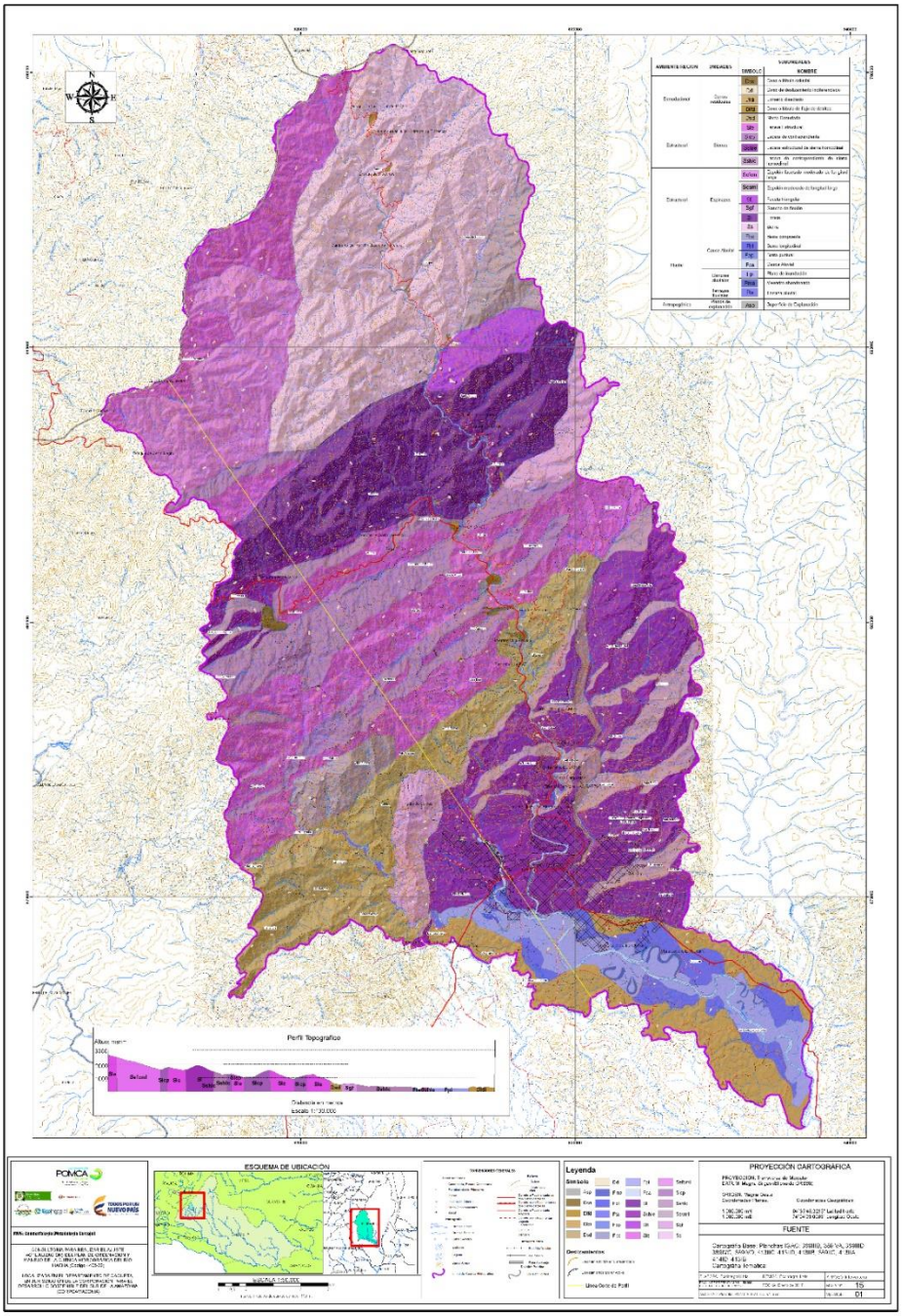
1.
a) Flujo de tierra lento,
b) Flujo de loess
c) Flujo de arena

2.
a) Flujos de escombros,
b) Avalancha de escombros
c) corrientes de bloques arena seca.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Reptación: Falla de pendiente más lenta pero también la más común, cuyo movimiento es extremadamente lento (unos pocos centímetros al año) se manifiesta por la acumulación de sus efectos como inclinación de postes y arboles agrietamiento de viviendas y daños recurrentes en tuberías y obras de urbanismo.</td></tr>
</table>

Fuente: Modificado de Varnes (1978)

Una vez realizada la salida se realizaron ajustes al mapa inicial, adicionándole unidades geomorfológicas y eventos morfo dinámicos no observados en la interpretación preliminar, completándose de esta manera el mapa geomorfológico de subunidades para amenazas naturales a escala 1:25.000 (Ver Figura 111).

Figura 111. Mapa geomorfológico de subunidades según Carvajal (2011)



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

3.9.1.2 Caracterización geomorfológica de la cuenca del río Hacha (Carvajal, 2012). En la cuenca del río Hacha se distinguen dos provincias geomorfológicas, la provincia de la Cordillera Oriental asociada a la geomorfoestructura del Sistema Orogénico Andino y provincia de La Amazonia asociada a la geomorfoestructura Planicies Pericratónicas.

Ambas provincias en el área de la cuenca del río hacha, están separadas por el Sistema de Fallas del Borde Amazónico y se configuraron durante el Mioceno, cuando comenzó la Orogenia Andina, cuyo pulso más importante se da a partir del Mioceno Tardío hasta la actualidad (Anderson, 2013; Bakioglu, 2014). La Orogenia Andina exhuma las rocas del Complejo Quetame y las rocas sedimentarias sobre estas, depositadas en la proto-cuenca de la Cordillera Oriental, la cual tiene registro en el área desde el periodo Paleozoico temprano (Formación Venado) y ha pasado por varios periodos de acumulación y peneplanización.

Hacia la provincia de La Amazonia, a la vez que se da el levantamiento de la Cordillera Oriental, se genera un espacio de acomodación por flexura cortical donde se deposita el Grupo Orito (Formación Ortegüaza).

En la provincia de la Cordillera Oriental se dan principalmente unidades de ambiente estructural, mientras en la provincia de La Amazonia se dan unidades fluviales y denudacionales. Las subunidades identificadas en la zona de estudio se referencian en la Tabla 187.

Tabla 187. Subunidades identificadas en la cuenca del río Hacha.

AMBIENTE REGION	UNIDADES	SUBUNIDADES	
		SIMBOLO	NOMBRE
Denudacional	Cerros residuales	Dco	Cono o lóbulo coluvial
		(Ddi)	Cono de deslizamiento indiferenciado
		Dldi	Lomerío disectado
		(Dlfd)	Cono o lóbulo de flujo de detritos
Estructural	Sierras	Sle	Ladera Estructural
		Slcp	Ladera de contrapendiente
		Sshle	Ladera estructural de sierra homoclinal
		Sshlc	Ladera de contrapendiente de sierra homoclinal
		Sefcml	Espolón facetado moderado de longitud larga

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Tabla 187 (Continuación). Subunidades identificadas en la cuenca del río Hacha

AMBIENTE REGION	UNIDADES	SUBUNIDADES	
		SIMBOLO	NOMBRE
Estructural	Sierras	Sesml	Espolón moderado de longitud larga
		Sft	Faceta triangular
		Sgf	Gancho de flexión
		Sl	Lomos
		Ss	Sierra
Fluvial	Cauce Aluvial	Fbc	Barra compuesta
		Fbl	Barra longitudinal
		Fbp	Barra puntual
	Llanuras aluviales	Fpi	Plano de inundación
		Fma	Meandro abandonado
	Terrazas fluviales	Fta	Terraza aluvial

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- Ambiente Denudacional. El ambiente denudacional incluye las geoformas cuya expresión geomorfológica está definida por la acción combinada de procesos moderados a intensos de meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y pluvial que remodelan el paisaje, no solo por los remanentes de las unidades preexistentes, sino también por la creación de otras nuevas con diferentes formas de acumulación de sedimentos En este ambiente se identificaron las siguientes subunidades.

– Cono de deslizamiento indiferenciado (Ddi). Corresponden a los depósitos producto de movimientos en masa de tierra o roca en la región, de temporalidad actual (menos de 600 años). Presentan forma de cono o lóbulo de morfología baja, cóncava a convexa, con una pendiente escalonada, nichos semicirculares, bloques inclinados, relieve irregular, formación de grietas y cambios súbitos de la pendiente (Fotografía 35). Ocurren predominantemente a lo largo de una superficie de falla o en zonas con alta deformación cortante.

Se presentan en las áreas montañosas de la cuenca, en áreas de pendientes ligeramente escarpadas a fuertemente escarpadas, con índices de relieve altos a muy altos. Se desarrollan primordialmente sobre los suelos residuales desarrollados sobre las rocas metamórficas del Complejo Garzón, asociados a zonas de

intervención antrópica, por lo que se concentran hacia el área de piedemonte, por debajo de la cota 1000. En donde, además se vinculan a la zona de deformación del frente cordillerano donde existe una alta densidad de fallas y por ende mayor fracturamiento del macizo rocoso.

Fotografía 35. Deslizamiento rotacional localizado en la vertiente SW quebrada La Yuca (Vereda La Conga). Estación CDG056, coordenadas: 1155914E, 671612N, 511msnm.

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

– Lomeríos disectados (Dldi). Se presentan hacia la parte baja de la cuenca, localizada al SE del Sistema de Fallas del Borde Amazónico, en la provincia de La Amazonia, sobre lodolitas de la Formación Orteguaza, por lo que desarrollan un tipo de drenaje subdendrítico.

Son prominencias topográficas de morfología alomada o colinada, cuyas elevaciones fluctúan entre los 250 y los 290 msnm, presentan cimas redondeadas y amplias (Fotografía 36), laderas cortas a moderadamente larga; de forma rectas, cóncavas y convexas, con pendientes muy inclinadas a muy abruptas e índice de relieve bajo.

Estas geoformas son originadas por procesos de denudación intensos y cuyas laderas se caracterizan por la moderada disección, generando valles en U con fondo redondeado a plano. Profundos. En esta unidad los procesos que se presentan son movimientos en masa tipo deslizamiento rotacional con superficie de falla poco

profunda. El grado de disección y la forma de las cimas indican una temporalidad antigua (entre 120000 y 730000 años) para esta unidad.

Fotografía 36. Colinas con cimas redondeadas y valles aplanados característico de la unidad Lomeríos Disectados (Dldi). Localización vía Florencia-San Antonio de Atenas, estación CDG064, coordenadas: 1168275E, 668601N, 291msnm.

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- Cono o lóbulo de flujo de detritos (Dlfd). Son estructuras en forma de lóbulo y/o abanico con morfología alomada y aterrazada, de longitud muy larga a extremadamente larga, convexa, limitada por escarpes abruptos a muy abruptos. Su origen es relacionado a eventos fluvio torrenciales encauzados. Su depósito está constituido por bloques rocosos angulares a subredondeados de detritos y bloques embebidos en una matriz más fina.

Este tipo de flujos son comunes en los drenajes de orden 2 y mayores localizados en la zona cordillerana, configuran georformas como albardones, terrazas y barras, entre otros. En el aparte correspondiente a Procesos morfodinámicos se describen con detalle los flujos observados en la cuenca del río Hacha.

- Cono y lóbulo coluvial y de solifluxión (Dco). Son estructuras en forma de cono o lóbulo con morfología alomada baja (Fotografía 37 y Fotografía 38), cuyo origen es relacionado a procesos de transporte y depositación de materiales sobre las laderas y por efecto de procesos hidrogravitacionales en suelos saturados y no saturados. Su depósito está constituido por bloques y fragmentos heterométricos de rocas preexistentes, embebidos en una matriz arcillosa a areno limo arcillosa (Fotografía 37).

Fotografía 37. Morfología alomada (izquierda) y textura gravo lodosa (derecha) de depósito coluvial (Dco) localizado vereda La Carbona, junto a la carretera nueva Florencia-Neiva. Vertiente SE del río Hacha. Estación CDG034, coordenadas 1161489E, 680543N, 453 msnm.

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Fotografía 38. Morfología alomada de los depósitos coluviales (Dco) en la vertiente norte de la quebrada Córdoba, cerca de la confluencia con el río Hacha. Punto CTRL11. Coordenadas 1160498, 681094N, 464 msnm.

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Se presentan en la parte cordillerana de la cuenca (provincia de la cordillera oriental), de manera acentuada a lo largo del río Hacha y/o junto a la carretera nueva paralela al mismo. En las estaciones, CDG029, CDG031, CDG034, CDG035, CTRL10 y CTRL11. El espesor observado de estos depósitos es variable, pero esta

alrededor de los 2 m en la parte distal del lóbulo (Fotografía 39). El poco desarrollo de nivel orgánico de suelo (< 0.2m) (Ej: estación CDG034) sobre estos depósitos indican una temporalidad (morfocronología) reciente (7100 años).

Fotografía 39. Deposito coluvial (Dco) de aproximadamente 2m (izquierda) de espesor constituido por gravas matriz soportadas (derecha). Localización vertiente Oeste río Hacha, estación CDG035, coordenadas 1161961E, 679456N, 421 msnm.

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- Ambiente Estructural. Este ambiente incluye aquellas geoformas que se originan por procesos relacionados con la dinámica interna de la tierra, las cuales son resultado directo de plegamiento y fallamiento de las rocas, cuya expresión morfológica está definida tanto por la orientación de los esfuerzos como por la resistencia de las diferentes unidades afectadas por la actividad tectónica.

Este ambiente se presenta hacia la parte cordillerana de la cuenca del río Hacha, que se caracteriza por un paisaje de montaña media entre 1000 a 2300 msnm, con pendientes moderadas a fuertemente escarpadas, drenaje de patrón dendrítico y rectangular debido al control estructural. La edad de las geoformas asociadas a este ambiente es muy antiguo (730.000-3´600.000 años), pues fueron originadas durante la Orogenia Andina cuyo pulso más importante comienza en el Mioceno tardío y se proyecta hasta la actualidad En este ambiente se identificaron las siguientes subunidades geomorfológicas:

– Ladera Estructural (Sle). Esta unidad se ha desarrollado en las rocas del Complejo Garzón y su formación ha sido determinado por la acción de las fallas de: Las doradas, Florencia Norte, Florencia Sur y San Antonio, cuyos movimientos han generado la alternancia (probablemente por repetición) de una serie de sierras

orientadas NE-SW, con laderas definidas por los planos de foliación paralelos al sentido de inclinación del terreno.

Estas laderas presentan morfología regular a irregular, longitudes largas a extremadamente largas y pendientes fuertemente inclinadas a ligeramente escarpadas (Fotografía 40). Desarrollan un drenaje angular a subparalelo.

Fotografía 40. Ladera estructural (Sle) y ladera de contrapendiente (Slcp) en rocas del Complejo Garzón. Localización vertiente NW de la quebrada La Yuca, vereda Damas. Tomada desde la estación CDG056 en azimut 320°. Coordenadas: 1155914E, 671612N, 511msnm.

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

– Ladera contrapendiente (Slcp). Esta unidad está ligada a la anterior, corresponden a la contrapendiente de las laderas estructurales definidas antes. Se desarrollan también sobre las migmatitas del Complejo Garzón, como resultado del esfuerzo compresivo principal causante del levantamiento cordillerano y de la deformación frágil asociado a este. Se definen como superficies en declive, de morfología regular a irregular, definida por planos de foliación dispuestos en sentido contrario a la inclinación del terreno. Presentan longitud larga a extremadamente larga e inclinaciones escarpadas a muy escarpadas (Fotografía 40). Presentan un patrón de drenaje subparalelo a angular, por control estructural.

– Ladera estructural de sierra homoclinal (Sshle). Son superficie definidas por la estratificación a favor de la pendiente, de longitudes cortas a moderadamente

largas, formas rectas a convexas y pendientes fuertemente inclinadas, relacionada a una estructura homoclinal (Fotografía 41).

Fotografía 41. Sierra homoclinal conformada por laderas estructurales de sierra homoclinal (Sshle) y laderas de contrapendiente de sierra homoclinal (Sshlc). Fotografía tomada desde la estación CDG042 en azimut 90°. Coordenadas: 1158200E, 677597N, 1053 msnm.

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

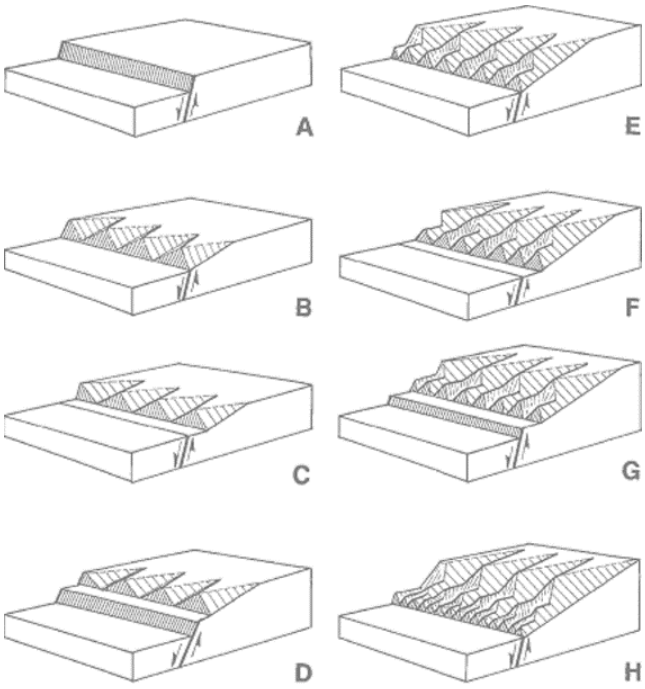
En la cuenca del río Hacha esta unidad se presenta hacia el sector SE, hacia el piedemonte de la Cordillera, en conglomerados, arenitas y en menor proporción lodolitas de Formación Pepino limitadas en la parte baja por el Sistema de Fallas del Borde Amazónico y hacia el NW por el Complejo Garzón con el cual mantienen un contacto discordante en algunos puntos y fallado en otros, por medio de la falla de Florencia Sur

– Ladera de contrapendiente de sierra homoclinal (Sshlc). Se desarrollan en lodolitas y arenitas de la Formación Pepino, corresponden a una subunidad de la unidad denominada Sierras Homoclinales, las cuales están constituidas por Laderas Estructurales de Sierra Homoclinal (descritas antes) y por Laderas de Contrapendiente de Sierra Homoclinal (Sshlc).

Estas últimas son superficies verticales a subverticales, de longitud moderada a larga, de forma cóncava, escalonada, festoneada a irregular, de inclinación abrupta a escarpada. Se relacionan a una estructura homoclinal, donde los estratos se disponen en contra de la pendiente del terreno (Fotografía 41).

– Espolón faceteado moderado de longitud larga (Sefcml). Se presenta hacia la parte alta de la cueca, en el sector NW, asociada a un lineamiento probablemente de rumbo con dirección NS. Morfológicamente son un conjunto de salientes naturales que se desprenden de estructuras mayores, producto del fallamiento, que provoca truncamientos seguido por procesos de incisión de corrientes, a manera de facetas triangulares sucesivas (Figura 112).

Figura 112. Proceso de generación de espolones a partir de la formación sucesiva de facetas triangulares en frentes montañosos. Sugiere periodos de desplazamiento tectónico alternados con periodos de ausencia o estabilidad tectónica



Notas: A) Formación de un escarpe, B) Formación de facetas por la incisión de corrientes, C) Periodo de estabilidad y degradación del escarpe. El proceso se repite entre D y H. Tomado de Hamblin (1976).

La forma predominante es colinada con laderas de pendiente inclinada a abrupta. La particularidad de esta unidad radica en que el relieve relativo varía entre 250 m y 1000 m y la longitud del eje principal de cada es mayor que 1000 m.

– Espolón moderado de longitud larga (Sesml). Esta unidad fue observada sobre las rocas metamórficas (migmatitas) del Macizo de Garzón, en la parte baja de la cuenca, hacia el área de frente montañoso, localizada en el bloque colgante de Falla de Florencia Sur. Se trata de salientes de morfología alomada, dispuesta

perpendicularmente a la tendencia estructural general de la región, limitado por drenajes paralelos a subparalelos.

Presenta laderas de longitudes variables, con pendientes que se ven reducidas de abruptas a inclinadas por intensos procesos denudativos. La particularidad de esta unidad radica en que el relieve relativo está entre 250 m y 1000 m y la longitud del eje principal del espolón es mayor que 1000 m (Fotografía 42).

Fotografía 42. Espolón facetado moderado de longitud larga (Sesml). Punto de toma CTRL20, coordenadas: 1152439E, 671214N, 773 msnm, azimut 45°.

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

– Faceta triangular (Sft). Se observaron en la parte alta de la cuenca del río Hacha, costado NE, sobre las rocas metamórficas (migmatitas) del Macizo de Garzón. Se asocian a un lineamiento que puede corresponder a una falla (Figura 113), a lo largo de cual se presenta alta densidad de deslizamientos.

Morfológicamente son planos vertical a subvertical abrupto, recto con una geometría en planta triangular a trapezoidal (base amplia y techo angosto). Su origen se relaciona al truncamiento y desplazamiento de relieves estructurales o de interfluvios, por procesos de fallamiento y posterior erosión diferencial (Figura 112).

Figura 113. Facetas triangulares (Sft) asociadas a un lineamiento en la parte alta de la cuenca del río Hacha. Estación CDG015. Coordenadas 1158847E, 689223N, 970 msnm.

Fuente: Imagen tomada de Google Earth.

– Gancho de flexión (Sgf). Hacia la zona cordillerana, sobre las migmatitas del Complejo Garzón se identificaron dos estructuras con morfología en planta en forma de gancho, asociadas, la una a una falla inferida paralela a la quebrada El Dedo (Fotografía 43) en el piedemonte de la cuenca y la otra a la Falla de Santa Helena hacia la parte media de la cuenca.

Fotografía 43. Gancho de flexión (Sgf) asociado a una falla oblicua a las estructuras regionales paralela a la quebrada El Dedo. Fotografía tomada desde la estación CDG050. 1164260E 672051N, 341 msnm. Azimut 270°.

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Estas estructuras son normalmente espolones con morfologías alomadas, que se forman por el desplazamiento lateral a lo largo de fallas de rumbo y su posterior incisión erosiva.

– Lomos (Sl). En la parte media de la cuenca del río Hacha, se presenta una zona localizada entre las fallas Santa Helena- Las Doradas y una falla inferida localizada al norte de las mismas. Ambas son fallas sintéticas a la Falla de Algeciras, por lo que su movimiento principal se interpreta como transpresivo dextral-inverso.

Esta zona de falla reviste alta importancia en la cuenca, pues marca un punto de quiebre topográfico, entre un relieve alto a muy alto (500-1500 msnm) en el bloque yacente de la falla; a un relieve muy alto (entre 1500-2500 msnm) en el bloque colgante de la misma.

A lo largo de esta zona se presenta un sistema de filos ubicados a diferentes alturas, que se caracterizan por presentar cimas alargadas, de topes agudos que siguen la tendencia estructural regional. Presentan laderas cortas a moderadamente largas, de forma cóncava a rectas y pendientes inclinadas a abruptas. Su origen está relacionado con la acción conjunta de procesos tectónicos intensos asociados a las fallas mencionadas antes y procesos de meteorización y denudación.

Fotografía 44. Lomos (Sl) asociados a la Falla de Santa Helena-Las Doradas. Localización carretera antigua Florencia-Neiva, estación CDG027. Coordenadas 1160685E, 686734N, 746 msnm. Azimut 270°.

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

– Sierra (Ss). En la parte alta de la cuenca del río hacha, las estructuras, conformadas esencialmente por fallas de rumbo, hacen un viraje en su orientación, cambiando de NE-SW a N-S. Esta flexión de fallas que esencialmente tienen un movimiento dextral genera la exhumación de un bloque caracterizado por una morfología montañosa de relieve muy alto, moderadamente a fuertemente escarpado (Fotografía 45), con laderas simétricas a asimétricas, de longitudes largas a extremadamente largas y e formas cóncavas, convexas a rectas. Su origen está relacionado con procesos de fallamiento intenso en rocas metamórficas (migmatitas) del Complejo Garzón.

Fotografía 45. Paisaje de Sierras (Ss) de la parte alta de la cuenca del río Hacha. Localización carretera antigua Florencia-Neiva, estación CDG003, coordenadas 1156600E, 698478N, 2087msnm.

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- Ambiente Fluvial. El ambiente fluvial incluye aquellas geoformas que se originan por procesos de erosión de las corrientes y posterior acumulación o sedimentación de materiales en las áreas aledañas a dichas corrientes, tanto en épocas de grandes avenidas e inundaciones, como durante los estiajes.

De esta manera, es posible encontrar unidades aledañas a ríos, quebradas y en el fondo de los cauces, cuyos depósitos son transportados y acumulados cuando éstas pierden su capacidad de arrastre.

Las unidades fluviales debido a que se construyen y destruyen en tiempos relativamente cortos se asocian a tiempos geomorfológicos actuales (600 años). Sin

embargo, las Terrazas aluviales se pueden asociar a una meso escala temporal (cientos a miles de años), pues se asocian a cambios generados por la interrelación de controles tectónicos y climáticos. Dentro de las subunidades que encontramos en este ambiente tenemos:

- Cauce aluvial (Fca). Se trata de los canales excavados por erosión de corrientes perennes o estacionales dentro de macizos rocosos y/o sedimentos aluviales. Hacia la provincia cordillerana de la cuenca, los cauces conforman valles en V (Fotografía 46), son de tipo recto y controlados estructuralmente. En zona baja semiplana de la provincia amazónica, presentan un cauce meándrico y han conformado una amplia llanura de inundación.

Fotografía 46. Valle en V formado por la quebrada Las Doradas, cauce rectilíneo controlado por la Falla de Las Doradas. Fotografía tomada desde la estación CDG021, coordenadas 1154672E, 681444N, 1012 msnm. Azimut 90°.

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Dentro de los cauces aluviales encontramos componentes geomorfológicos como los son barras compuestas, barras longitudinales y barras puntuales, las cuales se describen a continuación.

- Barra compuesta (Fbc): Son conjuntos de barras unitarias amalgamadas que alcanzan decenas a cientos de metros lateralmente y varios kilómetros longitudinales. El espesor máximo es determinado por la profundidad del cauce. Son el resultado de múltiples eventos de erosión y sedimentación.

Se observaron esencialmente en la zona de la cordillera, a lo largo del río Hacha (Fotografía 47) y de la quebrada La Yuca (Fotografía 48). Están conformados por gravas, redondeadas, polimícticas, clastosoportadas y con arreglo caótico.

Fotografía 47. Barra compuesta a lo largo del río Hacha. Localización estación CDG015. 1158847E, 689223N, 970 msnm

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Fotografía 48. Barra compuesta (Fbc) en el cauce de la quebrada La Yuca. Localización vereda Damas, coordenadas: 1158044E, 668897N, 327 msnm

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

– Barra longitudinal (Fbl). Son cuerpos constituidos por gravas y arenas dispuestos paralelos al centro de los cauces de los principales ríos y quebradas de la cuenca. Fueron observados de manera muy frecuente y continua, a lo largo del

río hacha y de la quebrada La Yuca. En vista de planta se observan elongados, romboidales y convexos. Mientras en superficie, presentan morfología suave ondulada, con la punta más aguda en la dirección de la corriente.

Su origen es relacionado a la acumulación de sedimentos durante grandes inundaciones o avenidas torrenciales, que luego de disminuir el caudal, quedan como remanentes que dividen la corriente.

Fotografía 49. Barra longitudinal (Fbl) en el cauce río Hacha. Localización Puente El Encanto, carretera Florencia-Neiva. Estación CTRL19, coordenadas 1162567E, 673339N, 324 msnm. Azimut 280°.

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

– Barra puntual (Fbp). Son depósitos formados en drenajes de tipo meándrico, presentan forma de medialuna, morfología suave ondulada, compuesta de crestas y artesas curvas de poca altura. Se localizan en la parte cóncava de los meandros de los ríos, como producto de la acumulación de sedimentos erodados de la parte convexa del cauce. Su depósito está constituido por sedimentos generalmente arenosos finos y materiales arcillosos en las artesas.

Se observaron pequeños depósitos de este tipo sobre el cauce del río Hacha, en la zona cóncava de meandros observados tanto en el área semiplana como en el área cordillerana. Sin embargo no son muy comunes y predominan fundamentalmente las barras longitudinales.

– Plano o llanura de inundación (Fpi). Esta unidad se presenta e principalmente en la parte baja de la cuenca bordeando el cauce aluvial del Río Hacha y de la quebrada La Yuca (Fotografía 50), en la zona dominada por la provincia de La Amazonia. Son superficies planas, eventualmente inundables, limitadas localmente por escarpes de terraza.

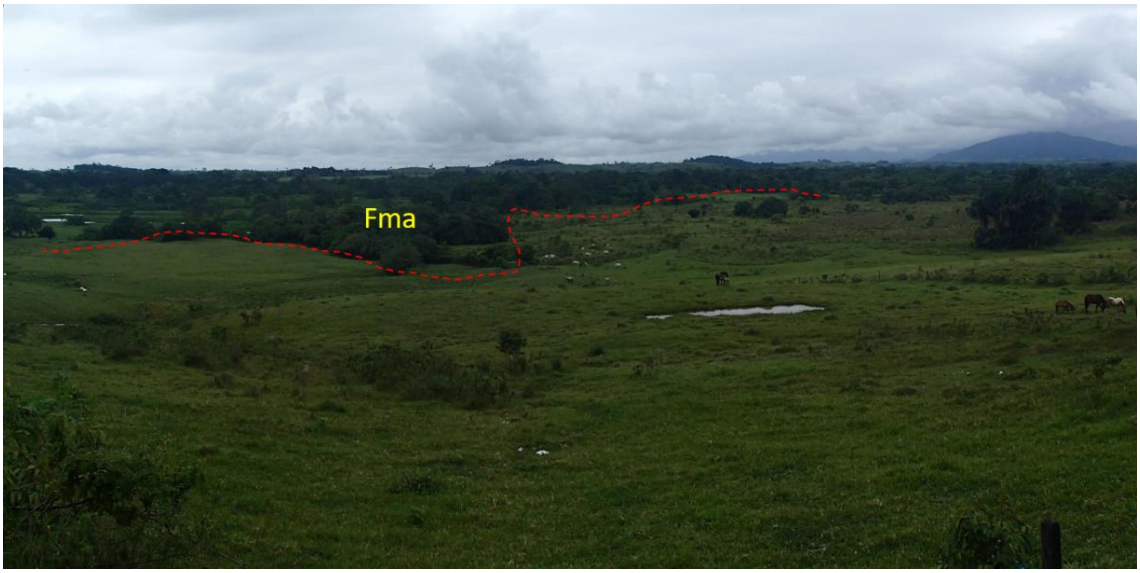
En la zona montañosa de la cuenca se presentan como superficies estrechas, alargadas y profundas, conformadas por depósitos gruesos, de origen aluvial y coluvial. En la zona plana la llanura de inundación está constituido por sedimentos finos, originados durante eventos de inundación fluvial, y ha sido formada a lo largo del tiempo por la migración del canal principal, por lo que es común encontrar meandros abandonados y lagos de media luna.

Fotografía 50. Plano o llanura de inundación asociada (Fpi) a la quebrada La Yuca en la parte baja de la cuenca (Provincia de la Amazonia). Fotografía tomada desde la estación CDG061 coordenadas 1159660E, 668834N, 312 msnm. Azimut 70°.

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

– Meandro abandonado (Fma). Son secciones en forma curva que marcaron el cauce antiguo de un río. Estas geoformas fueron reconocidas dentro del plano de inundación del río Hacha, algunas de ellas conforman lagunas como la Laguna El Vaticano, localizada a un costado de la vía hacia el aeropuerto de Florencia (Fotografía 51).

Fotografía 51. Meandro abandonado (Fma) asociado al río Hacha, Localización laguna El Vaticano, carretera Florencia-San Vicente del Caguán. Estación CTRL21, coordenadas 1167694E, 668330N, 285 msnm. Azimut 230°.



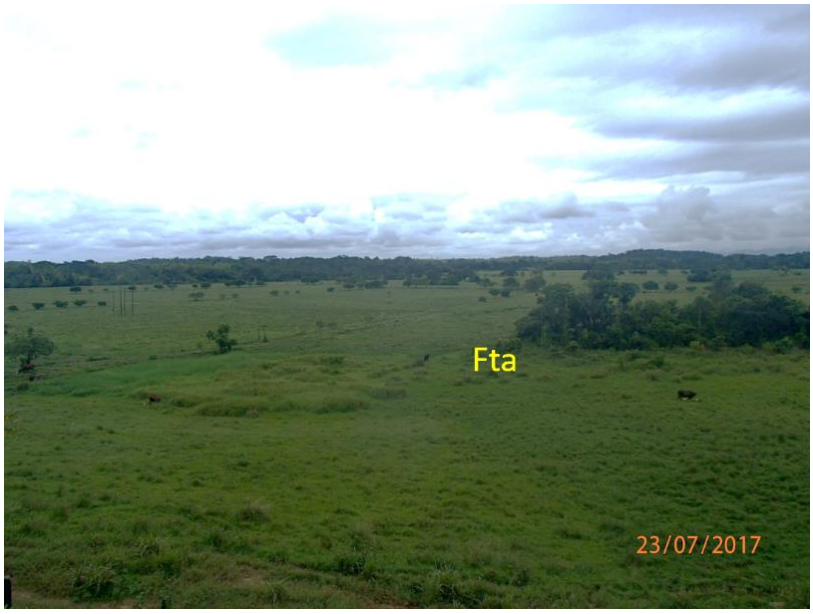
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Comúnmente son denominadas Madreviejas y se originan por la migración lateral de la corriente hacia la parte contraria de la concavidad o por el corte de la zona más angosta entre dos curvas consecutivas, que generan el estrangulamiento de un meandro. Su depósito está constituido por sedimentos finos arcillosos con intercalaciones de turba, producto del estancamiento de aguas.

– Terraza de acumulación (Fta). Corresponden a superficies elongadas, planas a suavemente onduladas (Fotografía 52), modelada sobre sedimentos aluviales, que se presenta en forma pareada, limitada por escarpes de diferente altura a lo largo del cauce de un rio. Su origen es relacionado a procesos de erosión y acumulación aluvial, dentro de antiguas llanuras de inundación. Su formación incluye fases de acumulación, incisión y erosión vertical.

Fueron observadas tanto en la zona de cordillera como en el área plana de la cuenca, pero especialmente en el área plana, donde su continuidad y cubrimiento areal son mucho mayores. Hacia la zona montañosa su depósito está constituido por gravas y arenas, mientras en la zona baja está constituido principalmente por limos y arcillas. Desarrollan suelos espesos de hasta 3m (estación CDG066) pero con una capa superficial incipiente (0.15m), esto podría indicar una temporalidad subreciente a subactual (entre 2.600 a 11.500 años).

Fotografía 52. Terraza de acumulación aluvial (Fta) asociada al río Hacha en la parte baja de su cuenca (provincia de La Amazonia. Localización carretera Florencia-San Vicente de Caguán. Estación CTRL22 1172228 666064, 269 msnm. Azimut 250°.



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- Ambiente Antropogénico. Incluye las geoformas originadas como resultado de la intervención del hombre sobre el terreno, en la mayoría de los casos con el objetivo de realizar construcción de vivienda, obras de ingeniería, disposición de desechos o escombros y adecuación de nuevas vías, que modifica la morfología natural del terreno

– Superficies de explanación (Asp): Son planos de allanamiento hecho en laderas de sustrato rocoso y/o materiales inconsolidados con el fin de adecuar el terreno para la construcción o con fines de estabilización de laderas, mediante la explanación o terraceos que disminuyen la pendiente del terreno.

Estas superficies fueron observadas en la cuenca de la quebrada El Dedo, hacia el Occidente del barrio Ciudadela de la ciudad de Florencia. Se realizan para la construcción de nuevos barrios y la expansión hacia el occidente de la ciudad. La geomorfocronología de esta unidad es actual (menos de 600 años)

3.9.1.3 Eventos Morfodinámicos. En la cuenca del río Hacha fueron reconocidos eventos morfodinámicos asociados principalmente a Movimientos en Masa, Flujos aluviales y en menor medida a Erosión Hídrica.

- Movimientos en Masa. Un movimiento en masa es un proceso por medio del cual un volumen de material constituido por roca, suelo, rellenos antropogénicos o

una combinación de cualquiera de estos, se desplaza por una ladera o talud hacia abajo y hacia afuera por acción de la gravedad (http://www.idiger.gov.co/riesgo-por-movimientos-en-masa).

Los factores que causan movimientos en masa se pueden clasificar en condicionantes y detonantes. Los condicionantes hacen referencia a la susceptibilidad de los taludes o laderas sin llegar a provocar el movimiento, o a las condiciones del terreno, por ejemplo: pendiente, materiales débiles sensibles, presencia de discontinuidades, procesos geomorfológicos y tectónicos.

Los detonantes son los factores que hacen que un talud pase de un estado marginalmente estable a inestable, estos pueden ser naturales o artificiales. Entre los detonantes naturales tenemos: lluvias intensas en periodos cortos, lluvia prolongada o acumulada sismo erosión socavación reducción de la vegetación por quemas (http://www.idiger.gov.co/riesgo-por-movimientos-en-masa). Los detonantes artificiales, por su parte, pueden ser excavaciones y cortes para construcción de viviendas o vías, sobrecarga en la parte alta o en el cuerpo del talud o ladera, riegos, ausencia de sistemas de drenaje fuga de tuberías, vertimientos de aguas domiciliarias, deforestación explotación de minas y vibración artificial (tráfico y maquinaria pesada).

Para describir los deslizamientos identificados en la cuenca del río Hacha se tienen en cuenta las características que se indican en las Figura 114 y la Figura 115.

Figura 114. Esquema de las características observadas en campo para el levantamiento de un deslizamiento. Ancho de la masa desplazada Wa (m), Ancho de la superficie de ruptura Wr (m), Longitud de la masa desplazada Ld (m), Longitud de la superficie de ruptura Lr (m), Espesor de la masa desplazada Dd (m), Profundidad de la superficie de ruptura Dr (m), Longitud total L (m).

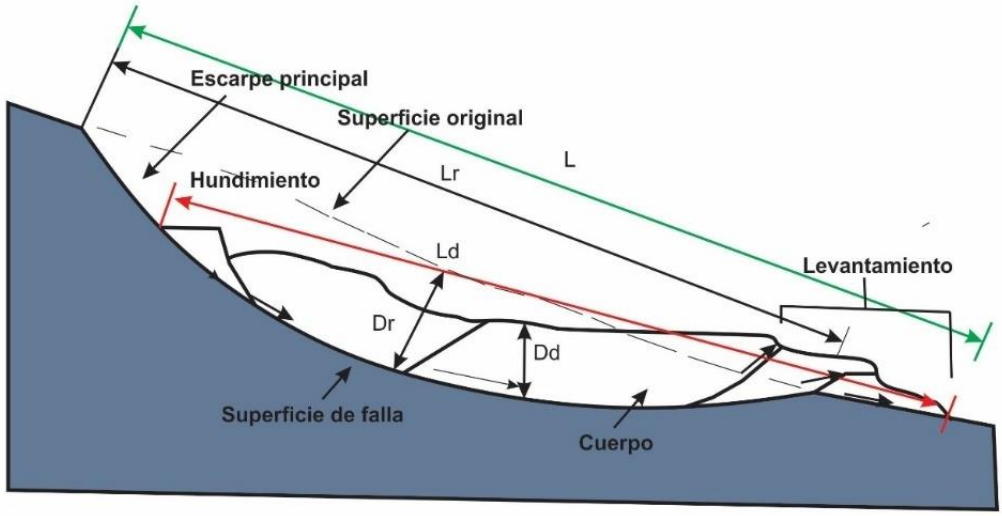
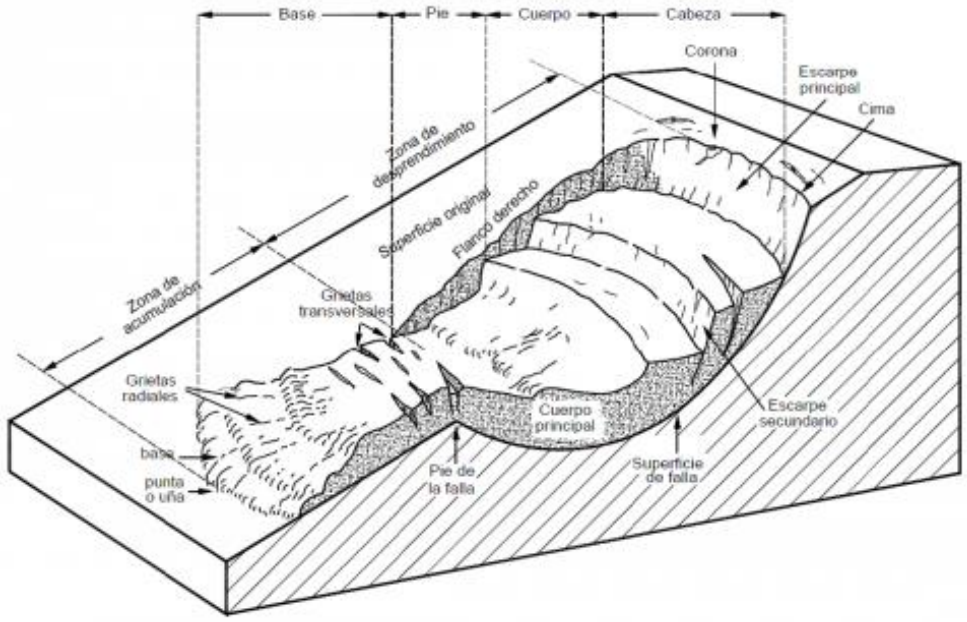


Figura 115. Partes de un deslizamiento.



Fuente: (Salamanca, 2016)

En la cuenca del rio Hacha fueron identificados 65 movimientos en masa activos (Tabla 188), los cuales se concentran hacia las zonas con índices de relieve moderado a alto. Condicionados por la presencia de pendientes fuertemente escarpadas a moderadamente escarpadas y por la existencia de gruesos perfiles de meteorización desarrollados sobre las rocas metamórficas del Complejo Garzón. Los contribuyentes principales son la deforestación y el sobrepastoreo. Mientras los detonantes son las lluvias y los movimientos sísmicos asociados a las fallas que existen en la región.

Tabla 188. Inventario de deslizamientos en la cuenca del río Hacha

ID	TIPO	COOR_ESTE	COOR_NORTE	VEREDA	CORREGIMIENTO	AREA (ha)	ESTACIÓN
1	Deslizamiento	1156026	670645	La Holanda	Santo Domingo	2.04	MM030
2	Deslizamiento	1155963	671566	La Conga	Santo Domingo	0.81	CDG056
3	Deslizamiento	1153526	671643	Damas Arriba	Santo Domingo	0.16	CDG054
4	Deslizamiento	1154728	671678	Damas Arriba	Santo Domingo	1.48	
5	Deslizamiento	1155615	671857	Damas Arriba	Santo Domingo	0.45	MM029
6	Deslizamiento	1155350	671966	Damas Arriba	Santo Domingo	0.7	
7	Deslizamiento	1159717	672090	Caldas	El Caraño	0.54	
8	Deslizamiento	1159788	672168	Caldas	El Caraño	0.99	
9	Deslizamiento	1155211	672181	Damas Arriba	Santo Domingo	0.36	MM028
10	Deslizamiento	1159580	672398	Caldas	El Caraño	0.18	
11	Deslizamiento	1159562	672568	Caldas	El Caraño	0.41	
12	Deslizamiento	1159760	672700	Caldas	El Caraño	0.15	
13	Deslizamiento	1152946	672705	Alto Bonito	Santo Domingo	0.47	
14	Deslizamiento	1154356	673302	Los Robles	Santo Domingo	0.26	

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Tabla 188(Continuación). Inventario de deslizamientos en la cuenca del río Hacha

ID	TIPO	COOR_ESTE	COOR_NORTE	Vereda	Corregimiento	AREA_ha	Estacion
15	Deslizamiento	1154358	673520	Los Robles	Santo Domingo	0.69	
16	Deslizamiento	1154191	673608	Los Robles	Santo Domingo	0.99	
17	Deslizamiento	1157517	674487	Alto Caldas	El Caraño	0.39	
18	Deslizamiento	1157517	674487	Alto Caldas	El Caraño	0.39	
19	Deslizamiento	1157573	674507	Alto Caldas	El Caraño	0.39	
20	Deslizamiento	1162681	674741	La Primavera	El Caraño	19.07	CDG039
21	Deslizamiento	1159143	675530	Agua Bonita	El Caraño	0.39	MM025
22	Deslizamiento	1159204	675546	Agua Bonita	El Caraño	0.13	
23	Deslizamiento	1162507	675870	La Primavera	El Caraño	1.87	MM015
24	Deslizamiento	1160537	676228	San Luis	El Caraño	0.98	
25	Deslizamiento	1158635	676602	Agua Bonita	El Caraño	0.6	CDG043
26	Deslizamiento	1159404	677388	Agua Bonita	El Caraño	2.39	MM027
27	Deslizamiento	1154478	677572	Los Guayabos	El Caraño	1.46	
28	Deslizamiento	1159706	678616	San Luis	El Caraño	2.01	MM017
29	Deslizamiento	1160143	678862	La Carbona	El Caraño	0.07	MM016
30	Deslizamiento	1158834	678869	La Carbona	El Caraño	0.16	
31	Deslizamiento	1158784	678952	La Carbona	El Caraño	0.42	
32	Deslizamiento	1163366	679079	El Limon	El Caraño	0.9	MM019
33	Deslizamiento	1163172	680234	El Limon	El Caraño	0.15	MM021
34	Deslizamiento	1162153	680250	Palmichal	El Caraño	0.24	MM022
35	Deslizamiento	1162365	680459	Palmichal	El Caraño	0.2	MM023
36	Deslizamiento	1151386	680901	Las Brisas	El Caraño	0.42	MM013
37	Deslizamiento	1163572	681376	San Francisco	El Caraño	0.05	MM020
38	Deslizamiento	1163627	681491	San Francisco	El Caraño	0.13	
39	Deslizamiento	1152313	681573	Las Brisas	El Caraño	1.19	CDG019
40	Deslizamiento	1155561	681830	Villaraz	El Caraño	0.18	MM014
41	Deslizamiento	1155109	684478	Caraño	El Caraño	0.27	
42	Deslizamiento	1159212	684556	Horizonte	El Caraño	1.56	
43	Deslizamiento	1160973	685803	El Paraiso	El Caraño	0.2	MM001
44	Deslizamiento	1161081	686088	El Paraiso	El Caraño	2.16	MM012
45	Deslizamiento	1158833	686849	Horizonte	El Caraño	0.26	MM010
46	Deslizamiento	1159112	687326	Santa Elena	El Caraño	0.48	
47	Deslizamiento	1159329	688772	Sucre	El Caraño	1.96	
48	Deslizamiento	1158701	688888	Sucre	El Caraño	0.19	MM011
49	Deslizamiento	1158336	689023	Sucre	El Caraño	0.81	
50	Deslizamiento	1158904	689237	Sucre	El Caraño	1	CDG015
51	Deslizamiento	1158709	689587	Sucre	El Caraño	0.21	MM009
52	Deslizamiento	1159355	690101	Sucre	El Caraño	2.54	MM008
53	Deslizamiento	1156823	694153	Tarqui	El Caraño	0.43	
54	Deslizamiento	1156454	695993	Tarqui	El Caraño	0.29	MM007
55	Deslizamiento	1156539	696288	Tarqui	El Caraño	0.23	MM006
56	Deslizamiento	1156123	697507	Tarqui	El Caraño	0.59	MM005
57	Deslizamiento	1156439	697597	Tarqui	El Caraño	3.18	MM004
58	Deslizamiento	1156478	698140	Tarqui	El Caraño	0.23	MM003
59	Deslizamiento	1155836	698774	Tarqui	El Caraño	2.09	MM002

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

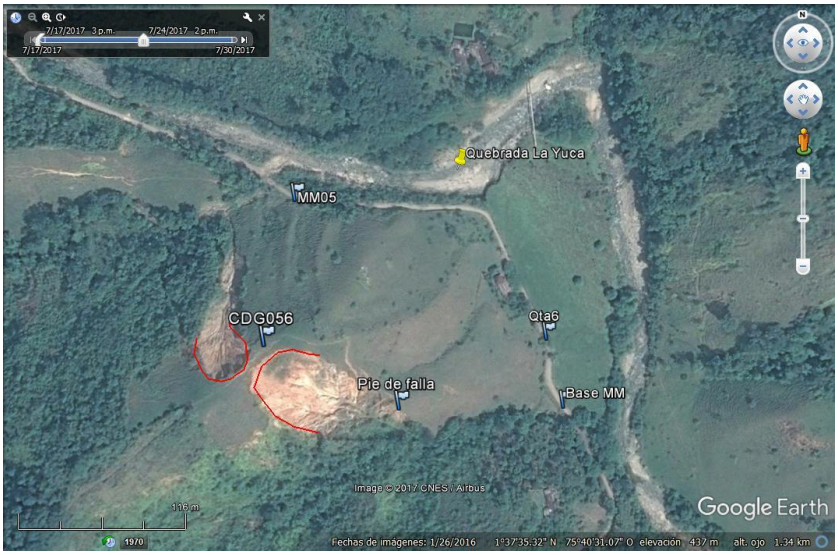
Dentro de los deslizamientos referenciados en la Tabla 188, resaltan por su importancia los siguientes:

- Estación CDG056, vereda Damas, vertiente SW de la quebrada La Yuca. Deslizamiento rotacional (Fotografía 53), desarrollado en suelos derivados de rocas neisicas. Se origina como un proceso de erosión acentuada provocada por el pastoreo de ganado que a su vez origina la penetración de agua en suelos arcilloso y consecuentemente el fallamiento del suelo por el incremento de las presiones hidráulicas y la superación de su límite líquido. La corona de este deslizamiento está a punto de unirse con la de otro localizado en la ladera trasera (punto MM005) configurando un deslizamiento de amplias dimensiones (Figura 116).

Fotografía 53. Deslizamiento generado en suelos derivados de rocas Nesicas, con las siguientes dimensiones Wa: 80, Wr 180, Ld: 80, Lr: 30, Dd: 5000m3, Dr: 3, L 120. Coordenadas 1155914E, 671612N, 511 msnm

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Figura 116. Vista en Google earth de los deslizamientos localizado en la estación CDG056.



- Punto MM010, margen Oeste de la cuenca media del río Hacha. Se trata de un deslizamiento rotacional en estado activo (Fotografía 54.), originado por la pérdida de soporte sobre la base de ladera producto de la socavación del río. Este fenómeno tiene entre 1 a 5 años y es de estilo único.

Fotografía 54. Deslizamiento generado en suelos derivados de rocas Nesicas, con las siguientes dimensiones en metros Wa: 80, Wr 200, Ld: 20, Lr: 100, Dd: 3, Dr: 4, L 200. Coordenadas 1158823E, 686897N, 1038 mnsm.

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- Estación MM011, junto a la vía antigua Florencia-Neiva. Corresponde a un deslizamiento de tierra y de detritos, en estado activo, con estilo sucesivo y distribución ensanchada (Fotografía 55). Generado por causas inherentes como el alto espesor de perfil de meteorización y por la socavación por parte del río de la base del talud y por la erosión pluvial.

Fotografía 55. Deslizamiento generado en suelos derivados de rocas Nesicas, con las siguientes dimensiones Wa: 80, Wr 45, Ld: 60, Lr: 20, Dd: 2, Dr: 3, L 120. Coordenadas 1158661 688894, 974 msnm.

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- Estación MM012, junto a la vía antigua a Neiva. Deslizamiento de tierra, rocas y detritos, en estado activo, con estilo único y distribución retrogresiva (Fotografía 56). Este deslizamiento se presenta en la cabecera de un drenaje y un contribuyente pudo ser la socavación de la pata del talud por la carretera y/o por el desarrollo de erosión pluvial.

- Estación MM015, carretera nueva Florencia-Neiva. Deslizamiento rotacional de detritos y de tierra, en estado activo, con estilo sucesivo y distribución ensanchada (Fotografía 57). La causa inherente de este deslizamiento es un alto grado de meteorización química de la roca, mientras que como contribuyentes se tiene las lluvias, la erosión pluvial (se observan surcos de erosión) y principalmente socavación de la pata del talud por el corte carretera nueva Florencia-Neiva. En la actualidad existe obras ingenieriles de contención.

Fotografía 56. Deslizamiento generado en suelos derivados de rocas nesicas, con las siguientes dimensiones Wa: 200, Wr 100, Ld: 120, Lr: 100, Dd: 4, Dr: 3, L: 200. Coordenadas 1161055 686073, 798 msnm.

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Fotografía 57. Deslizamiento generado en suelos derivados de rocas Nesicas, con las siguientes dimensiones Wa: 200, Wr 180, Ld: 150, Lr: 100, Dd: 4, Dr: 3, L 220. Coordenadas: 1162589E, 675866N, 393 mnsm

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- Estación MM0017 (coordenadas 1159672E, 678671N, 947 msnm), corresponde a un deslizamiento rotacional, de tierra y de detritos, con estilo sucesivo y distribución ensanchada (Fotografía 58.). La causa inherente de este deslizamiento es un alto grado de meteorización química de la roca, mientras que como contribuyentes se tiene la deforestación y la consecuente erosión pluvial. El factor detonante fueron periodos prolongados de lluvias.

Fotografía 58. Deslizamiento generado en suelos derivados de rocas Nesicas, con las siguientes dimensiones Wa: 110, Wr 130, Ld: 350, Lr: 190, Dd: 10, Dr: 6, L: 500. Coordenadas 1159672E, 678671N, 947 msnm

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- Estación MM018 en la vereda Travesías, (coordenadas 1159032E, 678775N, 796 msnm), se presenta un deslizamiento rotacional, de tierra y de detritos, con estilo sucesivo y distribución ensanchada (Fotografía 59). La causa inherente de este deslizamiento es un alto grado de meteorización química de la roca, mientras que como contribuyentes se tiene la deforestación y la consecuente erosión pluvial que genera canales y conductos de entrada de agua de escorrentía hacia el suelo, provocando saturación de humedad y disminuyendo su resistencia al corte. El factor detonante es la socavación de la pata del talud por parte de una corriente de agua.

- En la estación MM023 ubicada en la carretera antigua Florencia-Neiva (coordenadas 1162385E, 680484N, 503 mnsm), se presenta un deslizamiento rotacional, de tierra y de detritos, con estilo múltiple y distribución ensanchada (Fotografía 60). La causa inherente de este deslizamiento es un alto grado de meteorización química de la roca, mientras que como contribuyentes se tiene la

erosión pluvial (existencia de surcos de erosión) y la remoción de la base de la pata del talud por el corte de la carretera.

Fotografía 59. Deslizamiento generado en suelos derivados de rocas nesicas, con las siguientes dimensiones Wa: 30, Wr 50, Ld: 100, Lr: 70, Dd: 5 Dr: 6, L 150. Coordenadas 1159032E, 678775N, 796 msnm

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Fotografía 60. Deslizamiento generado en suelos derivados de rocas Nesicas, con las siguientes dimensiones Wa: 40, Wr 50, Ld: 80, Lr: 90, Dd: 3, Dr: 2, L 100. Coordenadas 1162385E, 680484N, 503 mnsm.

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- Estación MM024, carreteable hacia la vereda Travesías. Deslizamiento activo rotacional, de tierra y de detritos, con estilo múltiple y distribución retrogresivo (Fotografía 61). La causa inherente de este deslizamiento es un alto grado de meteorización química de la roca, mientras que como contribuyentes se tiene la carga en la corona del talud por la presencia del carreteable, movimientos tectónicos asociados a la falla de Florencia sur, las lluvias y la erosión pluvial asociada a esta (presencia de surcos).

Fotografía 61. Deslizamiento generado en suelos derivados de rocas nesicas, con las siguientes dimensiones Wa: 50, Wr 70, Ld: 100, Lr: 100, Dd: 5, Dr: 4, L 150. Coordenadas 1158662E, 676646N, 777 msnm.

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- Estación MM025, carreteable hacia Travesías, se presenta un deslizamiento activo, rotacional, de tierra y de detritos, con estilo múltiple y distribución retrogresiva (Fotografía 62.). La causa inherente de este deslizamiento es un alto grado de meteorización química de la roca, mientras que como contribuyentes se tiene la deforestación, el sobrepastoreo y la erosión pluvial asociada. Como factores detonantes se tiene la actividad sísmica de las fallas del sistema del borde amazónico y las lluvias prolongadas.

Fotografía 62. Deslizamiento generado en suelos derivados de rocas Nesicas, con las siguientes dimensiones Wa: 50, Wr 80, Ld: 60, Lr: 50, Dd: 5, Dr: 4, L 100. Coordenadas 1159178E, 675520N, 547 mnsm

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- Estación MM027, vereda Travesías. Deslizamiento activo, rotacional, de tierra y de detritos, con estilo múltiple y distribución ensanchada (Fotografía 63). La causa inherente de este deslizamiento es un alto grado de meteorización química de la roca, mientras que como contribuyentes se tiene la deforestación, el sobrepastoreo y la erosión pluvial asociada. Como factores detonantes se tiene la actividad tectónica de la falla de Florencia Sur, localizada en la base de la vertiente, cuya actividad pudo cambiar ligeramente el nivel base local, generando erosión retrograda en los drenajes de primer orden y por ende, la socavación de la base del talud.

- Estación MM028, vereda Damas Abajo. Deslizamiento activo rotacional, de tierra y de detritos, con estilo sucesivo y distribución retrogresiva (Fotografía 64). La causa inherente de este deslizamiento es un alto grado de meteorización química de la roca, mientras que como contribuyentes se tiene la deforestación, el sobrepastoreo y la erosión pluvial asociada. Como factores detonantes se tiene la socavación de la pata del talud por el corte de la vía.

Fotografía 63. Deslizamiento generado en suelos derivados de rocas neisicas, con las siguientes dimensiones Wa: 40, Wr 100, Ld: 170, Lr: 80, Dd: 6, Dr: 5, L 250. Coordenadas: 1159458E, 677304N, 695 mnsm

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Fotografía 64. Deslizamiento generado en suelos derivados de rocas Nesicas, con las siguientes dimensiones Wa: 60, Wr 50, Ld: 70, Lr: 40, Dd: 5, Dr: 3, L 100**.** Coordenadas 1155170 E, 672142N, 548 mnsm

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- Estación MM030, vereda La Holanda. Deslizamiento activo rotacional, de tierra y de detritos, con estilo múltiple y distribución ensanchada (Fotografía 65). La causa inherente de este deslizamiento es un alto grado de meteorización química de la roca, mientras que como contribuyentes se tiene la deforestación, el sobrepastoreo y la erosión pluvial asociada (presencia de surcos). Como factores detonantes se tiene la socavación de la pata del talud por la corriente de una quebrada de segundo orden afluente de La Yuca; que además, presenta un control estructural, por lo que no se descartan detonantes sismotectónicos.

Fotografía 65. Deslizamiento generado en suelos derivados de rocas Nesicas, con las siguientes dimensiones Wa: 85, Wr 100, Ld: 160, Lr: 70, Dd: 7, Dr: 6, L 220. Coordenadas 1156037E, 670701N, 477 msnm.

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

Asociado a este deslizamiento, se presenta un flujo de detritos en la desembocadura en la quebrada en La Yuca (Fotografía 66).

Fotografía 66. Depósito de Cono o lóbulo de flujo de detritos (Dlfd) en la desembocadura de la quebrada La Holanda en la quebrada La Yuca. Localización coordenadas 1156783E, 670806N, 384 msnm.

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- Erosión hídrica. Se define como la segregación, transporte y sedimentación de las partículas del suelo por las gotas de lluvia y el escurrimiento superficial.

En general, la cuenca del río Hacha presenta un clima húmedo y alta cobertura vegetal. Sin embargo en zonas montañosas localizadas especialmente en el piedemonte, se presenta deforestación asociada a las actividades ganaderas, permitiendo la perdida de suelo por escurrimiento difuso. En algunas partes esta erosión da lugar a la generación de surcos (Fotografía 67) y a partir del desarrollo de estos, y de la penetración de agua a través de ellos, se han presentado deslizamientos, comunes hacia la zona de piedemonte.

Fotografía 67. Pequeños surcos (flechas amarillas) formados por erosión hídrica. Localización cuenca media de la quebrada La Yuca. Estación CDG056, coordenadas: 1155914E, 671612N, 511msnm.Azimut 315°

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

- Flujos. A lo largo de los drenajes de la provincia cordillerana de la cuenca se observaron depósitos de gravas clastosoportados, mal calibrados, con clastos subredondeados a subangulares que conforman en ocasiones terrazas con un delgado desarrollo del nivel VI del perfil de meteorización de Dearman (1975).

  Estos depósitos corresponden a flujos turbulentos o torrenciales de roca y detritos, asociados a alta pluviosidad y a deslizamientos localizados hacia las cabeceras de las quebradas.

Flujos de este tipo se observaron a lo largo del río Hacha y de varios de sus afluentes, como quebrada La Ruidosa (CDG003), quebrada Sucre (CDG014) y quebrada Córdoba (CDG033). También en quebradas que no tienen nombre en la base cartográfica asociadas a las estaciones CDG006, CDG008, CDG011, entre otros. De igual manera, se observaron a lo largo de la quebrada La Yuca, la quebrada La Holanda (Fotografía 66) y en menor grado sobre la Quebrada El Dedo.

La mayoría de estos flujos muestran bloques semidescubiertos, con presencia de inicial de líquenes negros, en algunos casos blancos, poco desarrollo de suelo y escapes subverticales que, de acuerdo a Parra (1995), denotan una temporalidad madura (decenas de años).

En el río Hacha se observaron depósitos de un flujo maduro a antiguo, de acuerdo a un espesor de más de 20 cm en el nivel VI del perfil de meteorización de Dearman (1975) y en razón a que no se observan bloques en la superficie (Fotografía 68).

Fotografía 68. Flujo de detritos con morfología aterrazada junto al río Hacha. Localización parte alta cuenca río Hacha. Estación CDG009: 1157291E, 692803N, 1307 msnm.

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

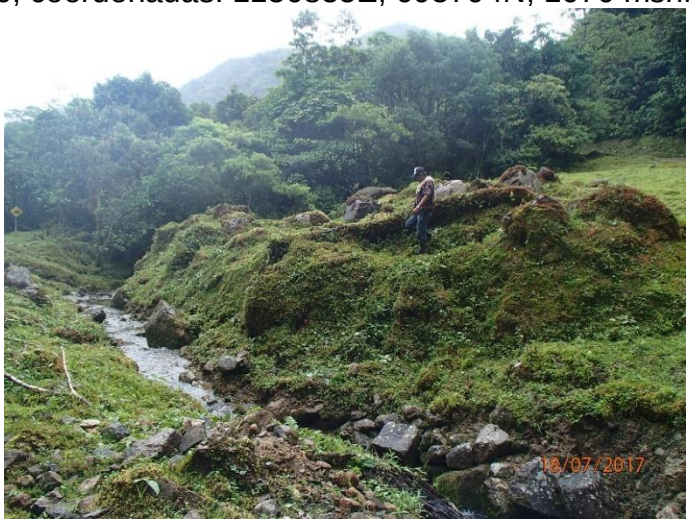
En la quebrada La ruidosa, el flujo indica una edad antigua, pues se observa un buen desarrollo de los niveles A y B de suelo (mayor a 20cm) y no se observan bloques en la superficie (Fotografía 69).

Fotografía 69. Perfil de suelo en flujo de detritos quebrada La Ruidosa, localización estación CDG003, coordenadas 1156600E, 698478N, 2087 msnm.

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

En la quebrada de la estación CDG006, afluente del río Hacha, se presenta un flujo reciente, con bloques descubiertos que forman un albardón o dique a orilla de la quebrada sin desarrollo de suelo ni de líquenes (Fotografía 70).

Fotografía 70. Flujo de detritos (Dlfd) que forma un dique junto a quebrada afluente del río Hacha. Localización carretera antigua Florencia-Neiva, vereda Tarquí. Estación CDG006, coordenadas: 1156855E, 695794N, 1676 msnm.



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

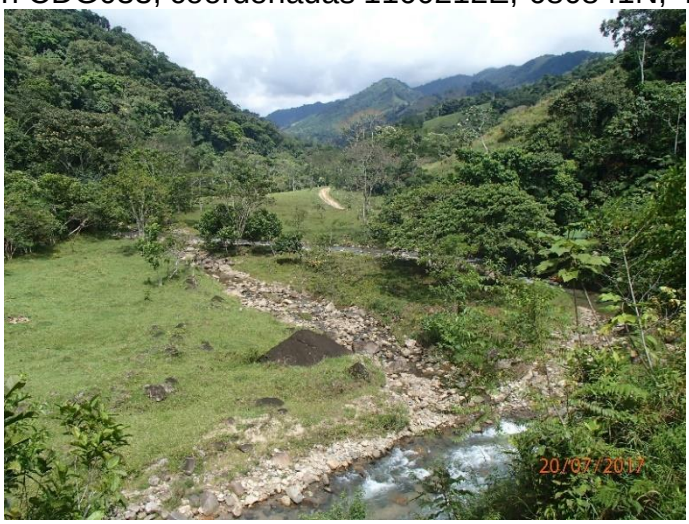
En la quebrada Sucre, el depósito presenta una altura de 25m y sugiere una edad madura, en la medida que presenta bloques semidescubiertos, con crecimiento de líquenes blancos y escarpe de incisión de inclinación abrupta (Fotografía 71).

Fotografía 71. Depósito de flujo de detritos de 25 m de altura junto a la quebrada Sucre,. Localización carretera antigua Florencia-Neiva, vereda Tarquí. Estación CDG014, coordenadas: 1159214E 690348N, 1004 msnm.

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

El flujo de la quebrada Córdoba podría tener una edad reciente, pues muestra bloques semicubiertos a descubiertos, sin desarrollo de líquenes blancos, espesor de suelo incipiente menor a 20 cm y escarpe de incisión subvertical (Fotografía 72).

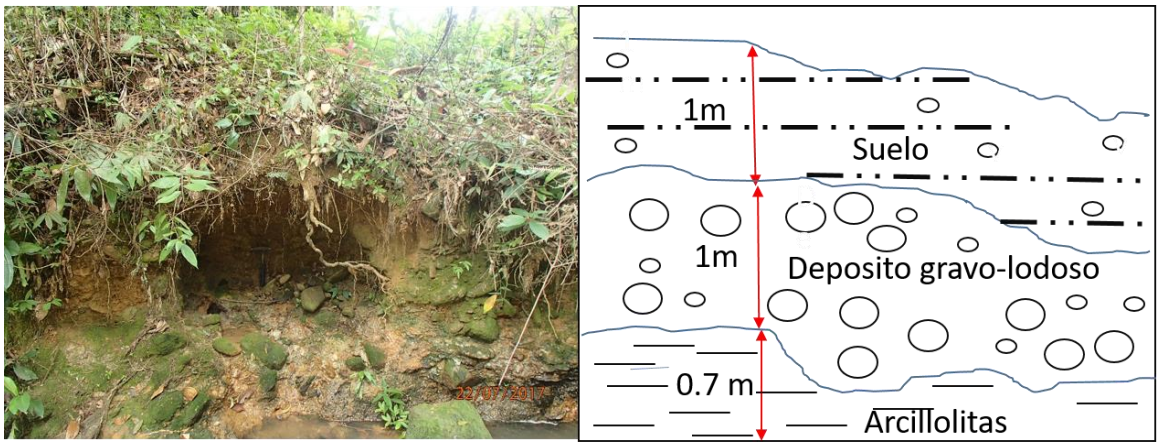
Fotografía 72. Flujo de detritos (Dfld) con morfología aterrazada en la quebrada Córdoba. Estación CDG033, coordenadas 1160212E, 680841N, 482 msnm.



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

El flujo junto a la quebrada El Dedo alcanzaría una temporalidad antigua, ya que presenta un perfil de suelo de aproximadamente 1m, en donde los clastos en su mayoría se encuentran meteorizados y no se observan bloques en la superficie del depósito (Fotografía 73).

Fotografía 73. Flujo de detritos (Dfld) con meteorización moderada a alta y desarrollo métrico de suelo junto a la quebrada El Dedo. Estación CDG047, coordenadas 1160125E, 672731N, 347 msnm.



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

A lo largo de la quebrada la Yuca se observa un flujo de detritos de varios kilómetros, que genera formas discontinuas aterrazadas, cronológicamente maduro. Presenta escarpes con incisión vertical, desarrollo incipiente de suelo (10-20 cm), bloques semicubiertos y crecimiento inicial de líquenes blancos (Fotografía 74).

Fotografía 74. Flujo de detritos (Dfld) con incisión vertical (foto izquierda) y morfología aterrazada (foto derecha) en la quebrada la Yuca. Estación CDG055, coordenadas 1155203E, 672282N, 477 msnm.

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato de Consultoría N°0390 de 2016

En síntesis, los procesos morfodinámicos en la cuenca del río Hacha se concentran fundamentalmente en la provincia geomorfológica de la Cordillera Oriental, en

donde el dominio (región geomorfológica) es principalmente estructural, determinado por la presencia de varias fallas cuya rectora es la Falla transpresiva de Algeciras. El dominio estructural imprime a esta zona una topografía escarpada a muy escarpada, que se relaciona con la ocurrencia de movimientos en masa y de avenidas torrenciales canalizadas. Sin embargo, dentro de la provincia cordillerana, hacia la zona sur de la Falla de Florencia Norte, se presentan una zona de dominio denundacional, definida por la marcada presencia de procesos morfodinámicos (deslizamientos y flujos de detritos).

En general, los movimientos en masa observados en la cuenca del Río Hacha son de tipo deslizamiento rotacional y se observaron únicamente en los suelos derivados de las rocas metamórficas del Complejo Garzón.

Hacia la zona de piedemonte el río Hacha presenta un patrón meándrico y no existen abanicos aluviales asociados. Por esta razón, las amanezas más relevantes en esta zona corresponden más con inundaciones que con avenidas fluviotorrenciales.

3.9.2 Geomorfología con criterios edáficos (Zinck, 2012)

Las distintas geoformas de la superficie terrestre se entienden, en términos generales, como el resultado de la interacción de los procesos endógenos (internos), formadores de los rasgos principales del relieve y los procesos exógenos (externos) asociados con el desgaste del relieve primario a través del tiempo geológico y la formación de las llanuras aluviales, eólicas y marinas por los distintos modelados morfodinámicos. En general, la morfología superficial de la Tierra presenta una polaridad entre los bloques continentales elevados y las cuencas oceánicas, tendencias claramente visibles en su curva hipsométrica de origen tectónico (Selby, 1984). Estas mega-unidades morfológicas pueden subdividirse en cordilleras, llanuras continentales, serranías y lomeríos cratónicos, plataforma continental (litoral), taludes continentales, llanuras abisales, dorsales submarinos y las fosas submarinas. Sin embargo, aun esta mega-morfología comúnmente asociada con la Tectónica de Placas se encuentra interrelacionada con los procesos exógenos de las lluvias y mares mediante el desgaste del relieve primario de las cordilleras y los cratones y la generación de magma andesítico a partir de la subducción de la corteza marina con sus sedimentos submarinos e hidrotermales (Bloom, 1998).

A una escala intermedia, el impacto de los procesos exógenos, a través de los glaciares, rios, vientos y mar, entre otros, ha contribuido a la formación de los paisajes más tradicionales de la geomorfología, el paisaje alpino, las llanuras aluviales, los campos de dunas y las planicies litorales y deltas. La intensidad de estos procesos ha sido de tal grado que algunos autores han afirmado que la gran mayoría de las geoformas de la superficie datan de apenas del Terciario Superior y

aún más reciente, del Cuaternario (Bloom, 1998). Hay que reconocer que estos procesos tectónicos continúan aun en el presente en el país, la llamada "neotectónica", por lo cual pueden considerarse procesos tanto estructurales como dinámicos (Robertson, 2007).

Para la definición, identificación jerárquica y descripción de geoformas a escala 1:25.000 de la cuenca del río Hacha, se usó el sistema geomorfológico taxonómico multicategórico jerarquizado de Zinck (2012) el cual, se basa en el origen, la evolución y la caracterización por medio de los agentes geomorfológicos imperantes para categorizar las diferentes geoformas que se puedan presentar.

Así, por medio del análisis de los procesos morfodinámicos pasados, actuales y potenciales, constituirá un importante elemento para el componente de capacidad de uso de las tierras y aporta información valiosa para el análisis de amenazas.

Para el desarrollo del componente de geomorfología se consideraron:

- Imágenes de satélite

- Modelos digitales del terreno (DTM) de resolución adecuada.

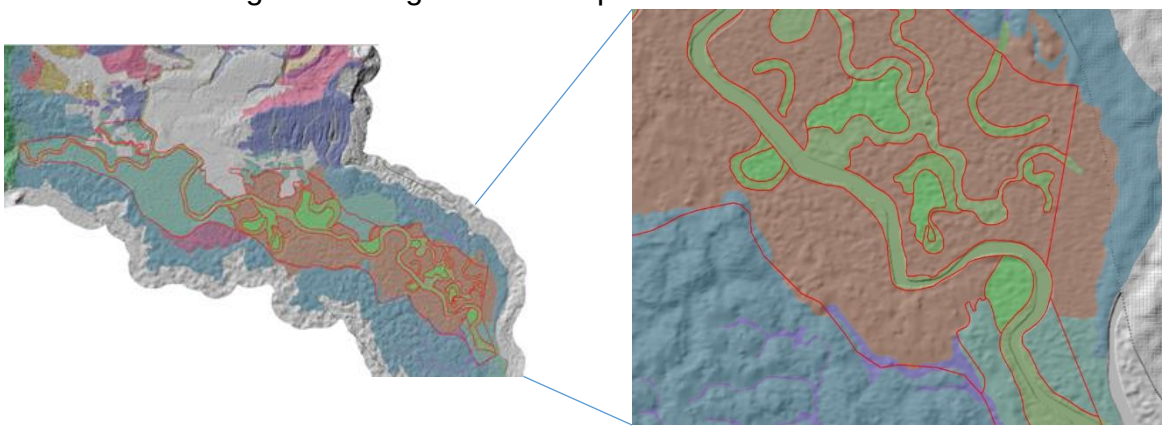
- Recopilación y análisis de la información de referencia existente y temática básica, tales como planos topográficos, geología, geomorfología, así como estudios existentes en algunas entidades como, IGAC, SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO, entre otros.

De mayor relevancia dentro de la informacion consultada, esta el Levantamiento semidetallado de suelos en las areas de influencia de los humedales de colombia, Región Orinoquia-Caquetá[47], el cual estudió 2.420 ,98 ha en la parte plana de la cuenca, las cuales fueron adoptadas para el presente trabajo la geomorfologia.

En la Figura 117, se observa con achurados la geomorfologia presentada en el proyecto y en contorno rojo las lineas del levantamiento de humedales, lo que permite evidenciar que la geomorfologia al interior de las zonas estudiadas se conservó, pero que en las zonas de empalme fue necesario modificar ligeramente los poligonos, realizando la mejor delineacion del limite entre el lomerio y la planicie y la identificación de algunos vallecitos.

[47] Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC. Subdirección de Agrología, 2014. Estudio general de suelos y zonificación de tierras departamento de Caquetá, escala 1.100.000.

Figura 117. Geomorfologia del levantamiento de Humedales de Colombia y la correlacion con la geomorfología realizada para la cuenca



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

• Reconocimiento del área de estudio, para el levantamiento cartográfico (1:25.000) detallado de todos elementos geomorfológicos y morfodinámicos presentes, y su caracterización correspondiente para el estudio temático del sitio.

3.9.2.1 Clasificación de las geoformas. En el proceso de identificación se determinaron los diferentes paisajes, tipos de relieve y formas de terreno, además de determinar tipos de erosión, patrones de drenaje, inclinación de las laderas, pendientes, entre otros. Los resultados del trabajo de campo permitieron la consolidación y ajuste final a la cartografía geomorfológica (Zinck, 1989) a escala 1:25.000.

Figura 118. Síntesis del sistema Taxonómico de las geoformas

Nivel	Categoría	Concepto genérico	Definición
6	Orden	Geoestructura	Extensa porción continental caracterizada por su macro-estructura geológica (p.e. cordillera, geosinclinal, escudo)
5	Suborden	Ambiente morfo-genético	Amplio tipo de medio biofísico originado y controlado por un estilo de geodinámica interna y/o externa (p.e. estructural, deposicional, erosional, etc.)
4	Grupo	Paisaje geomorfológico	Gran porción de terreno caracterizada por sus rasgos fisiográficos; corresponde a una repetición de tipos de relieve similares o a una asociación de tipos de relieve disímiles (p.e. valle, altiplanicie, montaña, etc.)
3	Subgrupo	Relieve/modelado	Tipo de relieve originado por una determinada combinación de topografía y estructura geológica (p.e. cuesta, horst, etc.).
			Tipo de modelado determinado por específicas condiciones morfoclimáticas o procesos morfogenéticos (p.e. glacis, terraza, delta, etc.).
2	Familia	Litología/facies	Naturaleza petrográfica de las rocas duras (p.e. gneis, caliza, etc.) u origen/naturaleza de las formaciones no-consolidadas de cobertura (p.e. periglaciar, lacustre, aluvial, etc.)
1	Subfamilia	Forma de terreno	Tipo básico de geoforma caracterizado por una combinación única de geometría, historia y dinámica.

Para este propósito, se usan distintas clases de atributos como, por ejemplo:

- Atributos geomorfográficos, para describir la geometría de las geoformas.
- Atributos geomorfométricos, para medir las dimensiones de las geoformas.
- Atributos geomorfogenéticos, para determinar el origen y la evolución de las geoformas.
- Atributos geomorfocronológicos, para circunscribir el contexto temporal en que se originaron las geoformas.

Para Zinck (2012) en el sistema jerárquico de clasificación de las geoformas, este comprende el concepto de nivel inferior, así las formas de terreno corresponden a la unidad geomorfológica elemental y se caracterizan por su geometría, dinámica e historia. De esta manera, se pueden distinguir dos grandes grupos de formas de terrenos: aquellos controlados por las estructuras geológicas y las controladas por los agentes morfogenéticos.

A continuación, se observan las unidades geomorfológicas presentes en la cuenca del río Hacha y sintetizadas en la Tabla 189.

Tabla 189. Unidades geomorfológicas según la clasificación de Zinck (2012).

Paisaje	Ambiente	Tipo de relieve	Material parental	Forma del terreno	Símbolo	Área (ha)
Montaña	Estructural/erosional	Crestón	ROCAS SEDIMENTARIAS (areniscas, arcillolitas y conglomerados)	Frente	MCSF	1097,95
				Revés	MCSR	1682,16
				Escarpe	MCSE	115,66
		Cuesta	ROCAS SEDIMENTARIAS (areniscas, arcillolitas y conglomerados)	Revés	MUSR	2037,06
				Frente	MUSF	2045,23
				Escarpe	MUSE	140,65
		Fila y vigas	ROCAS ÍGNEAS (granito) Y METAMÓRFICAS (gneises cuarzofeldespáticos)	Ladera	MFIL	31131,22
				Escarpe	MFIE	2955,47
	Deposicional	Valle estrecho	Sedimentos aluviales	Plano de terraza	MEAT	35,05
				Vega	MEAV	63,66
		Vallecito	Sedimentos aluviales	Vega	MVAV	1990,37

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 189 (Continuación). Unidades geomorfológicas según la clasificación de Zinck (2012).

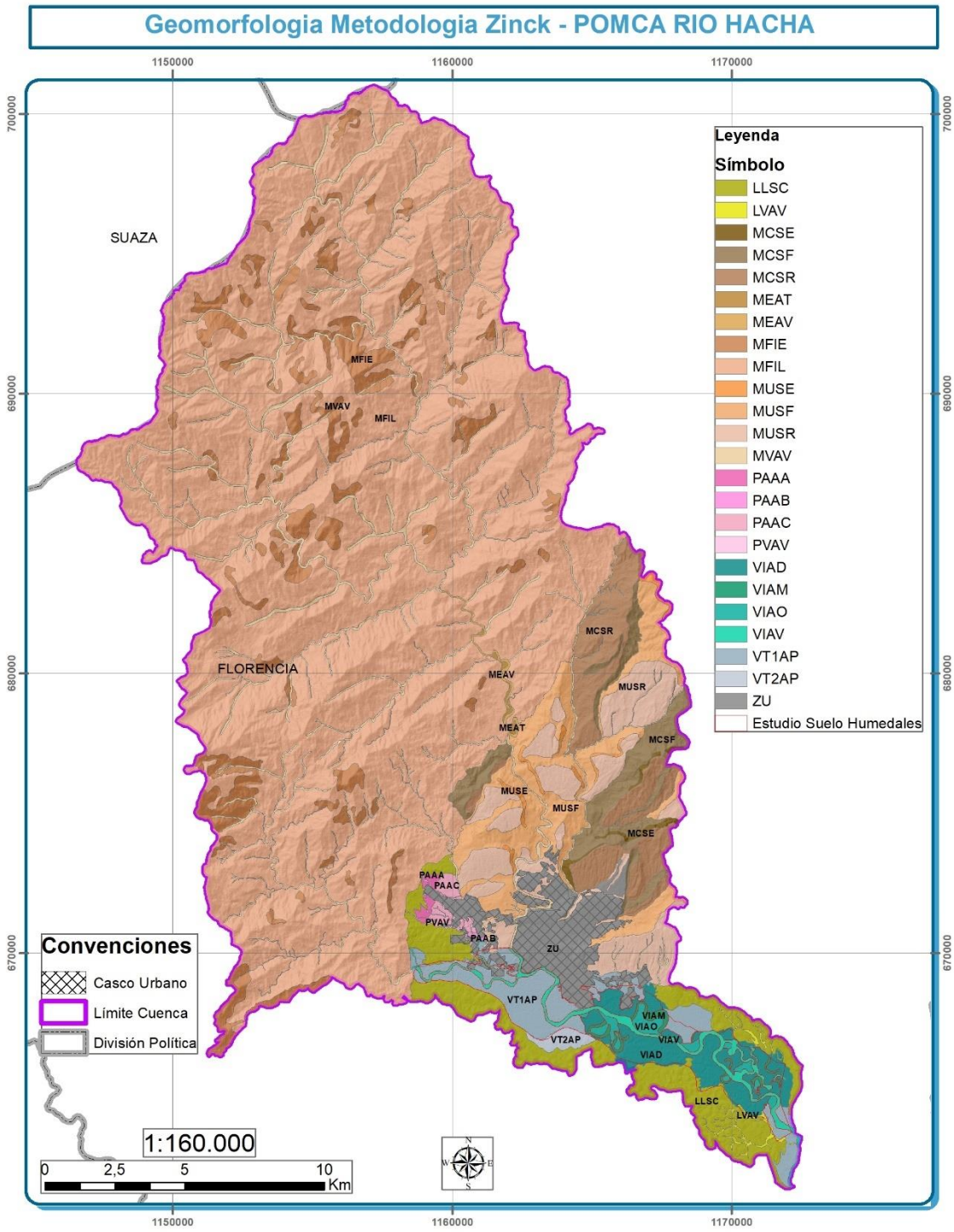
Paisaje	Ambiente	Tipo de relieve	Material parental	Forma del terreno	Símbolo	Área (ha)
Lomerío	Denudacional	Lomas	ROCAS SEDIMENTARIAS (areniscas, arcillolitas y conglomerados)	Cima y ladera	LLSC	2032,74
	Deposicional	Vallecito	Sedimentos aluviales	Vega	LVAV	77,96
Piedemonte	Deposicional	Abanico	Sedimentos aluviales	Ápice	PAAA	60,85
				Cuerpo	PAAC	132,49
				Base	PAAB	10,63
		Vallecito	Sedimentos aluviales	Vega	PVAV	26,39
Valle	Deposicional	Terraza nivel 2	Sedimentos aluviales	Plano de terraza	VT2AP	116,37
		Terraza nivel 1*	***Sedimentos aluviales***	***Plano de terraza***	***VT1AP***	***1107,96***
		Plano de inundación*	***Sedimentos aluviales***	***Cubeta de desborde***	***VIAD***	***964,49***
				Orillares	***VIAO***	***183,06***
				Meandros abandonados con cauce semilunar	***VIAM***	***105,13***
				Vega	***VIAV***	***359,25***
ZU		ZU	ZU	ZU	ZU	1551,67

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

Nota: *En letra negrita y cursiva se encuentran las unidades geomorfológicas adoptadas del levantamiento de suelos de Humedales (Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC. Subdirección de Agrología, 2014).

3.9.2.2 Morfología. Según Zinck (2012) los sistemas de terreno se definen como una repetición de tipos de relieve/modelado similares o a una asociación de tipos de relieve/modelado disímiles. Así, según está clasificación los tipos de paisaje encontrados en el área de la cuenca del río Hacha son (Ver Figura 119):

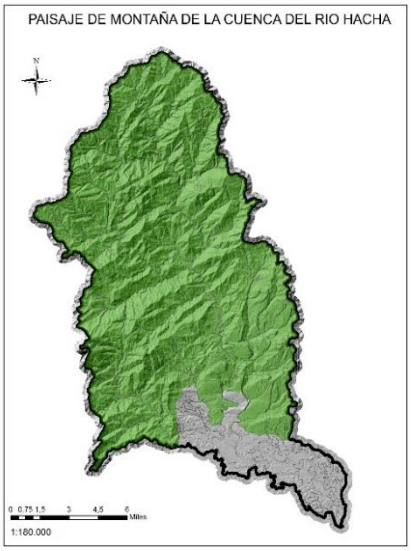
Figura 119. Síntesis del sistema Taxonómico de las geoformas



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

- Paisaje de Montaña. El paisaje de Montaña se define como la porción de terreno elevada, escabrosa, profundamente disectada, caracterizada por presentar una importante diferencia de alturas en relación a los paisajes circundantes, externos a la montaña, esta diferencia altitudinal se expresa en miles de metros; posee una importante disección interna, generando desnivelaciones entre las áreas montañosas y los valles intermontanos (Zinck, 2012). En la cuenca del río Hacha se encuentra en todas las veredas excepto en las veredas Capitolio, Colombia, Juan del Barro y San José de Canelos, ocupa una extensión de 43.294,52 Ha. Hacen parte del paisaje de Montaña, los tipos de relieve de Crestones, Cuestas, Filas y vigas, Valle estrecho y Vallecito los cuales se describen a continuación.

Fotografía 75.Paisaje de montaña, a la izquierda ladera de filas y vigas.



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

– Tipo de relieve de Crestón. Los Crestones hacen referencia todos aquellos tipos de relieve labrados en rocas sedimentarias y cuya forma está controlada por la estructura geológica, donde los estratos rocosos se inclinan en una sola dirección entre 10 y 30°, y en el cual es muy común encontrar secuencias entre estratos duros y blandos.(Adaptado de Zinck, 2012). En la cuenca del río Hacha, se han desarrollado sobre areniscas, arcillolitas y conglomerados, originando las formas del terreno de Frente, Revés y Escarpe. Los crestones se encuentran en parte de las veredas Agua Negra Alta, Agua Negra Baja, El Salado, Alto Brasil, Bajo Brasil, La Ilusión, La Sardina, San Luis, Agua Bonita y La Primavera, ocupando una extensión de 2895,77 Ha.

Fotografía 76. Tipo de relieve de Crestón, a la izquierda el revés de crestón cerca a Florencia

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

✓ Forma del terreno Revés de Crestón. Los reveses son aquellas laderas que buzan en el mismo sentido de las capas de las rocas sedimentarias que conforman los crestones. Se han desarrollado principalmente en rocas del tipo arcillolita y se presentan en forma inclinada, son de longitud larga y presentan disección profunda. Cubre un área de 1682,16 Ha.

✓ Forma del terreno Frente de Crestón. Los frentes se caracterizan por presentarse en forma opuesta al buzamiento de los estratos que integran los crestones; expone las capas de las arcillolitas, areniscas y conglomerados que las componen, poseen escasa cobertura vegetal y en algunos casos se presentan como afloramientos rocosos, configurando pendientes cortas a medias, de formas cóncavas, convexas e irregulares, que generalmente superan el 25% de inclinación. Cubre un área de 1097,95 Ha.

✓ Forma del terreno de Escarpe. Son todas aquellas laderas abruptas, verticales o subverticales, donde el afloramiento rocoso es frecuente, originadas a partir del modelado erosional y constituidas por arcillolitas, areniscas y conglomerados con pendientes mayores al 75%. Cubre un área de 115,66 Ha.

– Tipo de relieve de Cuesta. Las cuestas son un tipo de relieve formado como consecuencia de la incisión o fallamiento perpendicular al buzamiento de estratos sedimentarios suavemente plegados o basculados; se caracterizan por tener su ladera estructural por lo común más larga que la ladera erosional, con buzamientos entre 1° y 10° aproximadamente, lo cual le otorga una mayor estabilidad al paisaje, por la menor incidencia de los procesos erosivos (Adaptado de IGAC, 2005). En la cuenca del río Hacha, se han desarrollado sobre areniscas, arcillolitas y conglomerados, originando las formas del terreno de Frente, Revés y Escarpe. Las

cuestas se encuentran en parte de las veredas Agua Negra Alta, Agua Negra Baja, El Salado, Alto Brasil, Bajo Brasil, El Limón, Nueva Jerusalen, San Rafael, La Primavera, Caldas, Sebastopol, La Sardina, La Estrella y Florencia, ocupando una extensión de 4222,95 Ha.

Fotografía 77. Tipo de relieve de Cuesta, a la izquierda revés de Cuesta.

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

✓ Forma del terreno Revés de Cuesta. Los reveses son aquellas laderas que buzan en el mismo sentido de las capas de las rocas sedimentarias que conforman los crestones. Se han desarrollado principalmente en rocas del tipo arcillolita y se presentan en forma inclinada, son de longitud larga y presentan disección profunda. Cubre un área de 2037,06 Ha.

✓ Forma del terreno Frente de Cuesta. Los frentes de las cuestas se caracterizan por presentarse en forma opuesta al buzamiento de los estratos que integran la geoforma; expone las capas de las rocas sedimentarias que las componen, poseen escasa cobertura vegetal y en algunos casos se presentan como afloramientos rocosos, configurando pendientes cortas a medias, de formas cóncavas, convexas e irregulares, que generalmente superan el 25% de inclinación. Cubre un área de 2045,23 Ha.

✓ Forma del terreno de Escarpe. Son todas aquellas laderas abruptas, verticales o subverticales, donde el afloramiento rocoso es frecuente, originadas a partir del modelado erosional y constituidas por arcillolitas, areniscas y conglomerados con pendientes mayores al 75%. Cubre un área de 140,65 Ha.

– Tipo de relieve de Filas y Vigas. Son geoformas que se asemeja a la estructura de un techo, con un eje axial (fila), elementos transversales perpendiculares a la fila (vigas) y un área superior de cimas agudas. En la cuenca del rio Hacha se han desarrollado principalmente sobre rocas Ígneas (granito) y

metamórficas (gneises cuarzo feldespáticos), dando origen a los tipos de relieve de laderas y escarpes. Las filas y vigas se encuentran principalmente en las veredas Tarqui, Zona de Bosque, Sucre, Santa Elena, Alto paraíso, Horizonte, Carazo, Avenida Cara, La Paz, El Convenio, Portal del Hacha, La nueva paz, San Francisco, Las Doradas Bajas, Santo Ángel, Quindío, Las Brisas, Las Doradas Altas, Palmichal, La Carbona, San Luis, Travesías, Aguas Bonitas, Alto Caldas, Caldas, Los Robles, Los Guayabos, Alto Bonito, Las Cascadas, Damas Arriba, Villa Hermosas, Finlandia, La Honda, Damas Abajo y La conga, ocupando una extensión de 34086,70 Ha.

Fotografía 78. Tipo de relieve de Filas y vigas, a la izquierda y en primer plano cima angosta, al fondo laderas

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

✓ Forma del terreno de Ladera. Corresponde a formas inclinadas, en rocas Ígneas y Metamórficas, que presenta laderas de pendientes largas, de formas variadas, cóncavas, convexas e irregulares que en su mayoría superan el 25% de inclinación, con pequeños sectores de cimas agudas de menor inclinación. Cubre un área de 31131,22 Ha.

✓ Forma del terreno de Escarpe. Son todas aquellas laderas abruptas, verticales o subverticales también desarrolladas en rocas Ígneas y Metamórficas, donde el afloramiento rocoso es frecuente, originadas a partir del modelado erosional con pendientes mayores al 75%. Cubre un área de 2955,47 Ha.

– Tipo de relieve de Valle estrecho. Geoforma de origen aluvial producto de la erosión y posterior depositación de sedimentos; tiene una forma medianamente angosta, alargada y encajonada en la cual se presentan incipientes niveles de terraza, los cuales también reciben pequeños aportes de origen coluvial proveniente de las laderas aledañas. Las principales formas del terreno que se reconocen en los valles estrechos son las vegas y los planos de terraza las cuales

se describen a continuación. Se encuentran principalmente en parte de las veredas Palmichal, La Carbona, El Limón y San Luis, ocupando un área de 98,71 Ha.

Fotografía 79. Valle estrecho, se observan las vegas y las terrazas

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

✓ Forma del terreno de Vega. La vega corresponde a las porciones de tierra más bajas del valle estrecho que bordea ambas márgenes de la corriente principal, periódicamente inundable que cede y recibe continuamente aluviones de lecho (pedregones, piedras, cantos, gravas, arenas), impidiendo el desarrollo de suelo y vegetación (Adaptado de IGAC, 2005). Cubre un área de 63,66 Ha.

✓ Forma del terreno de Plano de terraza. El plano de terraza del valle estrecho se caracteriza por tener una superficie plana, alargada y de mayor altitud que la vega, es un remanente de anteriores niveles de sedimentación en los cuales se ha incisado la corriente como consecuencia de rejuvenecimiento del paisaje y limitada por un pequeño talud que la separa de la vega (Adaptado de IGAC, 2005). Cubre un área de 35,05 Ha.

– Tipo de relieve de Vallecito de montaña. El vallecito es un tipo de relieve correspondiente a una porción de espacio alargada, relativamente plana y estrecha, intercalada entre dos áreas de relieve más alto y que tiene como eje a un curso de agua. Su área está influenciada por lo aportes longitudinales de sedimentos acarreados por el río principal. (Adaptado de IGAC, 2005). Cubre un área de 1990,37 Ha

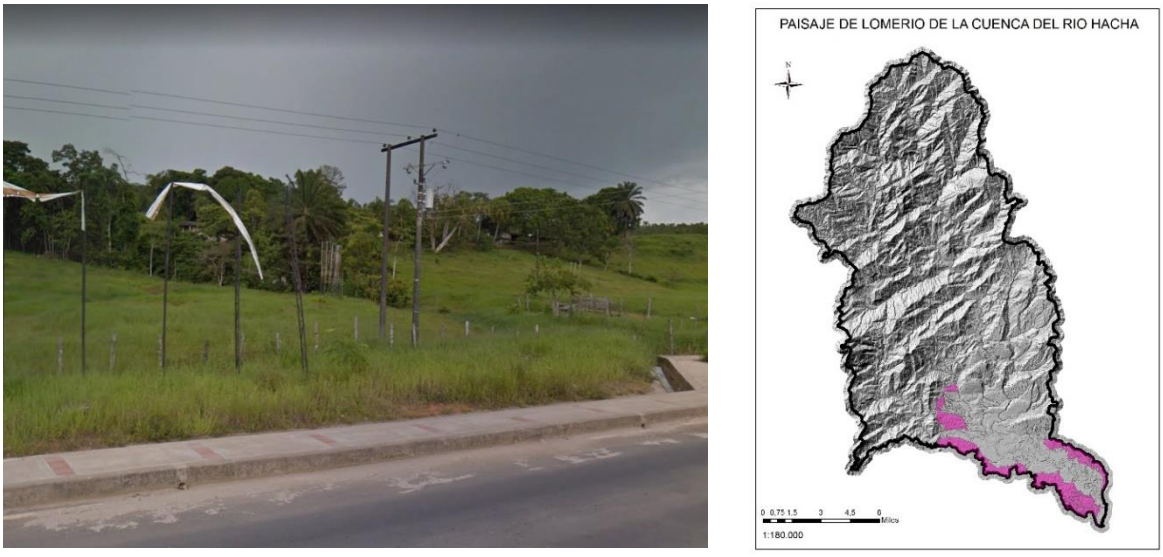
✓ Forma del terreno de Vega. La vega corresponde a la porción de tierra más baja del vallecito, que bordea ambas márgenes de la corriente principal, periódicamente inundable que cede y recibe continuamente aluviones de lecho (pedregones, piedras, cantos, gravas, arenas), impidiendo el desarrollo de suelo y vegetación (Adaptado de IGAC, 2005). Cubre un área de 1990,37 Ha.

Fotografía 80. Vallecitos de montaña, a la izquierda se observa la vega

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

- Paisaje de Lomerío. El paisaje de Lomerío se define como una superficie disectada conformada principalmente por lomas y colinas donde las cimas de las geoformas están aproximadamente al mismo nivel. En la cuenca del río Hacha se encuentra en parte de Florencia, y las veredas Damas abajo, Colombia, Juan del Barro, San José de los Canelos y Capitolio, ocupa una extensión de 2110,70 Ha. Hacen parte del paisaje de Lomerío los tipos de relieve de Lomas y Vallecitos los cuales se describen a continuación.

Fotografía 81. Paisaje de Lomerío



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

– Tipo de relieve de Lomas. Las lomas son un tipo de relieve de disección, de poca a media altura (menor a 300 metros con respecto a su nivel de base local), con circunferencia basal alargada y relieve formado de dos vertientes que se inclinan en dirección opuesta, con cimas amplias y redondeadas y conformadas por rocas sedimentarias principalmente areniscas, arcillolitas y conglomerados. Se encuentran principalmente en las veredas Damas abajo, Colombia, Juan del Barro, San José de los Canelos y Capitolio, ocupando una extensión de 2032,7 Ha.

Fotografía 82. Tipo de relieve de Lomas

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

✓ Forma del terreno de Cima y Ladera. Es la principal forma del terreno de las lomas y corresponde a formas onduladas, que presenta laderas suavizadas de pendientes cortas, de formas cóncavas, convexas e irregulares que en su mayoría poseen pendientes entre el 12% y 25% de inclinación y pequeños sectores en la parte alta que configuran cimas redondeadas de menor inclinación. Cubre un área de 2032,7 Ha.

– Tipo de relieve de Vallecito de Lomerío. El vallecito del paisaje de lomerío, es un tipo de relieve correspondiente a una porción de espacio alargada, relativamente plana y estrecha, intercalada entre dos laderas de lomas y que tiene como eje a un curso de agua. Su área está influenciada por lo aportes longitudinales de sedimentos finos a medios acarreados por el río principal. Se encuentran principalmente en las veredas Damas abajo, Colombia, Juan del Barro, San José de los Canelos y Capitolio, ocupando una extensión de 77,96 Ha.

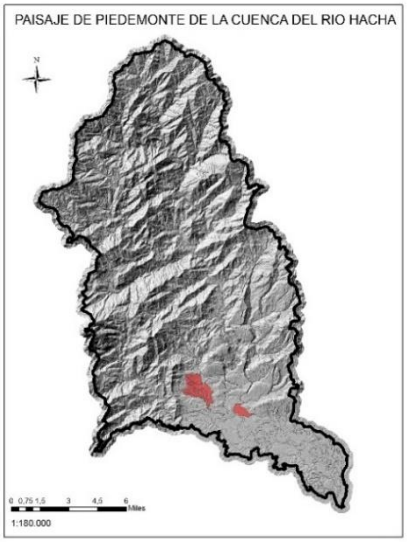
Fotografía 83. Vallecitos de Lomerío, con líneas rojas y símbolo LVAV las vegas.

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

✓ Forma del terreno de Vega. La vega de los vallecitos del paisaje de Lomerío corresponde a la porción de tierra más baja del vallecito, que bordea ambas márgenes de la corriente principal, frecuentemente inundable que cede y recibe continuamente aluviones de lecho (arenas, limos y arcillas). Cubre un área de 77,96 Ha.

- Paisaje de Piedemonte. Corresponde a una superficie inclinada situada al pie de las laderas del paisaje de montaña. Definido básicamente por su posición intermedia entre la montaña, el lomerío y la planicie. En la cuenca del río Hacha se encuentra en las veredas excepto en las veredas Caldas y Florencia, ocupa una extensión de 230,37 Ha. Hacen parte del paisaje de Piedemonte, los tipos de relieve de Abanico y Vallecito los cuales se describen a continuación.

Fotografía 84. Paisaje de Piedemonte en las afueras de Florencia



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

– Tipo de relieve de Abanico. El abanico es un tipo de relieve que debe su nombre a su forma característica semicircular, semejante a la de aquel pequeño instrumento femenino para hacer aire, con su parte superior más estrecha y empinada, la cual a menudo se extiende a un tanto hacia la montaña siguiendo el cauce de la corriente que lo depositó. Más abajo aparece la porción intermedia, que cubre la mayor superficie; y finalmente el tramo distal, una franje angosta y suavemente inclinada que gradualmente se confunde con la llanura contigua sobre la cual se explaya la unidad. (IGAC, 2005). Se ha desarrollado sobre sedimentos aluviales que conforman las formas del terreno de Ápice, Cuerpo y Base. Se encuentra en parte de Florencia y la vereda Caldas, ocupando un área de 203,97 Ha.

Figura 120. Abanico de Piedemonte, con acelerado desarrollo urbano en Florencia

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

✓ Forma del terreno de Ápice. El ápice corresponde a la primera zona de aporte de material que constituye el abanico, posee mayor pendiente que el resto de partes del abanico y está compuesto por gravas en una matriz lodosa y suele presentar pedregosidad en superficie. Cubre un área de 60,85 Ha.

✓ Forma del terreno de Cuerpo. El cuerpo del abanico constituye la mayor parte del abanico aluvial y es la segunda zona de aporte de material que lo constituye, tiene una menor pendiente que el ápice y está compuesto por arenas, arcillas y limos y a diferencia del ápice, no presenta pedregosidad en superficie. Cubre un área de 132,49 Ha.

✓ Forma del terreno de Base. La base del abanico hace referencia a la última zona de aporte de material que lo constituye, posee una menor pendiente que el cuerpo y está compuesto por materiales mucho más finos, su topografía plana se confunde con el valle contiguo. Cubre un área de 10,63 Ha.

– Tipo de relieve de Vallecito de Piedemonte. El vallecito de piedemonte es un tipo de relieve correspondiente a una porción de espacio alargada, relativamente plana y estrecha, intercalada entre dos pequeños entalles del abanico y que tiene como eje a un curso de agua. Se ha desarrollado sobre sedimentos aluviales finos, originando la forma del terreno de vega. Su área está influenciada por lo aportes longitudinales de sedimentos acarreados por el río principal. Se encuentra en parte de Florencia y la vereda Caldas, cubriendo un área de 26,39 Ha.

Fotografía 85. Vegas de los Vallecitos de Piedemonte

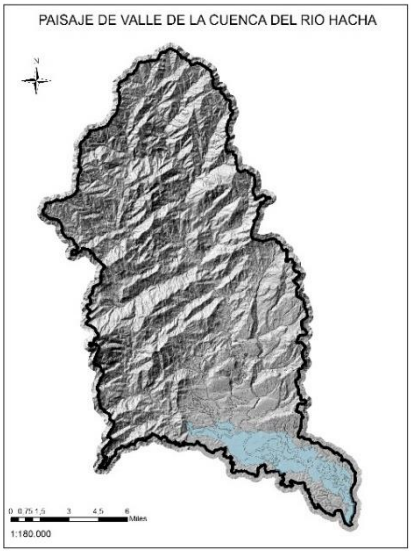
Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

✓ Forma del terreno de Vega. La vega corresponde a la porción de tierra más baja del vallecito de piedemonte, que bordea ambas márgenes de la corriente principal, periódicamente inundable que cede y recibe continuamente aluviones de lecho (arenas, limos y arcillas). Ocupa un área de 26,39 Ha.

– Paisaje de Valle. El paisaje de valle es una porción de terreno alargada y plana, intercalada entre dos zonas circundantes de relieve más alto (p.e. piedemonte, lomerío, o montaña). Un valle está generalmente drenado por un solo río y son frecuentes las confluencias de corrientes de agua. Para su reconocimiento, un valle debe tener un sistema de terrazas que, en su mínima expresión, compuesta por lo menos por una vega y una terraza baja. En ausencia de terrazas, se trata simplemente de un entalle fluvial, el cual queda expresado en un mapa por la red hidrográfica (Zinck, 2012). En la cuenca del río Hacha se encuentra en parte de Florencia y de las veredas Capitolio y San José de Canelos, ocupa una extensión de 2836,29 Ha. Hacen parte del paisaje de Valle, los tipos de relieve de Terraza

nivel 2, Terraza nivel 1 y Plano de inundación los cuales se describen a continuación.

Fotografía 86. Paisaje de Valle, a la izquierda y en el fondo cubetas de desborde



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

- Tipo de relieve de Terraza nivel 2. Es una terraza más antigua que la terraza aluvial nivel 1 del paisaje de valle, este tipo de relieve se produjo por una fluctuación que pudo sufrir el nivel de base de erosión local, por lo que su localización es más alta altitudinalmente con respecto a la terraza aluvial nivel 1, está conformada principalmente de sedimentos finos, limita con la terraza aluvial nivel 1 por un talud. Se encuentra en parte de Florencia y la vereda Juan del Barro, con un área de 116,37 Ha. Posee la forma del terreno de Plano de terraza la cual se describe a continuación.

Fotografía 87. Plano de las Terraza Nivel 2

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

✓ Forma del terreno de Plano de Terraza. El plano de terraza es la una superficie plana y alargada de la terraza nivel 2, es un remanente de una fluctuación que pudo sufrir el nivel de base de erosión local, limitada por un talud que la separa de la terraza aluvial nivel 1. Cubre un área de 116,37 Ha.

– Tipo de relieve de Terraza nivel 1. La terraza aluvial nivel 1 es la terraza más joven del paisaje de valle, este tipo de relieve se produjo por la ultima fluctuación que pudo sufrir el nivel de base de erosión local, está conformada principalmente de sedimentos de granulometría variada, aunque con predominio de las texturas finas, limita con el plano de inundación por un talud. Se encuentra en parte de Florencia y la vereda Capitolio, con un área de 1107,96 Ha. Posee la forma del terreno de Plano de terraza la cual se describe a continuación.

Fotografía 88. Tipo de relieve de Terraza nivel 1, en el sector del Aeropuerto de Florencia

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

✓ Forma del terreno de Plano de Terraza. El plano de terraza nivel 1, al igual que en la terraza nivel 2, es la una superficie plana y alargada, es un remanente de una fluctuación que pudo sufrir el nivel de base de erosión local, limitada por un talud que la separa del plano de inundación. Cubre un área de 1107,96 Ha.

– Tipo de relieve de Plano de inundación. Corresponde al tipo de relieve más joven del paisaje de valle, de edad actual a subactual, sujeto a inundaciones periódicas, anuales o bianuales. Se encuentra en parte de Florencia y las veredas Capitolio y San José de Canelos, con un área de 1611,95 Ha. Posee las formas del terreno de Cubeta de desborde, orillares, meandros abandonados y vega las cuales se describe a continuación.

Fotografía 89. Plano de inundación

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

✓ Forma del terreno de Cubeta de desborde. La cubeta de desborde corresponde a la zona de posición baja, plana a ligeramente cóncava, ancha, ovalada (Zinck, 2012), que favorece el estancamiento de las aguas de desborde, las cuales se desplazan inicialmente hacia los tramos más bajos, para finalmente quedar cubierta durante un cierto periodo. Cubre un área de 964,49 Ha.

✓ Forma del terreno de orillares. Los orillares son formas del terreno cóncavo-convexa, alargada y curvada, a modo de patrones de surcos y camellones de diversa amplitud y desnivel, que se forman en la orilla interna de los meandros mediante la depositación sucesiva de capas integrados por aluviones relativamente finos (arenas finas, limos), sustraídos del lecho por un flujo lateral superficial. Después de una inundación, las áreas cóncavas suelen quedar cubiertas con aguas estancadas, produciéndose la decantación de sus aluviones más finos con lo cual les comunican el aspecto de pantanos estrechos y alargados Cubre un área de 183,06 Ha.

✓ Forma del terreno de meandros abandonados. Comprende tramos del lecho del río correspondiente a una curva de meandro abierta o cerrada de meandro, cuyo corte o aislamiento ocurre cuando la corriente puede acortar su curso, incrementando localmente su pendiente. El taponamiento de sus extremos es rápido y tiene lugar por la acumulación de sedimentos del propio lecho Cubre un área de 105,13 Ha.

✓ Forma del terreno de Vega. La vega corresponde a la porción de tierra más baja del valle, que bordea ambas márgenes de la corriente principal, periódicamente inundable que cede y recibe continuamente aluviones de lecho (arenas, limos y arcillas) Cubre un área de 359,25 Ha.

3.9.2.3 Morfogenesis. El origen de las geoformas presentes en la cuenca del río Hacha está asociada al levantamiento de la Cordillera oriental (Orogenia andina), el afloramiento más extenso del precámbrico de la zona andina colombiana (macizo de garzón) y la posterior erosión y sedimentación.

Tabla 190. Paisajes, tipo de relieve y litología /sedimentos

AMBIENTE	TIPO DE RELIEVE	MATERIAL PARENTAL	FORMA DEL TERRENO
Estructural/erosional	Crestón	ROCAS SEDIMENTARIAS (areniscas, arcillolitas y conglomerados)	Frente
			Reves
			Escarpe
	Cuesta	ROCAS SEDIMENTARIAS (areniscas, arcillolitas y conglomerados)	Reves
			Frente
			Escarpe
	Fila y vigas	ROCAS ÍGNEAS (granito) Y METAMÓRFICAS (gneises cuarzofeldespáticos)	Ladera
			Escarpe
Denudacional	Lomas	ROCAS SEDIMENTARIAS (areniscas, arcillolitas y conglomerados)	Cima y ladera
Deposicional	Valle estrecho	Sedimentos aluviales	Plano de terraza
			Vega
	Vallecitos	Sedimentos aluviales	Vega
	Abanico	Sedimentos aluviales	Apice
			Cuerpo
			Base
	Terraza nivel 2	Sedimentos aluviales	Plano de terraza
	Terraza nivel 1	Sedimentos aluviales	Plano de terraza
			Bajo
	Plano de inundación	Sedimentos aluviales	Cubeta de desborde
			Orillares
			Meandros abandonados con cauce semilunar
			Vega

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

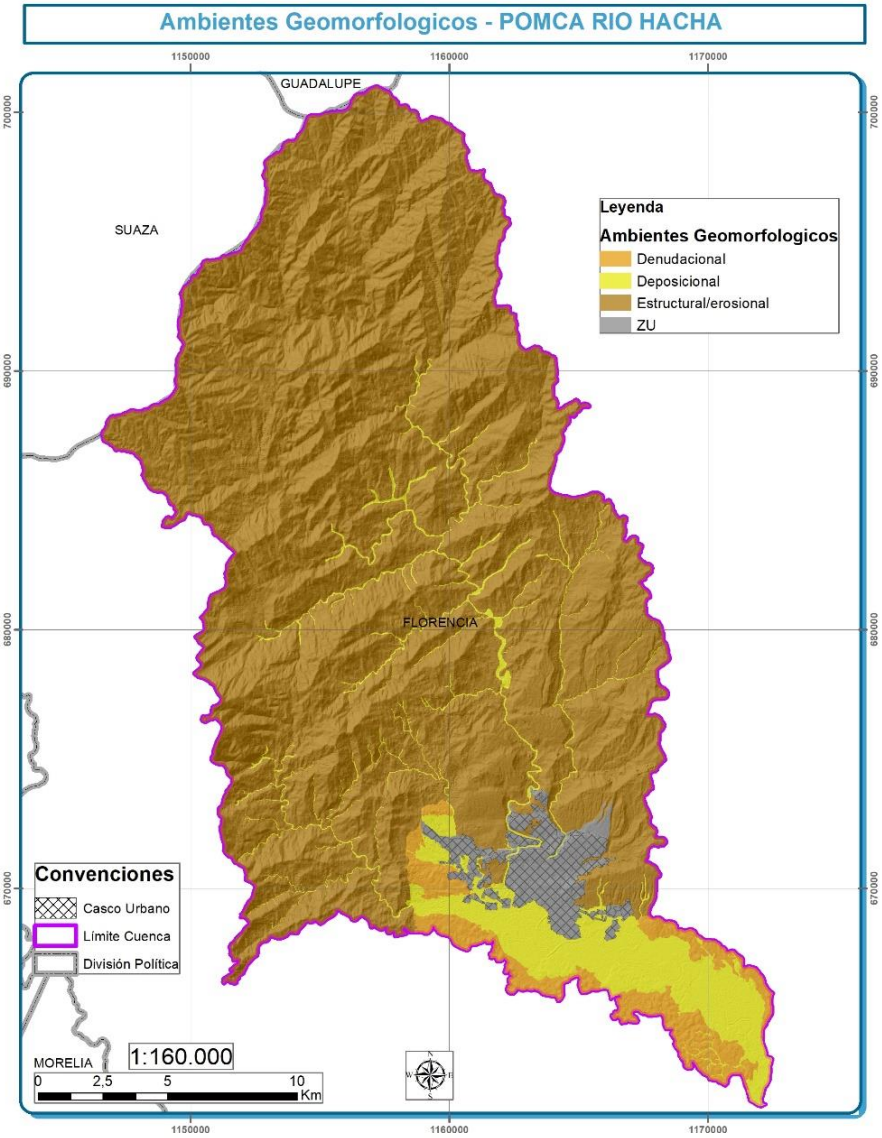
Se identificaron tres (3) ambientes geomorfológicos que enmarcan la morfogénesis de la cuenca así (Figura 121):

- Ambiente estructural/Erosional: Ambiente controlado por la geodinámica interna a través de la tectónica (basculamiento, plegamiento, corrimiento y fallamiento), lo que generó en las rocas sedimentarias los crestones y las cuestas y en las rocas ígneas y metamórficas las filas y vigas. Las geoformas con morfogénesis Estructural/Erosional cubren un área de 41205,43 Ha.

- Ambiente Denudacional: Controlado por procesos de disección y remoción de materiales transportados por el agua, los movimientos en masa y la gravedad, lo que generó en las rocas sedimentarias un estado avanzado de disección conformando las actuales lomas. Las geoformas con morfogénesis denudacional cubren un área de 2032,74 Ha.

- Ambiente Deposicional: Controlado por la deposición de materiales detríticos, transportados por agua, movimientos en masa y la gravedad, generando los valles estrechos, vallecitos, abanicos, terrazas y planos de inundación. Las geoformas con morfogénesis deposicional cubren un área de 5233,71 Ha.

Figura 121. Ambientes geomorfológicos



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

3.9.2.4 Morfografia y Morfometria. Los atributos morfográficos son esencialmente descriptivos. Describen la geometría de las geoformas en términos topográficos y planimétricos. Se utilizan corrientemente para identificación automatizada de ciertos rasgos de las geoformas a partir de MDE (Hengl, 2003).

La morfometría abarca los rasgos dimensionales de las geoformas, derivados de una representación numérica de la topografía (Pike, 1995; Pike & Dikau, 1995). Procedimientos computarizados permiten la extracción a partir de los MDE y la medición de una variedad de parámetros morfométricos, algunos de carácter local y otros de carácter regional, incluyendo pendiente, hipsometría, orientación, exposición visual, insolación, curvatura tangencial, curvatura de perfil, características de cuenca hidrográfica (superficie, altura, pendiente), y rugosidad (Gallant & Hutchinson, 2008; Olaya, 2009). Si bien muchos de estos parámetros tienen aplicación en topografía, hidrografía, climatología, arquitectura, urbanismo, y otras áreas, sólo algunos contribuyen realmente a la caracterización de las formas de terreno, en particular la altura relativa, la densidad de drenaje, y el gradiente de las pendientes. Estos son atributos subordinados, no diagnósticos, los cuales pueden ser utilizados a cualquier nivel categórico con peso variable.

- Relieve relativo. Este factor representa la rugosidad natural del terreno, el cual es definido como la mayor diferencia de alturas por unidad de área. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

Rr = (altura máxima – altura mínima) / unidad de área

Los valores de relieve Rr también pueden ser expresados como valores de pendientes, ya que, con los datos de entrada, se calculan las pendientes ya sea en grados o en porcentaje. Una vez calculado el Rr, el valor de peso de este se asigna en la Tabla 191.
0

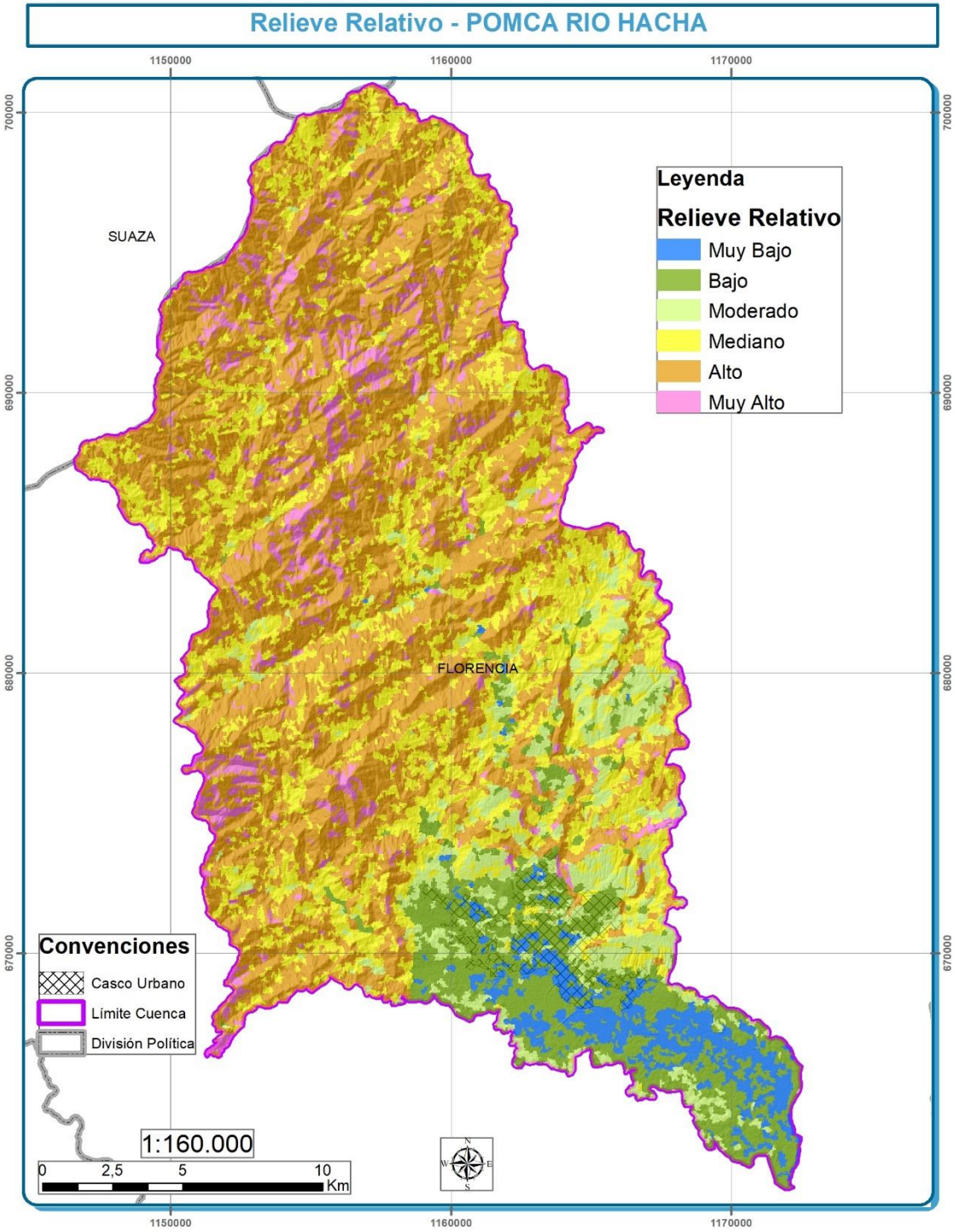
Tabla 191. Clasificación de relieve relativo.

Relieve relativo (m/km^2)	Pendiente (%)	Pendiente en grados	Calificativo
0 - 75	0 - 7,5	0 - 4,29	Muy Bajo
76 - 175	7,6 - 17,5	4,30-9,93	Bajo
176 - 300	17,6 - 30	9,94 - 16,70	Moderado
301 - 500	30,1 - 50	16,71 - 26,57	Mediano
501 – 800	50,1 - 80	26,58 - 38,66	Alto
> 800	> 80, 1	> 38,66	Muy Alto

Fuente: Modificado de SNET, 2004

El relieve relativo del área de estudio y los porcentajes presentes de cada unidad se observan en la Tabla 192 y la Figura 122.

Figura 122. Mapa de distribución del relieve relativo de la cuenca alta del río Hacha



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 192. Relieve relativo en la cuenca alta del río Hacha

Relieve relativo	Descripción	Área (Ha)	%
Muy Bajo	Zonas de depositación de sedimentos (plano de inundación).	1909,78	3,81
Bajo	Laderas en proceso de denudación como terrazas, abanicos y lomas.	4763,25	9,52
Moderado	Laderas estructurales (revés de cuestas y crestones).	3536,33	7,06
Mediano	Parte baja de laderas de filas y vigas.	12194,78	24,37
Alto	Parte alta y media de Laderas de filas y vigas.	24490,66	48,95
Muy Alto	Escarpes de filas y vigas	3128,72	6,25

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

El relieve relativo alto es el más abundante en la cuenca, con el 48,95%, se asocia a la parte alta y media de las laderas de las filas y vigas; es seguido por el relieve relativo mediano que se asocia a la parte baja de las laderas de filas y vigas (24,37%), mientras que las geoformas de terrazas, abanicos y lomas con el 9,52% representan el relieve relativo bajo. Ya con menor porcentaje se encuentran los relieves relativos moderados, (7,06%), muy alto (6,25%) y muy bajo (3,81%).

– Inclinación de las laderas. Para calcular las pendientes se procesaron los valores de altura y se clasificaron según los rangos que se observan en la Tabla 193.

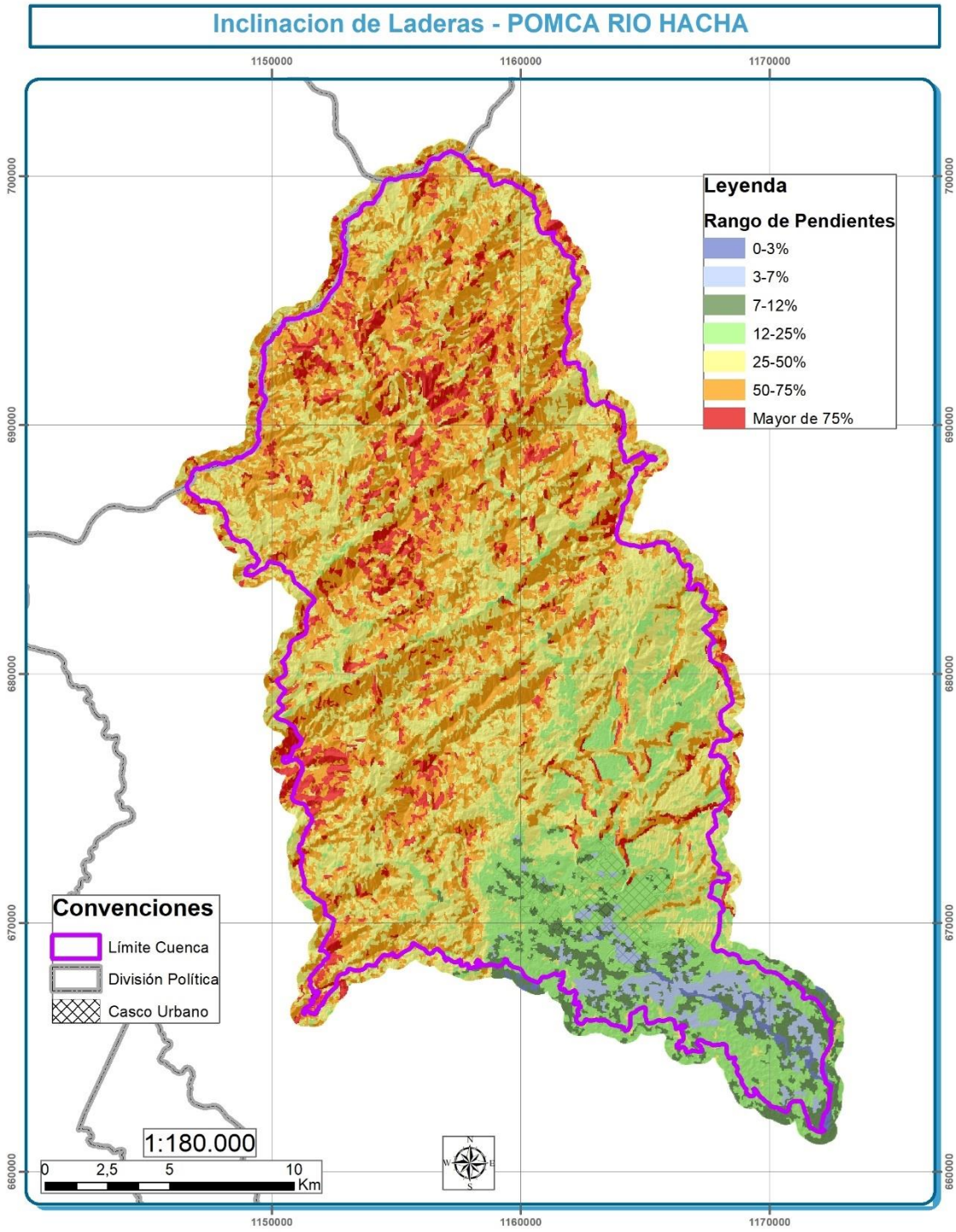
Tabla 193. Inclinación de laderas en la cuenca del río Hacha.

Rango (%)	Descripción	Área (ha)	%
0-3	Ligeramente plana	188,59	0,37
3-7	Ligeramente inclinada	1130,96	2,26
7-12	Moderadamente inclinada	1505,84	3,01
12-25	Fuertemente inclinada	6648,38	13,29
25-50	Ligeramente escarpada o ligeramente empinada	18120,55	36,22
50-75	Moderadamente escarpada o moderadamente empinada	17836,54	35,65
>75	Fuertemente escarpada o fuertemente empinada	4592,68	9,18

Fuente: Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA, Dic-2012

A partir de esto se concluye que en el área de estudio prevalecen las pendientes Ligeramente escarpadas, con pendientes entre el 25 y 50% (36,22%) y las pendientes moderadamente Escarpada, con pendientes entre el 50 y 75% (35,65%), con menor porcentaje se encuentran las laderas fuertemente inclinadas, con pendientes entre el 12 y 25% (13,29%) y las fuertemente escarpadas con pendientes superiores al 75% (9,18), ya en mucho menor porcentaje se encuentran las laderas entre moderadamente inclinadas, ligeramente inclinadas y ligeramente planas con 3,01, 2,26 y 0,37% respectivamente (Ver Figura 123).

Figura 123. Mapa de distribución de la inclinación de las laderas de la cuenca del río Hacha

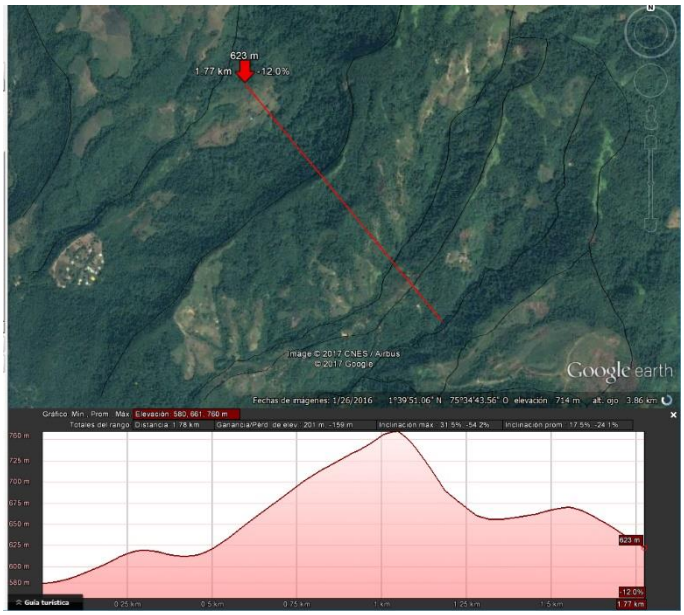


Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

– Atributos morfográficos y morfométricos

– Crestones. Poseen tres formas del terreno, los reveses, los frentes y los escarpes. Los reveses tienen pendientes generalmente muy largas (más de 300 metros) y rectas, con una inclinación de varía entre 25% y 50%, patrón de drenaje paralelo y alto grado de diseccion. Los frentes tienen pendientes largas (100-300 metros) pero irregulares debido a la alternación de estratos duros y blandos, con inclinación generalmente superior al 50% y patrón de drenaje paralelo. Los escarpes poseen pendientes cortas (menos de 50 metros) e irregulares, con patrón de drenaje paralelo y alto grado de diseccion que no permite el desarrollo de mantos de meteorización.

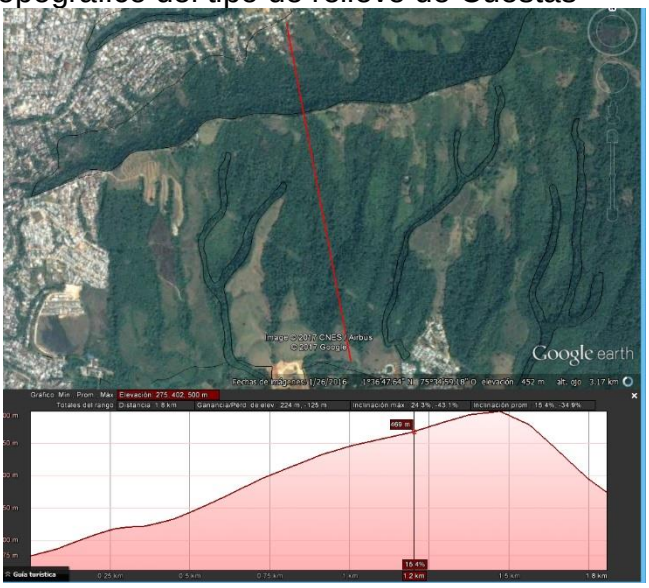
Figura 124. Perfil topográfico del tipo de relieve de Crestones



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

– Cuestas. Al igual que en los crestones, poseen tres formas del terreno, los reveses, los frentes y los escarpes. En el caso de las cuestas, los reveses tienen pendientes generalmente muy largas (más de 300 metros) y rectas, con una inclinación menor a la de los crestones, la cual varía entre 12% y 25%, con patrón de drenaje paralelo y alto grado de disección. Los frentes tienen pendientes largas (100-300 metros) pero irregulares debido a la alternación de estratos duros y blandos, con inclinación generalmente superior al 50% y patrón de drenaje paralelo. Los escarpes al igual que en los crestones, poseen pendientes cortas (menos de 50 metros) e irregulares, con patrón de drenaje paralelo y alto grado de diseccion en los cuales son frecuentes los afloramientos rocosos.

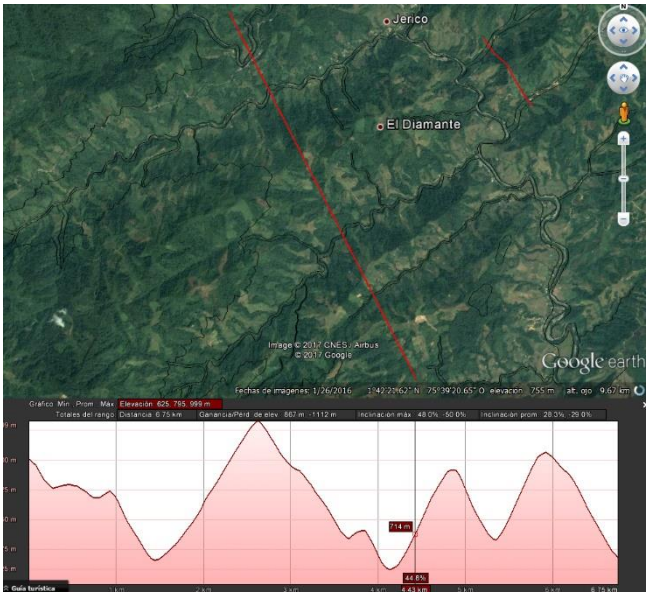
Figura 125. Perfil topográfico del tipo de relieve de Cuestas



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

- Filas y vigas. Poseen dos formas del terreno, las laderas y los escarpes. Las laderas tienen pendientes generalmente muy largas (más de 300 metros) y rectas, con una inclinación entre 50% y 75% en la parte alta y entre 25% y 50% en la parte baja, cerca al contacto con los vallecitos, mientras que los escarpes tienen pendientes cortas (<50 metros) y rectas, con inclinación generalmente superior al 75%. El patrón de drenaje es dendrítico.

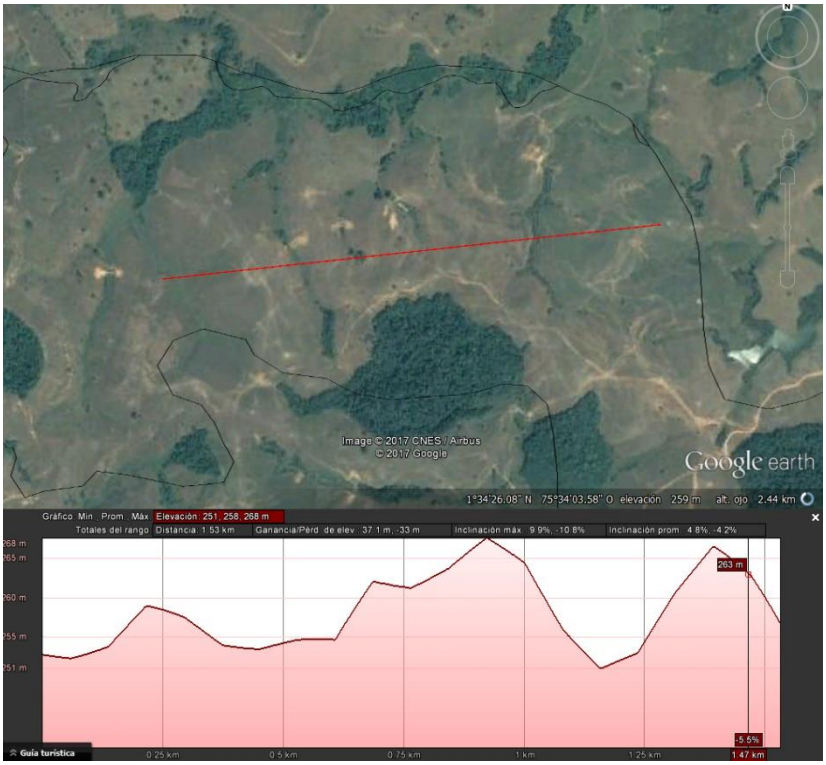
Figura 126. Perfil topográfico del tipo de relieve de Filas y vigas



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

– Lomas. En las lomas se distinguen dos posiciones geomorfológicas que son las cimas y las laderas, sin embargo por efecto de la escala, se han unido en una sola. En general las cimas son amplias en forma de domo, con pendientes generalmente cortas (<50 metros) y convexas, con una inclinación entre 7% y 12%, mientras que las laderas tienen pendientes medias (50-100 metros) y complejas, con inclinación entre 12% y 25%. En general el patrón de drenaje es dendrítico.

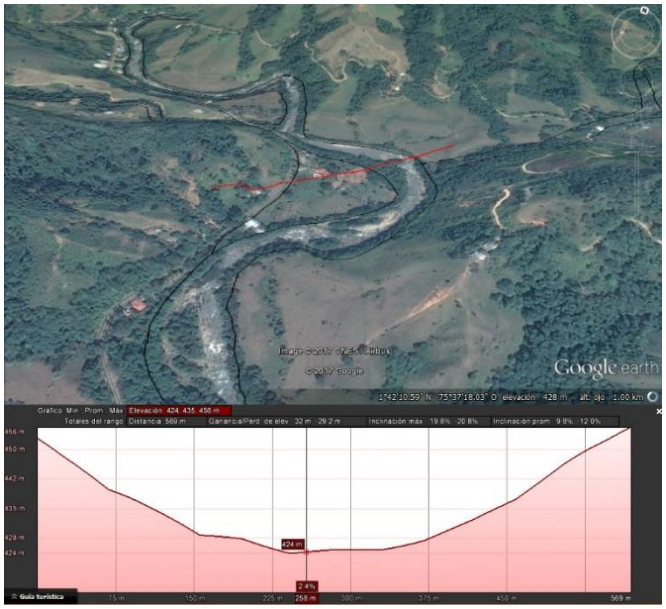
Figura 127. Perfil topográfico del tipo de relieve de loma



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

– Valle estrecho. Corresponde a un sector de la parte media del rio Hacha, en el cual ha dejado evidencias de antiguos niveles de sedimentación, los cuales en la actualidad han sido cortados por las aguas del mismo rio. Se distinguen en el las posiciones geomorfológicas de terraza nivel 1 y las vegas. En general las terrazas nivel 1 se localizan en curvas pronunciadas del rio, de laderas de pendiente generalmente medias (50-100 metros) y recta, con una inclinación entre 0% y 3%, mientras que en las vegas son de pendientes transversales cortas (<50 metros) y concavas, con inclinación entre 0% y 3%. En general el patrón de drenaje es dendrítico.

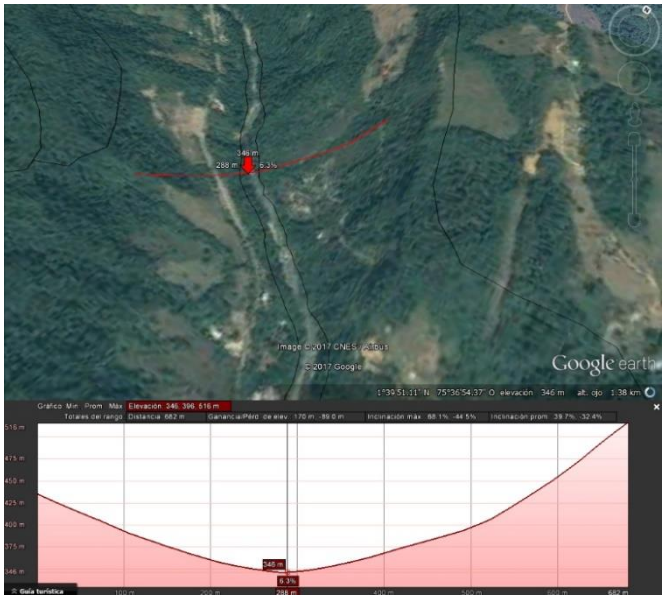
Figura 128. Perfil topográfico del tipo de relieve de Valle estrecho



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

– Vallecitos. Corresponde a las geoformas aluviales que se han generado en las laderas contiguas de las quedradas y ríos de la cuenca, que no dan el tamaño suficiente para formar terrazas. Se distingue en estosvallecitos las vegas, de laderas transversales de pendiente generalmente cortas (<50 metros) y cóncava, con una inclinación entre 0% y 3%, En general el patrón de drenaje es dendrítico.

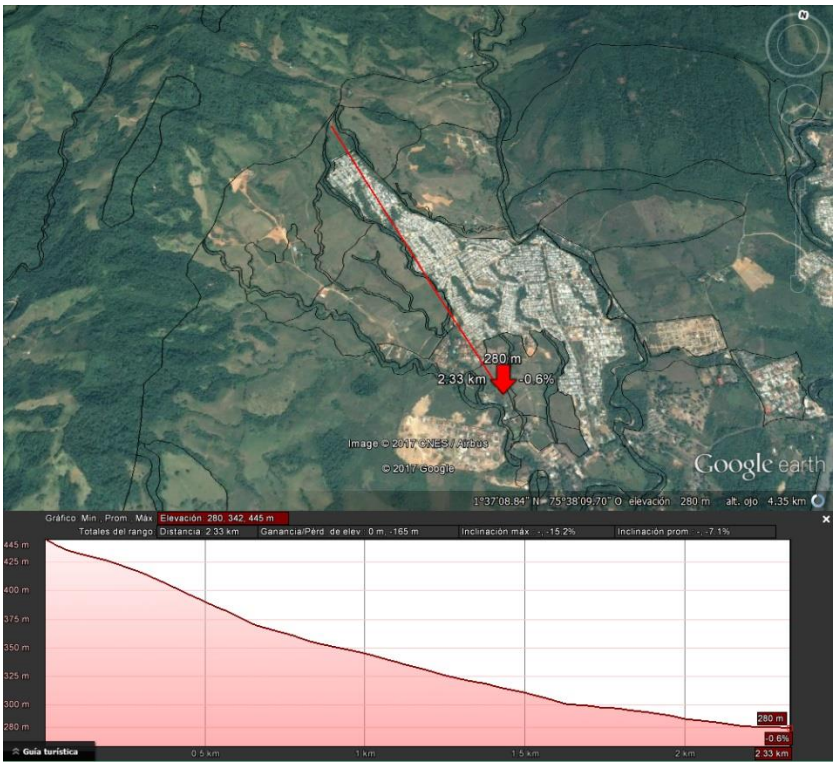
Figura 129. Perfil topográfico del tipo de relieve de Vallecito



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

– Abanico. Es una geoforma de origen aluvial en la cual se reconocen tres formas del terreno, el ápice, el cuerpo y la base. El apice generalmente es angosto, de laderas generalmente muy largas (>300 metros) y cónvexas, con una inclinación entre 12% y 25%. El cuerpo es la forma del terreno más amplia del abanico, de laderas muy largas y convexas, con una inclinación ligeramente menor que le ápice, por último y al final, la base con una inclinación menor al cuerpo. El abanico posee un patrón de drenaje, En general el patrón de drenaje es subdendrítico.

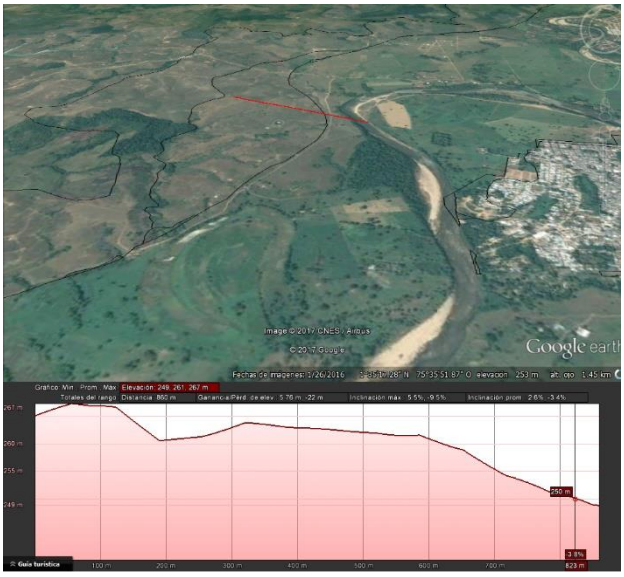
Figura 130. Perfil topográfico del tipo de relieve de Abanico



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

– Terraza nivel 2. Corresponde a antiguas geoformas aluviales depositada por el rio Hacha se reconocen en ella los planos y los taludes, sin embargo por efecto de escala se separaron solo los planos. Los planos son de laderas muy largas (>300 metros) y planas, con una inclinación entre 3% y 12%, debido a su grado de disección y antigüedad. Los taludes, angostos, cortos y de pendientes entre 12% y 25%, limitan con las terrazas nivel 1. En general el patrón de drenaje de las terrazas es dendrítico.

Figura 131. Perfil topográfico del tipo de la terraza nivel 2



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

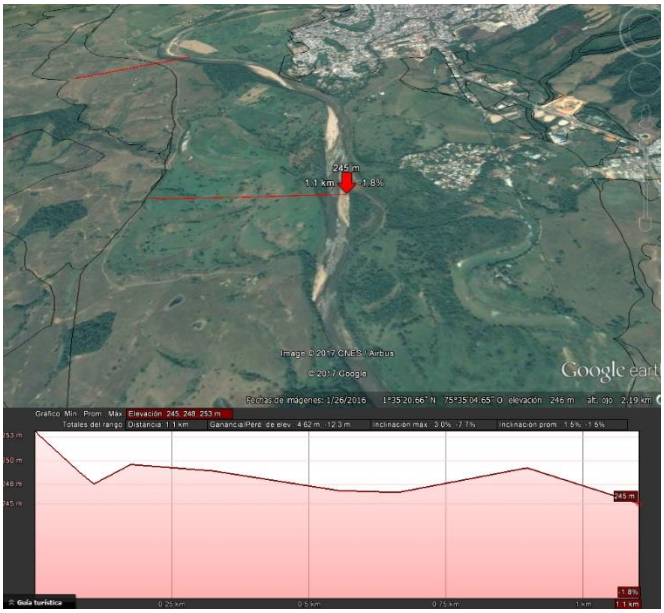
- Terraza nivel 1. Al igual que la terraza nivel 2, corresponde a una geoforma aluvial depositada por el rio Hacha, tambien se reconocen en ella los planos y los taludes, sin embargo por efecto de escala se separaron solo los planos. Los planos son de laderas muy largas (>300 metros) y planas, con una inclinación entre 3% y 12%. Los taludes, angostos, cortos y de pendientes entre 12% y 25%, limitan con la vega del rio Hacha. En general el patrón de drenaje de las terrazas es dendrítico.

Figura 132. Perfil topográfico del tipo de la terraza nivel 1

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

– Plano de inundación. Es la zona aledaña al rio Hacha que en época de lluvias sufre desbordamientos, en ella se reconocen la vega, los meandros abandonados, los orillares y las cubetas de desborde, las vegas son de laderas cortas y cóncavas, constantemente bañadas por aguas del rio, los meandros abandonados corresponden a antiguos cauces del rio que fueron truncados y que se observan en la actualidad como pequeños lagos, de laderas cortas y cóncavas, los orillares se presentan muy cerca al cauce del rio como bancos arenosos y bajos limosos, de laderas cortas y complejas y por ultimo las cubetas de desborde amplias confinadas y de topografía cóncava.

Figura 133. Perfil topográfico del tipo de relieve de Plano de inundación



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

3.9.2.5 Morfocronología. Los Andes suramericanos forman las condiciones ecológicas de la mayor parte de la región, por tanto es importante conocer su surgencia y las características plasmadas en el continente. La región colombiana es fuertemente influenciada por la tectónica de placas, viéndose sus dinámicas geomorfológicas marcadas por las interacciones de la placa de Nazca, la placa de los Cocos, la placa Suramericana, la placa Caribe y la placa de Panamá, que han generado fallamientos y surgencias en las zonas del Chocó en donde se presenta una subducción y en la zona andina donde se presenta toda una línea de fallamientos.

Posee un basamento precámbrico con una complicada historia geológica de sucesivos eventos orogénicos en el Proterozoico y Paleozoico. Rocas ígneas y sedimentarias en el Mesozoico y rocas sedimentarias en el Terciario definen en

parte sus características geográficas actuales. En esta cordillera se localizan algunos macizos dentro del que se encuentra el de Garzón.

El macizo de Garzón forma parte de terrenos metamórficos formados durante el precámbrico. Estos terrenos extendieron la placa donde se posicionaron gracias a los procesos de orogenia (1300-1000 m.a.), formando las actuales filas y vigas. En el Paleozoico inferior se llevaron procesos de sedimentación, aportando grandes cargas de sedimentos. Posteriormente se erosiono esta franja (Terciario superior) modificando y desplazando cargas sedimentarias al exterior de la placa. Esta orogenia afecto las rocas sedimentarias del terciario dando origen a los actuales crestones y cuestas.

Posteriormente en el cuaternario el rio Hacha formó el valle, el cual ha dejado como evidencia del descenso de nivel de base de erosión dos niveles de terrazas; actualmente deambula por el plano de inundación en el cual se observan meandros abandonados, orillares y cubetas de desborde.

3.9.2.6 Morfodinámica. Es el estudio de una serie de procesos endógenos (causados por la actividad tectónica) y exógenos (causados por acción de la gravedad, viento, agua, hielo, hombre, etc.) y su acción a través del tiempo lo que permite que los agentes morfogenéticos modelen las formas de la superficie terrestre. Los procesos morfodinámicos comprenden una sucesión de eventos como la erosión de las rocas, el transporte de los materiales removidos y la deposición de este material. Como principales eventos se encuentran la erosión y los procesos de remoción en masa.

– Procesos Erosivos. La erosión es la remoción de las partículas de las rocas por la acción del viento, el agua, los procesos fluviales, marítimos, glaciales o la acción de los seres humanos. En la cuenca del rio Hacha, se identificaron diferentes grados de erosión hídrica, los cuales se describen a continuación.

– Erosión Hídrica ligera. Consiste en una erosión superficial donde se pierde aproximadamente el 25% del horizonte A del suelo, que se transporta con el flujo de agua en forma de láminas, ocurre cuando la intensidad de la precipitación excede la infiltración o bien cuando el suelo se satura de agua, lo que da lugar a un exceso de agua en la superficie. Se presenta generalmente en pendientes entre el 12 y 50% donde aparecen bosques fragmentados con cultivos y pastos, mosaicos de cultivos con espacios naturales, pastos arbolados. También es frecuente en pendientes entre 50 y 75% con vegetación secundaria alta de tierra firme y sectores de bosques altos de tierra firme muy intervenidos.

Fotografía 90. Erosión hídrica ligera

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

- Erosión Hídrica Moderada. Consiste en una erosión superficial donde se pierde aproximadamente entre el 25% y el 75% del horizonte A del suelo, que se transporta con el flujo de agua, al igual que en la erosión hídrica ligera, ocurre cuando la intensidad de la precipitación excede la infiltración o bien cuando el suelo se satura de agua, lo que da lugar a un exceso de agua en la superficie generándose desprendimiento y arrastre de las partículas de suelo. Se observó generalmente en pendientes entre 12 y 50% de zonas taladas y quemadas, zonas de pendientes entre 50 y 75% con pastos enmalezados y limpios y zonas de pendiente mayor al 75% con vegetación secundaria alta y bosques altos de tierra firme moderadamente intervenidos.

Fotografía 91. Erosión hídrica moderada

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

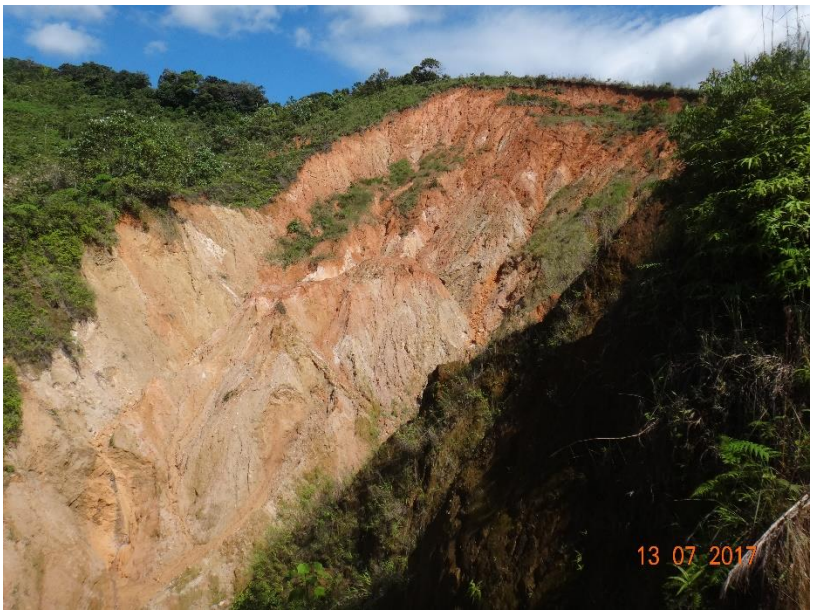
- Hídrica Severa. Es una erosión superficial donde se pierde todo el horizonte A y parte del horizonte B, que se transporta con el flujo de agua, ocurre en estados avanzados de degradación en zonas que han pasado por erosión ligera y moderada o en zonas muy susceptibles a la degradación y que han sido intervenidas sin medidas de manejo. En la cuenca del rio Hacha, se presenta en áreas identificadas como tierras desnudas y degradas y pastizales, cultivos y zonas quemadas en pendientes superiores al 75%.

Fotografía 92. Erosión hídrica severa

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

- Procesos de Movimientos en Masa. Se definen como el conjunto de procesos denudativos relacionados con la deformación del terreno y el desplazamiento más o menos rápido y localizado de diferentes volúmenes de suelo, detritos, bloques y masa rocosas cuesta abajo por incidencia de la gravedad o movimientos sísmicos y con la participación de agua del suelo, hielo y otro agentes. Los deslizamientos son unas de las formas más violentas de remoción en masa, se presentan casi exclusivamente en las filas y vigas del paisaje de montaña, con un par de eventos localizados en frentes y revés de cuestas y crestones.

Fotografía 93. Deslizamientos



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

3.9.3 Conclusiones

- En la cuenca del río Hacha se encuentran dos provincias geomorfológicas: La Provincia de la Cordillera Oriental y La Provincia de La Amazonia. La primera es dominada por un ambiente fundamentalmente estructural, determinado por la presencia de varias fallas cuya rectora es la Falla de Algeciras. La segunda es dominada por un ambiente fluvial y denudacional.

- El dominio estructural del área cordillerana, la topografía escarpada a muy escarpada asociada, sumado con el clima húmedo tropical de la cuenca, dan como resultado que esta zona sea muy susceptible a los movimientos en masa y a las avenidas torrenciales canalizadas, vinculadas a estos últimos.

- Aunque en general en la provincia de la Cordillera Oriental dominan los procesos tectono-estructurales sobre los procesos denudacionales. Hacia la zona sur de la Falla de Florencia Norte prima la meteorización y la erosión, marcando un ambiente denudacional en donde hay alta concentración de procesos morfodinámicos. Esto está condicionado por la mayor deformación tectónica asociada a la zona de piedemonte y a la mayor intervención antrópica

- Los movimientos en masa que se presentan en la cuenca del río Hacha corresponden en su mayor parte a deslizamientos rotacionales y se presentan exclusivamente en los suelos derivados de las rocas metamórficas del Complejo Garzón.

- Muchos movimientos en masa coinciden con el trazo de fallas regionales por lo que estas pueden jugar un papel importante en la generación de los mismos.

- En la zona semiplana de la cuenca del río Hacha no se observan abanicos fluviotorrenciales. Se observa un plano de inundación formado en medio de un paisaje de lomerío disectado. Por lo que en esta zona las amenazas naturales más relevantes tienen que ver con inundaciones más que con movimientos en masa y/o avenidas torrenciales.

3.10 CAPACIDAD Y USO DE LA TIERRA (CUT)

Para la elaboración del componente de capacidad de uso de las tierras a escala 1:25.000 en el marco del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha, se desarrolló un proceso metodológico que permitió el análisis del componente edáfico concentrando la atención en las limitaciones de los suelos que, por su nivel de importancia, se convierten en características de diferenciación de las clases y subclases agrológicas.

Adicionalmente se realizó un análisis de la distribución edáfica de la cuenca y sus características físico-químicas mediante el reconocimiento en campo de los suelos y su caracterización en el laboratorio, conforme a la metodología propuesta para POMCAS, con el fin exclusivo de determinar la capacidad de uso de las tierras a escala 1:25.000.

Dentro del proceso, se identificaron ambientes formadores de suelos o edafogenéticos, conformados por los paisajes, tipos de relieves y sus respectivas formas del terreno que en conjunto con los climas ambientales y materiales parentales que se presentan en la zona de estudio sirven de base para explicar el origen de los suelos. Las características de los suelos dominantes de estas unidades cartográficas tales como profundidad efectiva, pendiente, acidez, texturas, régimen de humedad, precipitación y pedregosidad entre otras, constituyen la base para la clasificación agrológica de las tierras y la definición del potencial y capacidad de uso de las mismas.

3.10.1 Metodología.

El proceso metodológico que se llevó a cabo en la determinación de las unidades geomorfopedológicas en la cuenca del Río Hacha, contempló la realización de tres fases: Pre-Campo, Campo y Post-Campo, tal como se describe a continuación (Anexo 23-1):

Durante la fase de pre-campo se consultaron y seleccionaron las imágenes de satélite, la cartografía básica y la información existente sobre estudios de geología,

geomorfología, clima y vegetación principalmente, así como los estudios de suelos elaborados en fechas anteriores a la realización del proyecto. La consulta de los estudios de suelos, contempló como información secundaria básica lo consignado en los estudios generales y semidetallados realizados por el IGAC.

Adicionalmente, se prestó especial atención a las zonas que por ley han sido declaradas protegidas y corresponden al uso de conservación y a aquellas zonas que contaban con estudios de suelos realizados por el IGAC; en consecuencia, dichas áreas fueron sustraídas del área de estudio de la cuenca hidrográfica (Tabla 194).

Tabla 194. Áreas de la Cuenca del Río Hacha.

ÁREAS DE LA CUENCA DEL RIO HACHA	
TIPO	**ÁREA Ha**
ÁREA TOTAL DE LA CUENCA	**50.023,57**
Centros Urbanos	1.459,36
Reserva Forestal	23.180,16
Estudio de Suelos de Humedales	2.420,98
TOTAL ZONAS CON ESTUDIOS Y DE EXCLUSION	**27.128,87**
TOTAL ZONAS CON ESTUDIOS Y DE EXCLUSION MENOS INTERSECCIONES	**27.036,96**
TOTAL DE ÁREA DE ESTUDIO	**22.986,61**

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

Partiendo de la información recopilada, teniendo en cuenta los estudios de suelos revisados con anterioridad, la cartografía base y el análisis detallado de la geología, geomorfología y clima se llevó a cabo la conformación de la leyenda preliminar de ambientes geomorfopedológicos, que contiene dentro de su información: Paisaje, clima, tipo de relieve, forma del terreno, litología, características más importantes de los suelos de cada unidad, símbolo y extensión (Ha).

La determinación de los ambientes edafogenéticos se constituyó como el punto de partida para iniciar el análisis de la capacidad de uso de las tierras.

Para la determinación de los puntos en donde se llevaron a cabo las observaciones de campo, se realizó un análisis de la representatividad de los ambientes edafogenéticos identificados, de acuerdo con el número de polígonos, su área y localización dentro de la cuenca. A partir de éste análisis y teniendo en cuenta las zonas correspondientes a pendiente plana (menor al 12 %) y pendiente media a alta (mayor al 12 %) se generó un shape de puntos que fue exportado a formato GDB y cargado en GPS para localizar los puntos en campo.

Una vez finalizada la fase de preparación del trabajo, se continuó con la fase de campo, que se desarrolló mediante el monitoreo de los puntos prestablecidos, en los que se realizaron observaciones de identificación, comprobación, generales y

toma de muestras. Adicionalmente se verificaron las unidades contenidas dentro de la leyenda preliminar y las fases identificadas en oficina.

La densidad de observaciones aproximada de acuerdo con lo términos de referencia corresponden a 4 chequeos por cada 100 hectáreas en área plana para la zona piloto y un chequeo cada 250 hectáreas para la zona de extrapolación; en áreas inclinadas de seis chequeos cada 100 hectáreas en zona piloto y un chequeo cada 250 hectáreas en zona de extrapolación.

De acuerdo con la distribución de áreas de estudio, teniendo en cuenta las zonas correspondientes a pendiente plana (menor al 12 %) y pendiente media a alta (mayor al 12 %) y la densidad de observaciones, se establecen para el proyecto 219 chequeos siguiendo el sistema de red flexible, distribuidos tal como se presenta en la Tabla 195.

Tabla 195. Distribución de Observaciones en campo.

RELIEVE	ÁREA ESTUDIO (Ha)	NUMERO DE OBSERVACIONES
Plano	789,30	3
Inclinado	22197,31	213
TOTAL	22986,61	219

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

Una vez definidas las unidades geomorfopedológicas a partir del reconocimiento de campo de los puntos de monitoreo, mediante cajuelas, barrenadas y notas de campo; se determinaron los sitios representativos para la recolección de las respectivas muestras de suelos con el fin de determinar la fertilidad de los suelos. Para ello se recolectaron muestras de 2 Kg de suelo con la debida identificación del sitio (municipio, departamento) y número de muestra. A dichas muestras se le analizaron los parámetros de CIC, Ca, Mg, K, Na, P, Aluminio de cambio, saturación de bases, carbón orgánico, textura y pH.

La descripción de los perfiles modales se concentró en aquellas unidades que no contaban con perfiles descritos previamente en estudios generales y semidetallados de suelos. La metodología empleada en esta actividad tomo como base el instructivo de trabajo de campo del IGAC. Los resultados de los análisis realizados por el laboratorio se presentan como anexo a este documento.

Una vez recolectada la información de campo y con los resultados de los análisis de laboratorio se llevó a cabo la conformación de unidades geomorfopedológicas para la cuenca del Río Hacha (Ver Tabla 196), a partir de las cuales se desarrolló la evaluación de tierras por su capacidad de uso de acuerdo con la metodología desarrollada por la USDA, empleada y modificada por el IGAC. La información contenida en el estudio de suelos de Humedales es también presentada a continuación.

Tabla 196. Leyenda de suelos

Clima Ambiental	Paisaje	Tipo de relieve	Material parental	Forma del terreno	CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS	UCS Y COMPONENTES TAXONOMICOS	PERFIL	%	SIMBOLO AMBIENTE	Área (ha)
Cálido Húmedo	Montaña	Crestón	ROCAS SEDIMENTARIAS (areniscas, arcillolitas y conglomerados)	Frente	Son suelos profundos, de texturas muy finas y bien drenados.	Oxic Dystrudepts familia muy fina	H4	75	MCSF	1101,66
				Revés	Son suelos profundos, de texturas muy finas y bien drenados.	Typic Hapludox familia muy fina	H3	75	MCSR	1674,85
				Escarpe	Afloramiento rocoso de areniscas, arcillolitas y conglomerados	MR	MR	90	MCSE	112,53
		Cuesta	ROCAS SEDIMENTARIAS (areniscas, arcillolitas y conglomerados)	Frente	Son suelos profundos, de texturas muy finas y bien drenados.	Typic Hapludox familia muy fina	H8	75	MUSR	2017,56
				Revés	Son suelos profundos, de texturas finas y bien drenados.	Typic Hapludox familia muy fina	H9	75	MUSF	2025,01
				Escarpe	Afloramiento rocoso de areniscas, arcillolitas y conglomerados	MR	MR	90	MUSE	88,12
		Fila y vigas	ROCAS ÍGNEAS (granito) Y METAMÓRFICAS (gneises cuarzofeldespáticos)	Ladera	Son suelos profundos, de texturas medias y bien drenados.	Oxic Dystrudepts familia franca fina (Estudio general de suelos IGAC)	73 IGAC	75	MFIL	11286,06
				Escarpe	Son suelos profundos, de texturas gruesas y bien drenados.	Oxic Dystrudepts familia arenosa	H7	75	MFIE	359,10
		Valle estrecho	Sedimentos aluviales	Plano de terraza	Son suelos moderadamente superficiales, de texturas contrastadas y bien drenados.	Fluventic Dystrudepts familia arenosa sobre esquelética arenosa	H6	75	MEAT	35,05
				Vega	Son suelos superficiales, de texturas contrastadas y bien drenados.	Typic Udorthents familia arenosa sobre esquelética arenosa	H5	75	MEAV	63,66
		Vallecito	Sedimentos aluviales	Vega	Son suelos superficiales, de texturas contrastadas y bien drenados.	Typic Udorthents familia arenosa sobre esquelética arenosa	H5	75	MVAV	867,26

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 196 (Continuación). Leyenda de suelos

Clima Ambiental	Paisaje	Tipo de relieve	Material parental	Forma del terreno	CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS	UCS Y COMPONENTES TAXONOMICOS	PERFIL	%	SIMBOLO AMBIENTE	Área (ha)
Cálido Húmedo	Lomerío	Lomas	ROCAS SEDIMENTARIAS (areniscas, arcillolitas y conglomerados)	Cima y ladera	Son suelos profundos, de texturas finas y bien drenados.	Typic Hapludox familia fina	H10	75	LLSC	1983,66
		Vallecito	Sedimentos aluviales	Vega	Son suelos muy superficiales, de texturas finas y pobremente drenados.	Typic Endoaquepts familia fina	H11	75	LVAV	88,94
	Piedemonte	Abanico	Sedimentos aluviales	Ápice	Son suelos profundos, de texturas muy finas y bien drenados.	Oxic Dystrudepts familia muy fina	H1	75	PAAT	185,04
				Cuerpo						
				Base						
		Vallecito	Sedimentos aluviales	Vega	Son suelos profundos, de texturas medias y bien drenados.	Oxic Dystrudepts familia franca fina	H2	75	PVAV	11,84
	Valle	Terraza nivel 2	Sedimentos aluviales	Plano de terraza	Son suelos profundos, de texturas finas y bien drenados.	Typic Hapludox familia fina	H12	75	VT2AP	106,43
		Terraza nivel 1	***Sedimentos aluviales****	***Plano de terraza***	***Son suelos profundos, de texturas medias y bien drenados.***	***Consociación: Oxic Dystrudepts, franca fina, isohipertérmica***	***SHC-130***		***VT1AP***	***1125,41***
		Plano de inundación	***Sedimentos aluviales****	***Cubeta de desborde***	***Son suelos superficiales, de texturas moderadamente gruesas y pobremente drenados.***	***Consociación: Fluvaquentic Humaquepts, franca gruesa, isohipertérmica***	***SHC-138***		***VIAD***	***1010,37***

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 196 (Continuación). Leyenda de suelos

Clima Ambiental	Paisaje	Tipo de relieve	Material parental	Forma del terreno	CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS	UCS Y COMPONENTES TAXONOMICOS	PERFIL	%	SIMBOLO AMBIENTE	Área (ha)
Cálido Húmedo	Valle	***Plano de inundación***	***Sedimentos aluviales****	***Orillares***	***Son suelos superficiales y muy superficiales, de texturas moderadamente gruesas a finas, y pobremente drenados.***	***Complejo: Fluvaquentic Endoaquepts, franca gruesa, isohipertérmica, Fluvaquentic Endoaquepts, limosa fina, isohipertérmica, Typic Endoaquents, limosa gruesa sobre arenosa, isohipertérmica***	***SHM-250, SHC-152, SHC-153***		***VIAO***	***168,95***
				Meandros abandonados con cauce semilunar	***Son suelos superficiales, de texturas medias y muy superficiales.***	***Consociación: Typic Endoaquepts, franca fina, isohipertérmica***	***SHC-133***		***VIAM***	***91,83***
				Vega	***Los suelos son superficiales y muy superficiales, de texturas moderadamente gruesas a finas y muy pobre, pobre e imperfectamente drenados.***	***Complejo Fluvaquentic Endoaquepts, franca gruesa, isohipertérmica, Aeric Humaquepts, franca fina, isohipertérmica, Aquic Udifluvents, franca gruesa sobre esquelética franca, isohipertérmica***	***SHC-128, SHC-164, SHM-211***		***VIAV***	***353,00***
									Reserva	23564,49
									Zona Urbana	1702,65

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

Nota: *En letra negrilla y cursiva la información adoptada de los estudios de suelos existentes en la zona, elaborados por el IGAC.

3.10.2 Ambientes Geomorfopedologicos

La identificación de los suelos predominantes dentro de los ambientes geomorfopedológicos de la cuenca se llevó a cabo mediante el monitoreo de los puntos preestablecidos, se realizaron observaciones de identificación, comprobación, detalladas, notas de campo y toma de muestras, a partir de las cuales se consolidó una base de datos detallada que permitió el ajuste a la leyenda de ambientes y en donde se definieron las principales características de los suelos identificados y sus taxonomías. La descripción de cada una de las unidades geomorfopedológicas y los suelos predominantes identificados se presenta a continuación:

3.10.2.1 Unidad geomorfopedologica MCSF: Frente de crestones en clima cálido húmedo. Suelo Oxic Dystrudepts Familia muy Fina, Perfil H4. Este ambiente está ubicado en las veredas Agua Negra Alta, Agua Negra Baja, El Salado, Alto Brasil, La Ilusión y San Luis. Ocupa un área de 1097,95 ha.

Este ambiente se ha desarrollado en el paisaje de montaña, en un clima cálido húmedo, con una temperatura mayor a 24°C y una precipitación anual entre 2000 y 4000 milímetros anuales. El tipo de relieve corresponde a crestones conformados por rocas sedimentarias tipos areniscas, arcillolitas y conglomerados, en la forma del terreno de frente.

Los suelos dominantes en este ambiente están clasificados como Oxic Dystrudepts, familia muy fina, isohipertérmica. Son suelos profundos y bien drenados, las características diagnosticas que llevan a su clasificación son la presencia del epipedón ócrico, endopedón cámbico y CIC menor a 24 cmol/kg. Están representados por el perfil modal H4 (Ver Tabla 197).

– Análisis fisicoquímicos. Estos suelos se caracterizan por presentar reacción muy fuertemente a fuertemente acida pH (5.5-5,8), la relación Ca/Mg es normal en los dos primeros horizonte y estrecha en el último, el fósforo disponible es bajo en todo el perfil, la materia orgánica es alta en el primer horizonte y baja en el resto del perfil, la fertilidad es baja. (Ver Tabla 198)

Este ambiente geomorfopedológico presenta las siguientes fases cartográficas:
Fase MCSFd: Pendiente 12-25% y sin erosión.
Fase MCSFd1: Pendiente 12-25% y con erosión ligera.
Fase MCSFe: Pendiente 25-50% y sin erosión.
Fase MCSFe1: Pendiente 25-50% y con erosión ligera.
Fase MCSFe2: Pendiente 25-50% y con erosión moderada.
Fase MCSFf: Pendiente 50-75% y sin erosión.
Fase MCSFf1: Pendiente 50-75% y con erosión ligera.
Fase MCSFf2: Pendiente 50-75% y con erosión moderada.

Fase MCSFg: Pendiente mayor de 75% y sin erosión.
Fase MCSFg1: Pendiente mayor de 75% y con erosión ligera

Tabla 197. Morfología del perfil H4 Oxic Dystrudepts, familia muy fina, isohipertérmica.

HORIZONTE PROFUNDIDAD	PRINCIPALES CARACTERISTICAS	PERFIL H4
Ap 00 -13 cm	Color en húmedo pardo amarillento oscuro; textura franco arcillosa; estructura en bloques subangulares medios, moderados; pH 4.6	
Bw1 13 – 40 cm	Color en húmedo amarillo pardusco; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares, medios, moderados; pH 4.8	
Bw2 40 – 55 cm	Color en húmedo amarillo pardusco; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares, medios, moderados; pH 4.9	

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 198. Propiedades Físico-Químicas Perfil H4

Profundidad cm	Granulometría %			Clase textural	pH	C.O	Fertilidad		CIC cmol/kg
	Arenas	Limos	Arcillas		1:1.	%	Valor	Calific.	
0 - 12	44.4	16.3	39.3	FAr	5.5	5.01	5.1	Baja	23.175
12 - 70	12.4	22.1	65.5	Ar	5.8	0.72			21.131
70 - 105	20.4	10.0	69.6	Ar	5.7	0.25			16.767

Profundidad cm	BT cmol/kg	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	K cmol/kg	Na cmol/kg	P cmol/kg	SAI %
0 - 12	0.809	0.373	0.175	0.241	0.021	1.09	86.68
12 - 70	0.319	0.101	0.043	0.150	0.025	<0.37	0
70 - 105	0.319	0.030	0.074	0.191	0.025	<0.37	0

Profundidad cm	SB %	Ca/Mg	Densidad Aparente
0 - 12	3.49	2.13	0.88
12 - 70	1.51	2.34	1.20
70 - 105	1.90	0.40	

.

3.10.2.2 Unidad geomorfopedologica MCSR: Revés de crestones en clima cálido húmedo. Suelo Typic Hapludox Familia muy Fina, Perfil H3. Este ambiente está ubicado en las veredas El Convenio, Agua Negra Alta, Agua Negra Baja, Alto Brasil, Bajo Brasil, La Sardina y La Primavera. Ocupa un área de 5979,11 ha.

Este ambiente se ha desarrollado en el paisaje de montaña, en un clima cálido húmedo, con una temperatura mayor a 24°C y una precipitación anual entre 2000 y 4000 milímetros anuales. El tipo de relieve corresponde a crestones conformados por rocas sedimentarias tipos areniscas, arcillolitas y conglomerados, en la forma del terreno de revés.

Los suelos dominantes en este ambiente están clasificados como Typic Hapludox Familia muy Fina, isohipertérmica. Son suelos profundos y bien drenados, las características diagnosticas que llevan a su clasificación son la presencia del epipedón ócrico y endopedón óxico. Están representados por el perfil modal H3 (Ver Tabla 199).

Tabla 199. Morfología del perfil H3 Typic Hapludox Familia muy Fina

HORIZONTE PROFUNDIDAD	PRINCIPALES CARACTERISTICAS	PERFIL H3
Ap 00 -10 cm	Color en húmedo pardo grisáceo oscuro; textura franco arcillosa; estructura en bloques subangulares medios, moderados; pH 5.0	
Bw1 10 – 47 cm	Color en húmedo amarillo pardusco; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares, medios, moderados; pH 5.0	
Bw2 47 – 70 cm	Color en húmedo pardo amarillento claro; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares, medios, moderados; pH 5.0	

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

– Análisis físico-químicos. Estos suelos se caracterizan por presentar reacción extremadamente a muy fuertemente acida pH (4,0-4,9), la relación Ca/Mg es invertida en todo el perfil, el fósforo disponible es bajo en todo el perfil, la materia orgánica es alta en el primer horizonte y baja en el resto del perfil, la fertilidad es baja. (Ver Tabla 200).

Tabla 200. Propiedades Físico-Químicas Perfil H3

Profundidad cm	Granulometría %			Clase textural	pH	C.O	Fertilidad		CIC cmol/kg	BT cmol/kg
	Arenas	Limos	Arcillas		1:1.	%	Valor	Calific.		
0 - 10	56.6	18.5	24.9	FArA	4.0	7.38	4.9	Baja	29.987	0.331
10 - 47	24.9	14.0	61.1	Ar	4.9	1.39			9.133	0.118
47 - 100	17.1	13.9	69.0	Ar	4.9	1.11			7.992	0.067

Profundidad cm	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	K cmol/kg	Na cmol/kg	P cmol/kg	SAl %	SB %	Ca/Mg	Densidad
0 - 10		0.124	0.147	0.025	1.99	95.56			Aparente
10 - 47	0.036	0.018	0.018	0.082	0.49	96.52	1.10	0.29	0.92
47 - 100	0	0.016	0.018	0.033	<0.37	98.00	1.29	0	1.05
	0						0.84	0	1.09

Este ambiente geomorfopedológico presenta las siguientes fases cartográficas:

- Fase MCSRd1: Pendiente 12-25% y con erosión ligera.
- Fase MCSRd2: Pendiente 12-25% y con erosión moderada.
- Fase MCSRe1: Pendiente 25-50% y con erosión ligera.
- Fase MCSRe2: Pendiente 25-50% y con erosión moderada.
- Fase MCSRf1: Pendiente 50-75% y con erosión ligera.
- Fase MCSRf2: Pendiente 50-75% y con erosión moderada.

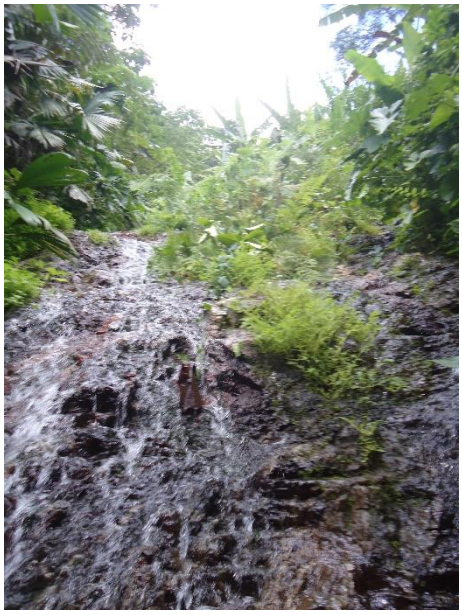
3.10.2.3 Unidad geomorfopedologica MCSE: Escarpe de crestones en clima cálido húmedo. Misceláneo Rocoso. Este ambiente está ubicado en las veredas Alto Brasil, Bajo Brasil y La Ilusión. Ocupa un área de 238,62 ha.

Este ambiente se ha desarrollado en el paisaje de montaña, en un clima cálido húmedo, con una temperatura mayor a 24°C y una precipitación anual entre 2000 y 4000 milímetros anuales. El tipo de relieve corresponde a crestones en rocas sedimentarias tipos areniscas, arcillolitas y conglomerados, en la forma del terreno de escarpe. Corresponden a zonas que no presentan suelos. (Ver Tabla 201).

Este ambiente geomorfopedológico presenta las siguientes fases cartográficas:

- Fase MCSEe2: Pendiente 25-50% y con erosión moderada.
- Fase MCSEf2: Pendiente 50-75% y con erosión moderada.
- Fase MCSEg1: Pendiente mayor de 75% y con erosión ligera.
- Fase MCSEg2: Pendiente mayor de 75% y con erosión moderada

Tabla 201. Morfología de los Misceláneos Rocosos

HORIZONTE PROFUNDIDAD	PRINCIPALES CARACTERISTICAS	MISCELANEO ROCOSO
R 00 -100 cm	Manto rocoso compuesto por arcillolitas de color oscuro, moderadamente descompuestas.	

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

3.10.2.4 Unidad geomorfopedologica MUSR: Frente de cuestas en clima cálido húmedo. Typic Hapludox familia muy fina. Perfil H8. Este ambiente está ubicado en las veredas Agua Negra Alta, Agua Negra Baja, El Salado, Nueva Jerusalen, San Rafaél, Alto Brasil, La Primavera, Caldas, Florencia y La Estrella. Ocupa un área de 6349,33 ha.

Este ambiente se ha desarrollado en el paisaje de montaña, en un clima cálido húmedo, con una temperatura mayor a 24°C y una precipitación anual entre 2000 y 4000 milímetros anuales. El tipo de relieve corresponde a cuestas en rocas sedimentarias tipos areniscas, arcillolitas y conglomerados, en la forma del terreno de frente.

Los suelos dominantes en este ambiente están clasificados como Typic Hapludox familia muy fina, isohipertérmica. Son suelos profundos y bien drenados, las características diagnosticas que llevan a su clasificación son la presencia del epipedón ócrico y endopedón óxico. Están representados por el perfil modal H8 (Ver Tabla 202).

Tabla 202. Morfología del perfil H8 Typic Hapludox familia muy fina.

HORIZONTE PROFUNDIDAD	PRINCIPALES CARACTERISTICAS	PERFIL H8
Ap 00 -10 cm	Color en húmedo pardo amarillento; textura franco arcillosa; estructura en bloques subangulares medios, moderados; pH 5.0	
Bw1 10 – 43 cm	Color en húmedo amarillo pardusco; textura franco arcillosa; estructura en bloques subangulares, medios, moderados; pH 5.0	
Bw2 43 – 70 cm	Color en húmedo pardo amarillento claro; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares, medios, moderados; pH 5.0	

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

– Análisis físico-químicos. Estos suelos se caracterizan por presentar reacción muy fuertemente a fuertemente acida pH (4,8-5,2), la relación Ca/Mg es estrecha en los dos primeros horizontes y normal en el resto del perfil, el fósforo disponible es bajo en todo el perfil, la materia orgánica es moderada en el primer horizonte y baja en el resto del perfil, la fertilidad es baja. (Ver Tabla 203).

Tabla 203. Propiedades Físico-Químicas Perfil H8

Profundidad cm	Granulometría %			Clase textural	pH	C.T	Fertilidad		CIC cmol/kg	BT cmol/kg
	Arenas	Limos	Arcillas		1:1.	%	Valor	Calific.		
0 - 10	36.9	16.1	47.0	Ar	4.8	2.64	4.8	Baja	10.699	0.431
10 - 43	22.9	16.0	61.1	Ar	4.9	1.15			10.419	0.231
43 - 100	16.9	11.9	71.2	Ar	5.2	0.67			9.537	0.103

Profundidad cm	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	K cmol/kg	Na cmol/kg	P cmol/kg	SAl %	SB %	Ca/Mg	Densidad Aparente
0 - 10	0.153	0.101	0.149	0.029	1.16	90.91	4.03	1.51	Aparente
10 - 43	0.047	0.026	0.059	0.098	0.64	96.01	2.21	1.80	1.30
43 - 100	0.026	0.010	0.043	0.024	<0.37	98.24	1.08	2.6	1.22

3.10.2.5 Unidad geomorfopedologica MUSF: Frente de cuestas en clima cálido húmedo. Typic Hapludox familia muy fina. Perfil H9. Este ambiente está ubicado en las veredas Agua Negra Alta, Agua Negra Baja, El Salado, Nueva Jerusalen, San Rafaél, Alto Brasil, La Primavera, Caldas, Florencia y La Estrella. Ocupa un área de 7873,62 ha.

Este ambiente se ha desarrollado en el paisaje de montaña, en un clima cálido húmedo, con una temperatura mayor a 24°C y una precipitación anual entre 2000 y 4000 milímetros anuales. El tipo de relieve corresponde a cuestas en rocas sedimentarias tipos areniscas, arcillolitas y conglomerados, en la forma del terreno de frente.

Los suelos dominantes en este ambiente están clasificados como Typic Hapludox familia muy fina, isohipertérmica. Son suelos profundos y bien drenados, las características diagnosticas que llevan a su clasificación son la presencia del epipedón ócrico y endopedón óxico. Están representados por el perfil modal H9 (Ver Tabla 204).

Tabla 204. Morfología del perfil H9 Typic Hapludox familia muy fina

HORIZONTE PROFUNDIDAD	PRINCIPALES CARACTERISTICAS	PERFIL H9
Ap 00 -15 cm	Color en húmedo pardo; textura franco arcillosa; estructura en bloques subangulares medios, moderados a fuertes; pH 4.5	
Bw1 15 – 45 cm	Color en húmedo amarillo pardusco; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares, medios, moderados a fuertes; pH 5.0	
Bw2 45 – 80 cm	Color en húmedo pardo amarillento claro; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares, medios, moderados a fuertes; pH 5.0	

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

– Análisis físico-químicos. Estos suelos se caracterizan por presentar reacción extremadamente a muy fuertemente acida pH (4,5-5,0), la relación Ca/Mg es estrecha en los dos primeros horizontes y normal en el resto del perfil, el fósforo

disponible es bajo en todo el perfil, la materia orgánica es moderada en el primer horizonte y baja en el resto del perfil, la fertilidad es baja. (Ver Tabla 205).

Tabla 205. Propiedades Físico-Químicas Perfil H9

Profundidad cm	Granulometría %			Clase textural	pH	C.T	Fertilidad		CIC cmol/kg	BT cmol/kg
	Arenas	Limos	Arcillas		1:1.	%	Valor	Calific.		
0 - 15	46.7	18.3	35.0	ArA	4.5	2.65	4.9	Baja	11.686	0.268
15 - 45	23.1	30.0	46.9	Ar	4.9	1.50			9.153	0.063
45 - 100	24.6	14.5	60.9	Ar	5.0	0.91			7.355	0.149

Profundidad cm	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	K cmol/kg	Na cmol/kg	P cmol/kg	SAI %	SB %	Ca/Mg	Densidad Aparente
0 - 15	0.063	0.072	0.113	0.021	1.52	94.32	2.29	0.875	1.02
15 - 45	0.006	0.023	0.031	0.004	0.61	98.37	0.69	0.26	1.29
45 - 100	0.069	0.021	0.018	0.041	0.56	95.78	2.03	3.28	1.15

Este ambiente geomorfopedológico presenta las siguientes fases cartográficas:

- Fase MUSFd: Pendiente 12-25% y sin erosión.
- Fase MUSFd1: Pendiente 12-25% y con erosión ligera.
- Fase MUSFd2: Pendiente 12-25% y con erosión moderada.
- Fase MUSFe: Pendiente 25-50% y sin erosión.
- Fase MUSFe1: Pendiente 25-50% y con erosión ligera.
- Fase MUSFe2: Pendiente 25-50% y con erosión moderada.
- Fase MUSFf: Pendiente 50-75% y sin erosión.
- Fase MUSFf1: Pendiente 50-75% y con erosión ligera.
- Fase MUSFf2: Pendiente 50-75% y con erosión moderada.
- Fase MUSFg: Pendiente mayor de 75% y sin erosión.
- Fase MUSFg1: Pendiente mayor de 75% y con erosión ligera.

3.10.2.6 Unidad geomorfopedologica MUSE: Escarpe de cuestas en clima cálido húmedo. Misceláneo rocoso. Este ambiente está ubicado en las veredas El Salado, Nueva Jerusalen, San Rafaél y La Primavera. Ocupa un área de 336,74 ha. Este ambiente se ha desarrollado en el paisaje de montaña, en un clima cálido húmedo, con una temperatura mayor a 24°C y una precipitación anual entre 2000 y 4000 milímetros anuales. El tipo de relieve corresponde a cuestas en rocas sedimentarias tipos areniscas, arcillolitas y conglomerados, en la forma del terreno de escarpe. Corresponden a zonas que no presentan suelos. (Ver Tabla 206).

Tabla 206. Morfología de los Misceláneos Rocosos

HORIZONTE PROFUNDIDAD	PRINCIPALES CARACTERISTICAS	MISCELÁNEO ROCOSO
Ap 00 -100 cm	Manto rocoso compuesto principalmente por areniscas con poco grado de alteración, se observan algunos estratos de rocas de grano fino tipo arcillolitas.	

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

Este ambiente geomorfopedológico presenta las siguientes fases cartográficas:

- Fase MUSEe1: Pendiente 25-50% y con erosión ligera.
- Fase MUSEf: Pendiente 50-75% y sin erosión.
- Fase MUSEg: Pendiente mayor de 75% y sin erosión.
- Fase MUSEg1: Pendiente mayor de 75% y con erosión ligera.
- Fase MUSEg2: Pendiente mayor de 75% y con erosión moderada.

3.10.2.7 Unidad geomorfopedologica MFIL: Laderas de filas y vigas en clima cálido húmedo. Oxic Dystrudepts familia franca fina Perfil 73(IGAC). Este ambiente está ubicado en las veredas Sucre, Santa Elena, El Paraíso, Horizonte, Carazo, Avenida cara, El Convenio, La Paz, La Nueva Paz, San Francisco, Palmichal, Villaraz, Portal del Hacha, Las Doradas Bajas, Santo Ángel, Quindío, La Carbona, San Luis, Travesías, Agua Bonita, Alto Caldas, Caldas, Los Robles, Las Cascadas, Alto Bonito, Damas Arriba, Villa Hermosa, La Conga, La Holanda, Finlandia y Damas Abajo. Ocupa un área de 11581,23 ha.

Este ambiente se ha desarrollado en el paisaje de montaña, en un clima cálido húmedo, con una temperatura mayor a 24°C y una precipitación anual entre 2000 y 4000 milímetros anuales. El tipo de relieve corresponde a filas y vigas en rocas ígneas y metamórficas, en la forma del terreno de laderas.

Los suelos dominantes en este ambiente están clasificados como Oxic Dystrudepts, familia franca fina, isohipertérmica. Son suelos profundos y bien drenados, las

características diagnosticas que llevan a su clasificación son la presencia del epipedón ócrico y endopedón cambico. Están representados por el perfil modal 73 (IGAC) (Ver Tabla 207).

Tabla 207. Morfología del perfil 73 Oxic Dystrudepts familia franca fina

HORIZONTE PROFUNDIDAD	PRINCIPALES CARACTERISTICAS
Ap 00 - 20 cm	Color en húmedo rojo amarillento; textura franco arcillo arenosa; estructura granular media, moderada; pH 5.5
Bw 20 – 44 cm	Color en húmedo rojo amarillento; textura franco arcillo arenosa; estructura en bloques subangulares, medios, débiles; pH 5.5
C1 44 – 98 cm	Color en húmedo rojo amarillento; textura franco arenosa; sin estructura, masiva; pH 5.5
C2 98 – 150 cm	Color en húmedo pardo amarillento claro; textura arenosa; estructura en bloques subangulares, medios, moderados; pH 5.0

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

– Análisis físico-químicos. Estos suelos se caracterizan por presentar reacción muy fuertemente acida pH (4,5-4.8), con alta saturación de aluminio y capacidad de intercambio catiónico moderada en el primer horizonte y baja en el resto del perfil; el contenido de carbono orgánico y el fosforo disponible son bajos. La fertilidad natural es muy baja. (Ver Tabla 208).

Tabla 208. Propiedades Físico-Químicas Perfil 73

Profundidad cm	Granulometría %			Clase textural	pH	C.O	Fósforo ppm	Fertilidad	
	Arenas	Limos	Arcillas		1:1.	%		Valor	Calific.
0 - 20	56	14	30	FArA	4.5	0.74	2	3.04	Muy baja
20 - 44	64	14	22	FArA	4.7	0.33	1		
44 - 98	74	8	18	FA	4.8	0.07	2		
98 - 150	82	8	10	FA	4.7	0.13	3		

Profundidad cm	CICA	BT	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	K cmol/kg	Na cmol/kg	SAI %
0 - 20	12.1	0.7	0.2	0.2	0.2	0.1	28.9
20 - 44	8	0.6	0.2	0.2	0.1	0.1	32.5
44 - 98	5.2	0.6	0.2	0.2	0.1	0.1	42.3
98 - 150	4.8	0.6	0.2	0.2	0.1	0.1	50.0

Profundidad cm	SB %	Ca/Mg	Densidad	
			Real	Aparente
0 - 20	5.79	1	2.57	1.28
20 - 44	7.50	1	2.63	1.50
44 - 98	11.54	1		
98 - 150	12.50	1		

Este ambiente geomorfopedológico presenta las siguientes fases cartográficas MFIL:

- Fase MFILd: Pendiente 12-25% y sin erosión.
- Fase MFILd2: Pendiente 12-25% y con erosión moderada.
- Fase MFILe: Pendiente 25-50% y sin erosión.
- Fase MFILe1: Pendiente 25-50% y con erosión ligera.
- Fase MFILe2: Pendiente 25-50% y con erosión moderada.
- Fase MFILf: Pendiente 50-75% y sin erosión.
- Fase MFILf1: Pendiente 50-75% y con erosión ligera.
- Fase MFILf2: Pendiente 50-75% y con erosión moderada.
- Fase MFILg: Pendiente mayor de 75% y sin erosión.
- Fase MFILg1: Pendiente mayor de 75% y con erosión ligera.
- Fase MFILg2: Pendiente mayor de 75% y con erosión moderada.

3.10.2.8 Unidad geomorfopedologica MFIE: Escarpe de filas y vigas en clima cálido húmedo. Oxic Dystrudepts familia Arenosa. Perfil H7. Este ambiente está ubicado en las veredas Horizonte, La Paz, La Carbona, Las Brisas, San Luis, Caldas, Las Cascadas, Damas Arriba y Finlandia. Ocupa un área de 935,46 ha.

Este ambiente se ha desarrollado en el paisaje de montaña, en un clima cálido húmedo, con una temperatura mayor a 24°C y una precipitación anual entre 2000 y 4000 milímetros anuales. El tipo de relieve corresponde a filas y vigas en rocas ígneas y metamórficas, en la forma del terreno de escarpes.

Los suelos dominantes en este ambiente están clasificados como Oxic Dystrudepts familia Arenosa, isohipertérmica. Son suelos profundos y bien drenados, las características diagnosticas que llevan a su clasificación son la presencia del epipedón ócrico, endopedón cámbico y texturas gruesas. Están representados por el perfil modal H7 (Ver Tabla 209).

- Análisis físico-químicos. Estos suelos se caracterizan por presentar reacción muy fuertemente a fuertemente acida pH (4,6-5,3), la relación Ca/Mg es invertida en los dos primeros horizontes y estrecha en el resto del perfil, el fósforo disponible tiene una apreciación baja en todo el perfil, la materia orgánica es baja en todo el perfil, la fertilidad es baja. (Ver Tabla 210Tabla 210).

Tabla 209. Morfología del perfil H7 Oxic Dystrudepts familia Arenosa

HORIZONTE PROFUNDIDAD	PRINCIPALES CARACTERISTICAS	PERFIL H7
Ap 00 -08 cm	Color en húmedo pardo amarillento oscuro; textura franco arcillo arenosa; estructura en bloques subangulares medios, débiles; pH 5.5	
Bw1 08 – 32 cm	Color en húmedo pardo amarillento claro; textura franco arcillo arenosa; estructura en bloques subangulares, medios, débiles; pH 5.0	
Bw2 32 – 80 cm	Color en húmedo amarillo pardusco; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares, medios, moderados; pH 5.5	

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 210. Propiedades Físico-Químicas Perfil H7

Profundidad cm	Granulometría %			Clase textural	pH	C.O	Fertilidad		CIC cmol/kg	BT cmol/kg
	Arenas	Limos	Arcillas		1:1.	%	Valor	Calific.		
0 - 8	83.7	10.2	6.1	AF	4.6	1.95	4.8	Baja	8.260	0.251
8 - 32	75.5	14.1	10.2	FA	4.6	1.51			5.596	0.293
32 - 100	81.8	10.1	8.1	AF	5.3	0.15			2.192	0.066

Profundidad cm	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	K cmol/kg	Na cmol/kg	P cmol/kg	SAl %	SB %	Ca/Mg	Densidad Aparente
0 - 8	0.058	0.074	0.119	0	1.95	91.05	3.04	0.78	1.07
8 - 32	0.015	0.034	0.067	0.178	2.10	88.42	5.24	0.44	1.54
32 - 100	0.002	0.002	0.026	0.036	1.53	95.19	3.01	1	

Este ambiente geomorfopedológico presenta las siguientes fases cartográficas:
Fase MFIEe: Pendiente 25-50% y sin erosión.
Fase MFIEe2: Pendiente 25-50% y con erosión moderada.
Fase MFIEf: Pendiente 50-75% y sin erosión.
Fase MFIEf1: Pendiente 50-75% y con erosión ligera.
Fase MFIEf2: Pendiente 50-75% y con erosión moderada.
Fase MFIEg: Pendiente mayor de 75% y sin erosión.
Fase MFIEg1: Pendiente mayor de 75% y con erosión ligera.
Fase MFIEg2: Pendiente mayor de 75% y con erosión moderada.

3.10.2.9 Unidad geomorfopedologica MEAT: Plano de terraza de Valle estrecho en clima cálido húmedo. Fluventic Dystrudepts familia arenosa sobre esquelética arenosa. Perfil H6. Este ambiente está ubicado en las veredas Horizonte, La Paz, La Nueva Paz, La Carbona, El Limón y San Luis. Ocupa un área de 101,09 ha.

Este ambiente se ha desarrollado en el paisaje de montaña, en un clima cálido húmedo, con una temperatura mayor a 24°C y una precipitación anual entre 2000 y 4000 milímetros anuales. El tipo de relieve corresponde a valle estrecho desarrollado sobre sedimentos aluviales, en la forma del terreno de Plano de terraza.

Los suelos dominantes en este ambiente están clasificados como Fluventic Dystrudepts familia arenosa sobre esquelética arenosa, isohipertérmica. Son suelos moderadamente superficiales y bien drenados, las características diagnosticas que llevan a su clasificación son la presencia del epipedón ócrico, endopedón cámbico, decrecimiento irregular del carbono orgánico y pedregosidad en profundidad. Están representados por el perfil modal H6 (Ver Tabla 211).

Tabla 211. Morfología del perfil H6 Fluventic Dystrudepts familia arenosa sobre esquelética arenosa

HORIZONTE PROFUNDIDAD	PRINCIPALES CARACTERISTICAS	PERFIL H6
Ap 00 -16 cm	Color en húmedo pardo grisáceo oscuro; textura franco arcillo arenosa; estructura en bloques subangulares medios, débiles; pH 5.5	
Bw1 16 – 55 cm	Color en húmedo pardo amarillento oscuro; textura franca; estructura en bloques subangulares, medios, débiles; pH 5.0	
C 55 – 90 cm	Color en húmedo amarillo pardusco; textura franco arenosa; sin estructura (grano suelto), 40% de cantos rodados; pH 5.5	

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

– Análisis físico-químicos. Estos suelos se caracterizan por presentar reacción fuertemente a medianamente acida pH (5,2-5,8), la relación Ca/Mg es normal, el fósforo disponible tiene una apreciación baja en todo el perfil, la materia orgánica es baja en todo el perfil, la fertilidad es moderada. (Ver Tabla 212).

Tabla 212. Propiedades Físico-Químicas Perfil H6

Profundidad cm	Granulometría %			Clase textural	pH	C.T	Fertilidad		CIC cmol/kg	BT cmol/kg
	Arenas	Limos	Arcillas		1:1.	%	Valor	Calific.		
0 - 15	85.8	6.1	8.1	AF	5.2	0.53	5.2	Moderada	3.412	1.057
15 - 55	91.9	4.0	4.1	A	5.5	0.24			3.224	1.271
55 - 100	91.9	2.0	6.1	A	5.8	0.32			2.877	1.333

Profundidad cm	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	K cmol/kg	Na cmol/kg	P cmol/kg	SAI %	SB %	Ca/Mg	Densidad Aparente
0 - 15	0.668	0.323	0.038	0.028	8.65	63.60	30.98	2.06	
15 - 55	0.932	0.285	0.046	0.008	10.45	50.22	39.43	3.27	
55 - 100	0.887	0.428	0.014	0.004	5.59	0	46.35	2.07	

Este ambiente geomorfopedológico presenta las siguientes fases cartográficas:

– Fase MEATc: Pendiente 7-12% y sin erosión.

3.10.2.10 Unidad geomorfopedologica MEAV: Vega de Valle estrecho en clima cálido húmedo. Typic Udorthents familia arenosa sobre esquelética arenosa. Perfil H5.

Este ambiente está ubicado en las veredas Horizonte, La Paz, La Nueva Paz, Quindio, Palmichal, La Carbona, El Limón y San Luis. Ocupa un área de 280,53 ha. Este ambiente se ha desarrollado en el paisaje de montaña, en un clima cálido húmedo, con una temperatura mayor a 24°C y una precipitación anual entre 2000 y 4000 milímetros anuales. El tipo de relieve corresponde a valle estrecho desarrollado sobre sedimentos aluviales, en la forma del terreno de vega.

Los suelos dominantes en este ambiente están clasificados como Typic Udorthents familia arenosa sobre esquelética arenosa, isohipertérmica. Son suelos superficiales y bien drenados, las características diagnosticas que llevan a su clasificación son la presencia del epipedón ócrico en ausencia de endopedón, pedregosidad en el perfil y texturas arenosas. Están representados por el perfil modal H5 (Ver Tabla 213).

Tabla 213. Morfología del perfil H5 Typic Udorthents familia arenosa sobre esquelética arenosa

HORIZONTE PROFUNDIDAD	PRINCIPALES CARACTERISTICAS	PERFIL H5
Ap 00 -30 cm	Color en húmedo pardo grisáceo; textura arenosa; estructura en bloques subangulares medios, débiles; pH 5.5	
C 30 – 45 cm	Color en húmedo pardo grisaceo; textura Arenosa; sin estructura (grano suelto), 60% de pedregones redondeados; pH 5.0	

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

– Análisis físico-químicos. Estos suelos se caracterizan por presentar reacción medianamente acida pH (5,6-5,8), la relación Ca/Mg es normal, el fósforo disponible tiene una apreciación baja en todo el perfil, la materia orgánica es baja en todo el perfil, la fertilidad es muy baja. (Ver Tabla 214).

Tabla 214. Propiedades Físico-Químicas Perfil H5

Profundidad cm	Granulometría %			Clase textural	pH	C.O	Fertilidad		CIC cmol/kg	BT cmol/kg
	Arenas	Limos	Arcillas		1:1.	%	Valor	Calific.		
0 - 30	95.9	0	4.1	A	5.6	0.01	3.0	Muy Baja	<2.04	1.743
30 - 45	95.9	0	4.1	A	5.8	0.05			<2.04	1.418

Profundidad cm	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	K cmol/kg	Na cmol/kg	P cmol/kg	SAl %	SB %	Ca/Mg	Densidad Aparente
0 - 30	1.315	0.321	0.062	0.044	12.25	0	NA	4.09	1.12
30 - 45	1.052	0.320	0.042	0.004	10.95	0	NA	3.28	1.39

Este ambiente geomorfopedológico presenta las siguientes fases cartográficas:

– Fase MEAVc: Pendiente 7-12% y sin erosión.

3.10.2.11 Unidad geomorfopedologica MVAV: Vega de Vallecito en clima cálido húmedo. Typic Udorthents familia arenosa sobre esquelética arenosa. Perfil H5. Este ambiente está ubicado en todas la veredas de la cuenca, excepto en las veredas La Sardina, Colombia, San Juan del Barro, San Jose de Canelos y Capitolio. Ocupa un área de 2619,39 ha.

Este ambiente se ha desarrollado en el paisaje de montaña, en un clima cálido húmedo, con una temperatura mayor a 24°C y una precipitación anual entre 2000 y 4000 milímetros anuales. El tipo de relieve corresponde a vallecito desarrollado sobre sedimentos aluviales, en la forma del terreno de vega.

Los suelos dominantes en este ambiente están clasificados como Typic Udorthents familia arenosa sobre esquelética arenosa, isohipertérmica. Son suelos superficiales y bien drenados, las características diagnosticas que llevan a su clasificación son presencia del epipedón ócrico en ausencia de endopedón, pedregosidad en el perfil y texturas arenosas. Están representados por el perfil modal H5 (Ver Tabla 215).

Tabla 215. Morfología del perfil H5 Typic Udorthents familia arenosa sobre esquelética arenosa.

HORIZONTE PROFUNDIDAD	PRINCIPALES CARACTERISTICAS	PERFIL H5
Ap 00 -16 cm	Color en húmedo pardo grisáceo oscuro; textura franco arcillo arenosa; estructura en bloques subangulares medios, débiles; pH 5.5	
Bw1 16 – 55 cm	Color en húmedo pardo amarillento oscuro; textura franca; estructura en bloques subangulares, medios, débiles; pH 5.0	
C 55 – 90 cm	Color en húmedo amarillo pardusco; textura franco arenosa; sin estructura (grano suelto); pH 5.5	

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

– Análisis físico-químicos. Estos suelos se caracterizan por presentar reacción medianamente acida pH 5,6-5,8), la relación Ca/Mg es normal, el fósforo disponible tiene una apreciación baja en todo el perfil, la materia orgánica es baja en todo el perfil, la fertilidad es baja. (Ver Tabla 216).

Tabla 216. Propiedades Físico-Químicas Perfil H5

Profundidad cm	Granulometría %			Clase textural	pH	C.O	Fertilidad		CIC cmol/kg	BT cmol/kg
	Arenas	Limos	Arcillas		1:1.	%	Valor	Calific.		
0 - 30	95.9	0	4.1	A	5.6	0.01	3.0	Muy Baja	<2.04	1.743
30 - 45	95.9	0	4.1	A	5.8	0.05			<2.04	1.418

Profundidad cm	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	K cmol/kg	Na cmol/kg	P cmol/kg	SAl %	SB %	Ca/Mg	Densidad Aparente
0 - 30	1.315	0.321	0.062	0.044	12.25	0	NA	4.09	1.12
30 - 45	1.052	0.320	0.042	0.004	10.95	0	NA	3.28	1.39

Este ambiente geomorfopedológico presenta las siguientes fases cartográficas:

– Fase MVAVb: Pendiente 3-7% y sin erosión.
– Fase MVAVc: Pendiente 7-12% y sin erosión.

3.10.2.12 Unidad geomorfopedologica LLSC: Cima y ladera de lomas en clima cálido húmedo. Typic Hapludox familia fina. Perfil H10. Este ambiente está ubicado en todas la veredas Caldas, Damas Abajo, Colombia, San Juan del Barro, San José de Canelos y Capitolio. Ocupa un área de 11581,23 ha.

Este ambiente se ha desarrollado en el paisaje de lomerío, en un clima cálido húmedo, con una temperatura mayor a 24°C y una precipitación anual entre 2000 y 4000 milímetros anuales. El tipo de relieve corresponde a lomas desarrolladas sobre rocas sedimentarias principalmente areniscas, arcillolitas y conglomerados, en la forma del terreno de cimas y laderas.

Los suelos dominantes en este ambiente están clasificados como Typic Hapludox familia fina, isohipertérmica. Son suelos profundos y bien drenados, las características diagnosticas que llevan a su clasificación son la presencia del epipedón ócrico y endopedón oxico. Están representados por el perfil modal H10 (Ver Tabla 217).

Análisis físico-químicos. Estos suelos se caracterizan por presentar reacción muy fuertemente a fuertemente acida pH (4,8-5,1), la relación Ca/Mg es normal en el primer horizonte, muy amplia con deficiencia de magnesio en el segundo y normal en el resto del perfil, el fósforo disponible tiene una apreciación baja en todo el perfil, la materia orgánica es media en el primer horizonte y baja en el resto del perfil. La fertilidad es muy baja. (Ver Tabla 218).

Tabla 217. Morfología del perfil H10 Typic Hapludox familia fina

HORIZONTE PROFUNDIDAD	PRINCIPALES CARACTERISTICAS	PERFIL H5
Ap 00 -14 cm	Color en húmedo pardo amarillento oscuro; textura franco arcillosa; estructura en bloques subangulares medios, moderados; pH 5.5	
Bw1 14 – 72 cm	Color en húmedo pardo amarillento; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares, medios, fuertes; pH 5.0	
Bw2 72 – 100 cm	Color en húmedo pardo amarillento; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares, medios, fuertes; pH 5.0	

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 218. Propiedades Físico-Químicas Perfil H10

Profundidad cm	Granulometría %			Clase textural	pH	C.O	Fertilidad		SB %	Ca/Mg	Densidad Aparente
	Arenas	Limos	Arcillas		1:1.	%	Valor	Aparente			
0 - 13	52.5	8.0	39.5	ArA	4.8	2.74	3.5	Muy Baja	8.10	7.20	1.40
13 - 72	34.4	8.0	57.6	Ar	5.1	0.97			5.49	15.18	1.19
72 - 100	32.6	8.0	59.4	Ar	5.0	0.58			1.50	8.33	

Profundidad cm	CIC cmol/kg	BT cmol/kg	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	K cmol/kg	Na cmol/kg	P cmol/kg	SAl %
0 - 13	10.814	0.876	0.627	0.087	0.124	0.037	2.63	73.22
13 - 72	7.654	0.427	0.167	0.011	0.018	0.224	1.27	87.11
72 - 100	7.293	0.110	0.075	0.009	0.010	0.016	1.00	95.98

Este ambiente geomorfopedológico presenta las siguientes fases cartográficas:

- Fase LLSCb: Pendiente 3-7% y sin erosión.
- Fase LLSCb2: Pendiente 3-7% y erosión moderada.
- Fase LLSCc: Pendiente 7-12% y sin erosión.
- Fase LLSCc2: Pendiente 7-12% y erosión moderada.
- Fase LLSCd0: Pendiente 12-25% y sin erosión.
- Fase LLSCd1: Pendiente 12-25% y con erosión ligera.
- Fase LLSCd2: Pendiente 12-25% y con erosión moderada.
- Fase LLSCd3: Pendiente 12-25% y con erosión severa.
- Fase LLSCe0: Pendiente 25-50% y sin erosión.
- Fase LLSCe1: Pendiente 25-50% y con erosión ligera.
- Fase LLSCe2: Pendiente 25-50% y con erosión moderada.

3.10.2.13 Unidad geomorfopedologica LVAV: Vega de Vallecitos de lomerío, en clima cálido húmedo. Typic Endoaquepts familia fina. Perfil H11. Este ambiente está ubicado en todas la veredas San José de Canelos y Capitolio. Ocupa un área de 152,60 ha.

Este ambiente se ha desarrollado en el paisaje de lomerío, en un clima cálido húmedo, con una temperatura mayor a 24°C y una precipitación anual entre 2000 y 4000 milímetros anuales. El tipo de relieve corresponde a vallecitos desarrolladas sobre sedimentos aluviales, en la forma del terreno de vegas.

Los suelos dominantes en este ambiente están clasificados como Typic Endoaquepts familia fina, isohipertérmica. Son suelos muy superficiales y pobremente drenados, las características diagnosticas que llevan a su clasificación son la presencia del epipedón ócrico, endopedón cámbico y colores que evidencian reducción por ausencia de oxígeno. Están representados por el perfil modal H11 (Ver Tabla 219).

Análisis físico-químicos. Estos suelos se caracterizan por presentar reacción muy fuertemente acida pH (4,9-5,0), la relación Ca/Mg es estrecha en todo el perfil, el fósforo disponible tiene una apreciación baja en todo el perfil, la materia moderada en el primer horizonte y baja en el resto del perfil, la fertilidad es moderada. (Ver Tabla 220).

Este ambiente geomorfopedológico presenta las siguientes fases cartográficas:
Fase LVAVb: Pendiente 3-7% y sin erosión.
Fase LVAVc: Pendiente 7-12% y sin erosión.

Tabla 219. Morfología del perfil H11 Typic Endoaquepts familia fina

HORIZONTE PROFUNDIDAD	PRINCIPALES CARACTERISTICAS	PERFIL H11
Ap 00 -20 cm	Color en húmedo gris; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares medios, débiles; pH 5.5	
Bg 20 – 37x cm	Color en húmedo gris claro; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares, medios, débiles; pH 5.0	

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 220. Propiedades Físico-Químicas Perfil H11

Profundidad cm	Granulometría %			Clase textural	pH	CT	M.O	Fertilidad		SB %	Ca/Mg
	Arenas	Limos	Arcillas		1:1.	%	%	Valor	Calific.		
0 - 15	95.9	0	4.1	A	5.6	4.19		5.4	Moderada	1.83	0.76
15 - 100	95.9	0	4.1	A	5.8	1.97				1.60	0.53

Profundidad cm	CIC cmol/kg	BT cmol/kg	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	K cmol/kg	Na cmol/kg	P cmol/kg	SAI %	Densidad Aparente
0 - 15	21.886	0.401	0.095	0.124	0.144	0.039	0.63	94.59	0.93
15 - 100	19.374	0.310	0.057	0.106	0.110	0.037	<0.37	96.00	0.96

3.10.2.14 Unidad geomorfopedologica PAAT: Ápice, cuerpo y base de Abanicos de piedemonte, en clima cálido húmedo. Oxic Dystrudepts familia muy fina. Perfil H1. Este ambiente está ubicado en Florencia y Caldas. Ocupa un área de 668,34 ha.

Este ambiente se ha desarrollado en el paisaje de Piedemonte, en un clima cálido húmedo, con una temperatura mayor a 24°C y una precipitación anual entre 2000 y 4000 milímetros anuales. En el tipo de relieve de Abanico desarrollado sobre sedimentos aluviales, en las formas del terreno de Ápice, Cuerpo y Base.

Los suelos dominantes en este ambiente están clasificados como Oxic Dystrudepts familia muy fina. Son suelos profundos y bien drenados, las características diagnosticas que llevan a su clasificación son la presencia del epipedón ócrico y endopedón cámbico. Están representados por el perfil modal H1 (Ver Tabla 221).

Tabla 221. Morfología del perfil H1. Oxic Dystrudepts familia muy fina

HORIZONTE PROFUNDIDAD	PRINCIPALES CARACTERISTICAS	PERFIL H1
Ap 00 -12 cm	Color en húmedo pardo amarillento oscuro; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares finos y medios, moderados; pH 5.5	
Bw1 12 – 70 cm	Color en húmedo pardo pálido; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares, medios, moderados; pH 5.0	
Bw2 70 – 105 cm	Color en húmedo pardo amarillento; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares, medios, débiles a moderados; pH 5.0	

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

– Análisis físico-químicos.Estos suelos se caracterizan por presentar reacción fuertemente a medianamente acida pH (5,5-5,8), la relación Ca/Mg es normal en los dos primeros horizontes y estrecha en el resto del perfil, el fósforo disponible tiene una apreciación baja en todo el perfil, la materia orgánica es alta en el primer horizonte y baja en el resto del perfil, la fertilidad es baja. (Ver Tabla 222).

Tabla 222. Propiedades Físico-Químicas Perfil H1

Profundidad cm	Granulometría %			Clase textural	pH	C.T	Fertilidad		CIC cmol/kg	BT cmol/kg
	Arenas	Limos	Arcillas		1:1.	%	Valor	Calific.		
0 - 12	44.4	16.3	39.9	FAr	5.5	5.01	4.9	Baja	23.175	0.809
12 - 70	12.4	22.	65.5	Ar	5.8	0.72			21.131	0.319
70 - 105	20.4	10.0	69.6	Ar	5.7	0.25			16.767	0.319

Profundidad cm	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	K cmol/kg	Na cmol/kg	P cmol/kg	SAl %	SB %	Ca/Mg	Densidad Aparente
0 - 12	0.373	0.175	0.241	0.021	2.26	86.68	3.49	2.13	0.88
12 - 70	0.101	0.043	0.150	0.025	0.53	0	1.51	2.34	1.20
70 - 105	0.030	0.074	0.191	0.025	0.42	0	1.90	0.40	

Este ambiente geomorfopedológico presenta las siguientes fases cartográficas:

- Fase PAATb2: Pendiente 3-7% y erosión moderada.
- Fase PAATd2: Pendiente 12-25% y con erosión moderada.
- Fase PAATe2: Pendiente 25-50% y con erosión moderada.

3.10.2.15 Unidad geomorfopedologica PVAV: Vega de Vallecitos de Piedemonte, en clima cálido húmedo. Oxic Dystrudepts familia franca fina. Perfil H2. Este ambiente está ubicado en Florencia y Caldas. Ocupa un área de 51,74 ha. Este ambiente se ha desarrollado en el paisaje de Piedemonte, en un clima cálido húmedo, con una temperatura mayor a 24°C y una precipitación anual entre 2000 y 4000 milímetros anuales. En el tipo de relieve de Vallecitos desarrollado sobre sedimentos aluviales, en la forma del terreno de Vega.

Los suelos dominantes en este ambiente están clasificados como Oxic Dystrudepts familia franca fina, isohipertérmica. Son suelos profundos y bien drenados, las características diagnosticas que llevan a su clasificación son la presencia del epipedón ócrico, endopedón cámbico y texturas medias. Están representados por el perfil modal H2 (Ver Tabla 223).

- Análisis físico-químicos. Estos suelos se caracterizan por presentar reacción fuertemente acida pH (5,2-5,3), la relación Ca/Mg es estrecha en todo el perfil, el fósforo disponible tiene una apreciación baja en todo el perfil, la materia orgánica es baja en todo el perfil, la fertilidad es baja. (Ver Tabla 224).

Este ambiente geomorfopedológico presenta las siguientes fases cartográficas:
Fase PVAVc0: Pendiente 7-12% y sin erosión.

Tabla 223. Morfología del perfil H2. Oxic Dystrudepts familia franca fina

HORIZONTE PROFUNDIDAD	PRINCIPALES CARACTERISTICAS	PERFIL H2
Ap 00 - 8 cm	Color en húmedo pardo amarillento oscuro; textura franco arcillo arenosa; estructura en bloques subangulares finos, moderados; pH 6.0	
Bw1 8 – 100 cm	Color en húmedo amarillo pardusco; textura franco arcillosa; estructura en bloques subangulares, finos y medios, moderados; pH 5.5	

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 224. Propiedades Físico-Químicas Perfil H2

Profundidad cm	Granulometría %			Clase textural	pH	C.T	Fertilidad		CIC cmol/kg	BT cmol/kg
	Arenas	Limos	Arcillas		1:1.	%	Valor	Calific.		
0 - 8	75.6	8.1	16.3	FA	5.2	1.22	4.7	Baja	5.995	0.484
8 - 100	57.3	10.1	32.6	FArA	5.3	0.68			10.277	0.341

Profundidad cm	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	K cmol/kg	Na cmol/kg	P cmol/kg	SAl %	SB %	Ca/Mg	Densidad Aparente
0 - 8	0.182	0.207	0.083	0.012	1.27	86.15	8.07	0.87	1.46
8 - 100	0.098	0.082	0.083	0.077	<0.37	93.88	3.31	1.19	1.36

3.10.2.16 Unidad geomorfopedologica VT2AP: Plano de Terraza nivel 2, del paisaje de Valle, en clima cálido húmedo. Typic Hapludox familia fina. Perfil H12. Este ambiente está ubicado en Florencia y Caldas. Ocupa un área de 157,11 ha. Este ambiente se ha desarrollado en el paisaje de Valle, en un clima cálido húmedo, con una temperatura mayor a 24°C y una precipitación anual entre 2000 y 4000 milímetros anuales. En el tipo de relieve de Terraza nivel 2 desarrollada sobre sedimentos aluviales, en la forma del terreno de Plano.

Los suelos dominantes en este ambiente están clasificados como Typic Hapludox familia fina, isohipertérmica. Son suelos profundos y bien drenados, las características diagnosticas que llevan a su clasificación son la presencia del epipedón ócrico y endopedón óxico. Están representados por el perfil modal H12 (Tabla 225)

Tabla 225. Morfología del perfil H12. Typic Hapludox familia fina

HORIZONTE PROFUNDIDAD	PRINCIPALES CARACTERISTICAS	PERFIL H2
Ap 00 - 8 cm	Color en húmedo pardo amarillento oscuro; textura franco arcillosa; estructura en bloques subangulares finos y medios, moderados; pH 6.0	
Bw1 8 – 55 cm	Color en húmedo pardo amarillento; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares, finos y medios, moderados; pH 5.5	
Bw1 55 – 100 cm	Color en húmedo amarillo pardusco; textura arcillosa; estructura en bloques subangulares, finos y medios, moderados; pH 5.5	

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

Análisis físico-químicos.Estos suelos se caracterizan por presentar reacción muy fuertemente a fuertemente acida pH (4,8-5,1), la relación Ca/Mg es normal, el fósforo disponible tiene una apreciación baja en todo el perfil, la materia orgánica es media en el primer horizonte y baja en el resto del perfil, la fertilidad es muy baja. (Ver Tabla 226).

Tabla 226. Propiedades Físico-Químicas Perfil H12

Profundidad cm	Granulometría %			Clase textural	pH	C.T	Fertilidad		CIC cmol/kg	BT cmol/kg
	Arenas	Limos	Arcillas		1:1.	%	Valor	Calific.		
0 - 8	60.5	12.2	27.3	FArA	4.8	2.50	3.5	Muy Baja	14.483	0.685
8 - 56	36.3	10.0	53.7	Ar	5.1	0.90			9.560	0.154
56-100	32.5	11.9	55.6	Ar	5.2	0.66			8.370	0.150

Tabla 226 (Continuación). Propiedades Físico-Químicas Perfil H12

Profundidad cm	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	K cmol/kg	Na cmol/kg	P cmol/kg	SAl %	SB %	Ca/Mg	Densidad Aparente
0 - 8	0.431	0.081	0.120	0.053	1.18	80.12	4.73	5.32	1.19
8 - 56	0.061	0.017	0.027	0.049	0.74	95.82	1.61	3.58	1.32
56-100	0.075	0.012	0.022	0.041	1.30	95.77	1.79	6.25	

Este ambiente geomorfopedológico presenta las siguientes fases cartográficas:

- Fase VT2APc1: Pendiente 7-12% y erosión ligera.
- Fase VT2APd1: Pendiente 12-25% y con erosión ligera.

3.10.2.17 Unidad geomorfopedologica VT1AP: Plano de Terraza nivel 1, del paisaje de Valle, en clima cálido húmedo. Oxic Dystrudepts, franca fina. Perfil SHC-130 (IGAC). Este ambiente está ubicado en Florencia y Caldas. Ocupa un área de 1111,65 ha. Este ambiente se ha desarrollado en el paisaje de Valle, en un clima cálido húmedo, con una temperatura mayor a 24°C y una precipitación anual entre 2000 y 4000 milímetros anuales. En el tipo de relieve de Terraza nivel 1 desarrollada sobre sedimentos aluviales, en la forma del terreno de Plano.

Los suelos dominantes en este ambiente están clasificados como Oxic Dystrudepts, familia franca fina, isohipertérmica. Son suelos profundos y bien drenados, las características diagnosticas que llevan a su clasificación son la presencia del epipedón ócrico y endopedón cámbico. Están representados por el perfil modal SHC-130 (Ver Tabla 227).

- Análisis físico-químicos. Estos suelos se caracterizan por presentar reacción fuertemente acida en el primer horizonte y moderadamente ácida en el resto del perfil, el contenido de materia orgánica es bajo en todo el perfil. El porcentaje de la saturación de aluminio muestra niveles tóxicos para la mayoría de los cultivos en los dos primeros horizontes y niveles normales en el tercero y cuarto horizontes; la capacidad de intercambio catiónico es baja en todo el perfil. La relación Ca/Mg es estrecha a invertida en algunos horizontes y la fertilidad es muy baja (Ver Tabla 228).

Este ambiente geomorfopedológico presenta las siguientes fases cartográficas:

- Fase VT1APa: Pendiente 0-3% y sin erosión.
- Fase VT1APb: Pendiente 3-7% y sin erosión.
- Fase VT1APc: Pendiente 7-12% y sin erosión.
- Fase VT1APd: Pendiente 12-25% y sin erosión

Tabla 227. Morfología del perfil SHC-130. Oxic Dystrudepts, familia franca fina, isohipertérmica.

HORIZONTE PROFUNDIDAD	PRINCIPALES CARACTERISTICAS	PERFIL SHC-130
Ap 00 - 38 cm	Color en húmedo pardo amarillento oscuro; textura franca; estructura en bloques subangulares finos y medios, moderados; pH 5.3	
Bw1 38 – 64 cm	Color en húmedo pardo amarillento oscuro; textura franca; estructura en bloques subangulares, finos y medios, moderados; pH 5.6	
Bw1 64 – 99 cm	Color en húmedo pardo amarillento oscuro; textura franca; estructura en bloques subangulares, finos y medios, moderados; pH 5.7	
Bw1 99 – 120 cm	Color en húmedo pardo grisáceo; textura franca; estructura en bloques subangulares, medios y gruesos, moderados; pH 5.7	

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 228. Propiedades Físico-Químicas Perfil SHC-130

Profundidad cm	Granulometría %			Clase textural	pH	C.O	Fósforo ppm	Fertilidad		CICA
	Arenas	Limos	Arcillas		1:1.	%		Valor	Calific.	
0 - 38	50.98	31.25	17.77	F	5.3	0.42	1.8	3.1	Muy Baja	5.1
38 - 64	47.59	32.05	20.36	F	5.6	0.37	1.3			5.2
64 - 99	44.63	35.59	19.78	F	5.7	0.22	2.3			4.5
99 - 120	49.1	33.06	17.84	F	5.7	0.12	0.6			4.1

Profundidad cm	BT	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	K cmol/kg	Na cmol/kg	SAl %	SB %	Ca/Mg	Densidad Aparente
0 - 38	0.49	0.20	0.15	0.09	0.05	85.96	9.6	1.33	1.56
38 - 64	0.28	0.06	0.11	0.08	0.03	90.60	5.4	0.54	1.64
64 - 99	0.34	0.04	0.10	0.08	0.12		7.6	0.4	
99 - 120	0.77	0.51	0.11	0.08	0.07		18.8	4.63	

3.10.2.18 Unidad geomorfopedologica VIAD: Cubeta de desborde, del plano de inundación del paisaje de Valle, en clima cálido húmedo. Fluvaquentic Humaquepts, franca gruesa, isohipertérmica. Perfil SHC-138 (IGAC). Este ambiente está ubicado en Florencia y en las veredas Capitolio y San José de Canelos. Ocupa un área de 1111,65 ha.

Este ambiente se ha desarrollado en el paisaje de Valle, en un clima cálido húmedo, con una temperatura mayor a 24°C y una precipitación anual entre 2000 y 4000 milímetros anuales. En el tipo de relieve de Plano de inundación desarrollado sobre sedimentos aluviales, en la forma del terreno de Cubeta de desborde.

Los suelos dominantes en este ambiente están clasificados como Fluvaquentic Humaquepts, franca gruesa, isohipertérmica. Son suelos superficiales y pobremente drenados, las características diagnosticas que llevan a su clasificación son la presencia del epipedón umbrico y endopedón cámbico, en condiciones de mal drenaje. Están representados por el perfil modal SHC-138 (Ver Tabla 229).

Tabla 229. Morfología del perfil SHC-138. Fluvaquentic Humaquepts, franca gruesa, isohipertérmica.

HORIZONTE PROFUNDIDAD	PRINCIPALES CARACTERISTICAS	PERFIL SHC-138
Ap 00 - 29 cm	Color en húmedo pardo grisáceo muy oscuro; textura franco limosa; estructura en bloques subangulares finos y gruesos, moderados; pH 5.6	
Bw1 29 – 69 cm	Color en húmedo pardo oliva oscuro; textura franca; estructura en bloques subangulares, finos y medios, moderados; pH 5.7	
Bw1 69 – 120 cm	Color en húmedo pardo oliva oscuro, con moteados pardo fuerte y gris oscuro; textura franco limosa; sin estructura, masivo; pH 5.7	

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

– Análisis físico - químicos. Estos suelos se caracterizan por presentar reacción moderadamente acida en todo el perfil, así como el contenido de materia orgánica. El porcentaje de la saturación de aluminio muestra niveles limitantes para cultivos

tolerantes en el primer horizonte y valores normales en el resto del perfil; la capacidad de intercambio catiónico es baja en todo el perfil. La saturación de bases es media en el primer horizonte y alta en el resto del perfil; la relación Ca/Mg es estrecha en el primer horizonte presentando déficit de calcio y normal en el segundo y tercer horizontes, las relaciones Mg/K y Ca/K son amplias en todo el perfil presentando déficit de potasio y la fertilidad natural es baja (Tabla 230).

Tabla 230. Propiedades Físico-Químicas Perfil SHC-138

Profundidad cm	Granulometría %			Clase textural	pH	C.O	Fósforo ppm	Fertilidad		CICA
	Arenas	Limos	Arcillas		1:1.	%		Valor	Calific.	
0 - 29	10.01	67.77	22.22	FL	5.6	0.68	14.0	4.9	Baja	6.7
29 - 69	48.75	38.05	13.2	F	5.7	0.32	12.9			4.5
69 - 120	12.23	66.11	21.66	FL	5.7	0.52	12.3			6.9

Profundidad cm	BT	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	K cmol/kg	Na cmol/kg	SAl %	SB %	Ca/Mg	Densidad Aparente
0 - 29	2.86	1.70	1.00	0.15	0.01	53.57	42.7	1.7	1.27
29 - 69	2.34	1.50	0.66	0.15	0.03	0	52,0	2.27	1.37
69 - 120	4.47	3.00	1.30	0.12	0.05	0	64.8	2.30	

Este ambiente geomorfopedológico presenta la siguientes fase cartográfica:

- Fase VIADia: Inundaciones en pendiente 0-3%.

3.10.2.19 Unidad geomorfopedologica VIAO: Orillares, del plano de inundación del paisaje de Valle, en clima cálido húmedo. Fluvaquentic Endoaquepts, franca gruesa, isohipertérmica, Fluvaquentic Endoaquepts, limosa fina, isohipertérmica, Typic Endoaquents, limosa gruesa sobre arenosa, isohipertérmica. Perfiles SHM-250, SHC-152, SHC-153 (IGAC). Este ambiente está ubicado en Florencia y en las veredas Capitolio y San José de Canelos. Ocupa un área de 1618,36 ha. Este ambiente se ha desarrollado en el paisaje de Valle, en un clima cálido húmedo, con una temperatura mayor a 24°C y una precipitación anual entre 2000 y 4000 milímetros anuales. En el tipo de relieve de Plano de inundación desarrollado sobre sedimentos aluviales, en la forma del terreno de Orillares.

Los suelos dominantes en este ambiente están clasificados como Fluvaquentic Endoaquepts, franca gruesa, isohipertérmica en un 40%, Fluvaquentic Endoaquepts, limosa fina, isohipertérmica en un 30%, Typic Endoaquents, limosa gruesa sobre arenosa, isohipertérmica con el 30%. Perfiles SHM-250, SHC-152, SHC-153 (IGAC). Son suelos superficiales y muy superficiales, pobremente drenados, extremada y muy fuertemente ácidos, baja a alta saturación de aluminio, fertilidad moderada y baja. (Ver Tabla 231 a Tabla 236).

Tabla 231. Morfología del perfil SHM-250. Fluvaquentic Endoaquepts, franca gruesa, isohipertérmica.

HORIZONTE PROFUNDIDAD	PRINCIPALES CARACTERISTICAS	PERFIL SHM-250
Ap 00 - 27 cm	Color en húmedo pardo, con moteados pardo fuerte en un 10%; textura franco limosa; estructura en bloques subangulares finos y medios, moderados; pH 4.9	
ABg 27 – 48 cm	Color en húmedo pardo grisáceo; textura franco limosa; estructura en bloques subangulares, medios y gruesos, moderados; pH 4.7	
Bg 48 – 60 cm	Color en húmedo pardo, con moteados pardo fuerte en un 10%; textura franco limosa; estructura en bloques subangulares finos y medios, moderados; pH 4.9	
C1 60 - 72	Color en húmedo pardo oliva claro; textura arenosa franca; sin estructura (grano suelto); pH 4.9	
C2 72 – 82 cm	Color en húmedo pardo, con moteados rojo amarillento; textura franco arenosa; sin estructura (grano suelto); pH 4.7	
C3 82 - 120	Color en húmedo pardo, con moteados pardo fuerte; textura arenosa; sin estructura (grano suelto); pH 4.8	

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

– Análisis físico-químicos. Estos suelos se caracterizan por presentar reacción muy fuertemente ácida en todo el perfil, el contenido de materia orgánica es bajo. El porcentaje de saturación de aluminio muestra niveles normales en los cuatro primeros horizontes, en el quinto presenta niveles limitantes para cultivos tolerantes; la capacidad de intercambio catiónico es baja. La saturación de bases es alta en todo el perfil; la relación Ca/Mg es estrecha en los dos primeros horizontes presentando déficit de calcio, en el tercer horizonte es invertida con alto déficit de calcio y niveles normales en el resto del perfil. La fertilidad natural es moderada (Tabla 232).

Tabla 232. Propiedades Físico-Químicas Perfil SHM-250

Profundidad cm	Granulometría %			Clase textural	pH	C.O	Fósforo ppm	Fertilidad		CICA
	Arenas	Limos	Arcillas		1:1.	%		Valor	Calific.	
0 - 27	14.86	66.63	18.51	FL	4.9	0.56	15	5.4	Moderada	6.8
27- 48	19.1	63.06	17.84	FL	4.7	0.32	20.8			5.7
48 – 60	30.36	66.07	13.57	FL	4.9	0.21	24.4			4.3
60 – 72	82	14	4	AF	4.9	0.07	12.7			2.1
72 – 82	50.63	42.7	6.67	FA	4.7	0.23	24.80			3.50
82 - 120	89.75	9.11	1.14	A	4.8	0.08	13.10			2.30

Profundidad cm	BT	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	K cmol/kg	Na cmol/kg	SAl %	SB %	Ca/Mg	Densidad Aparente
0 - 27	5.25	2.70	2.40	0.11	0.04	4.20	77.2	1.12	1.54
27- 48	5.62	3.20	2.30	0.08	0.04	9.94	98.6	1.39	1.42
48 – 60	12.80	2.00	10.60	0.06	0.14	4.26	SAT	0.18	1.36
60 – 72	1.21	0.93	0.23	0.04	0.01	13.57	57.6	4.04	
72 – 82	1.86	1.40	0.37	0.07	0.02	39.22	53.1	3.78	
82 - 120	1.34	0.99	0.27	0.04	0.04	19.28	58.3	3.66	

Tabla 233. Morfología del perfil SHC-152. Fluvaquentic Endoaquepts, limosa fina, isohipertérmica.

HORIZONTE PROFUNDIDAD	PRINCIPALES CARACTERISTICAS	PERFIL SHC-152
Ap 00 - 08 cm	Color en húmedo gris oscuro, con moteados rojo amarillento en un 10%; textura franco arcillo limosa; estructura en bloques subangulares finos y medios, moderados; pH 4.5	
Bg1 08 – 16 cm	Color en húmedo pardo grisáceo oscuro, con moteados rojo amarillento en un 15%; textura arcillo limosa; estructura en bloques subangulares, medios, moderados; pH 4.4	
2Bg2 16 – 50 cm	Color en húmedo gris, con moteados rojo oscuro en un 15%; textura franco limosa; estructura en bloques subangulares medios, moderados; pH 4.7	
C1 50 - 95	Color en húmedo pardo grisáceo oscuro, con moteados rojo amarillento en un 15%; textura franco limosa; estructura en bloques subangulares medios, moderados; pH 4.9	
C2 95 – 125 cm	Color en húmedo gris oscuro, con moteados pardo grisáceo oscuro en un 30%; textura franco limosa; sin estructura (masivo); pH 4.9	

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

– Análisis físico-químicos. Estos suelos se caracterizan por presentar reacción extremadamente ácida en los dos primeros horizontes y muy fuertemente ácida en el segundo y tercer horizonte, el contenido de materia orgánica es bajo en todo el perfil.

El porcentaje de la saturación de aluminio muestra niveles limitantes para cultivos tolerantes en los dos primeros horizontes y normales en el resto del perfil; la capacidad de intercambio catiónico es media en los dos primeros horizontes y baja en el resto del perfil. La saturación de bases es baja en el primer horizonte, media en el segundo y alta en el resto del perfil; la relación Ca/Mg es estrecha en el primer, segundo horizonte y parte inferior del perfil presentando bajo déficit de calcio y normal en el tercer horizonte, la relación Mg/K es estrecha en el primer horizonte y amplia en el resto del perfil presentando déficit de magnesio, la relación Ca/K es estrecha y la fertilidad natural es moderada (Tabla 234)

Tabla 234. Propiedades Físico-Químicas Perfil SHC-152

Profundidad cm	Granulometría %			Clase textural	pH	C.O	Fósforo ppm	Fertilidad		CICA
	Arenas	Limos	Arcillas		1:1.	%		Valor	Calific.	
0 - 8	0.45	59.94	39.61	FArL	4.5	1.40	77.3	5.7	Moderada	15.8
8 - 16	0.53	55.54	43.93	ArL	4.4	0.73	17.7			13.8
16 – 50	1.05	72.83	26.12	FL	4.7	0.55	10.8			9
50 – 95	11.11	64.93	23.96	FL	4.9	0.51	11.2			7.8
95 - 125	32.22	52.55	15.23	FL	4.9	0.38	16.70			5.3

Profundidad cm	BT	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	K cmol/kg	Na cmol/kg	SAl %	SB %	Ca/Mg	Densidad Aparente
0 - 8	3.78	2.10	1.10	0.49	0.09	37.83	23.9	1.90	1.26
8 - 16	5.20	3.10	1.70	0.33	0.07	42.22	37.7	1.82	1.28
16 – 50	6.10	3.80	1.90	0.21	0.19	14.08	67.8	2	1.20
50 – 95	4.97	3.00	1.70	0.11	0.16	11.72	63.7	1.76	1.25
95 - 125	3.94	2.50	1.30	0.09	0.05	7.94	74.3	1.92	

Tabla 235. Morfología del perfil SHC-153. Typic Endoaquents, limosa gruesa sobre arenosa, isohipertérmica.

HORIZONTE PROFUNDIDAD	PRINCIPALES CARACTERISTICAS	PERFIL SHC-153
Ap 00 - 25 cm	Color en húmedo gris oscuro, con moteados rojo amarillento en un 10%; textura franco arcillo limosa; estructura en bloques subangulares finos y medios, moderados; pH 4.5	
Bg1 25 – 70 cm	Color en húmedo pardo grisáceo oscuro, con moteados rojo amarillento en un 15%; textura arcillo limosa; estructura en bloques subangulares, medios, moderados; pH 4.4	
2Bg2 70 – 145 cm	Color en húmedo gris, con moteados rojo oscuro en un 15%; textura franco limosa; estructura en bloques subangulares medios, moderados; pH 4.7	

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

– Análisis físico-químicos.Estos suelos se caracterizan por presentar reacción muy fuertemente ácida y con bajo contenido de materia orgánica en todo el perfil. El porcentaje de saturación de aluminio muestra niveles limitantes para cultivos tolerantes en todo el perfil; la capacidad de intercambio catiónico es media en el primer horizonte y baja en el resto del perfil. La saturación de bases es media en el primer horizonte y alta en el resto del perfil; la relación Ca/Mg es estrecha en el primer y segundo horizontes presentado déficit de calcio y la fertilidad natural es baja (Ver Tabla 236).

Tabla 236. Propiedades Físico-Químicas Perfil SHC-153

Profundidad cm	Granulometría %			Clase textural	pH	C.O	Fósforo ppm	Fertilidad		CICA
	Arenas	Limos	Arcillas		1:1.	%		Valor	Calific.	
0 - 25	29.4	25.9	44.7	Ar	4.6	0.70	10.4	4.4	Bajo	11.9
25 – 70	22	63.9	14.1	FL	5.0	0.36	0.4			6.2
70 - 145	93.26	4.26	2.48	A	4.8	0.04	0.04			0.8

Tabla 236 (Continuación). Propiedades Físico-Químicas Perfil SHC-153

Profundidad cm	BT	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	K cmol/kg	Na cmol/kg	SAl %	SB %	Ca/Mg	Densidad Aparente
0 - 8	5.23	2.90	2.0	0.18	0.15	33.21	43.9	1.45	1.42
8 - 16	3.74	2.10	1.50	0.08	0.06	41.01	60.3	1.4	1.48
16 – 50	0.73	0.47	0.22	0.03	0.01	27.72	86.9	2.13	

Este ambiente geomorfopedológico presenta las siguientes fases cartográficas:
Fase VIAOia: Inundaciones en pendiente 0-3%.

3.10.2.20 Unidad geomorfopedologica VIAM: Meandros abandonados, del plano de inundación del paisaje de Valle, en clima cálido húmedo. Typic Endoaquepts, franca fina, isohipertérmica. Perfil SHC-133(IGAC). Este ambiente está ubicado en Florencia y en las veredas Capitolio y San José de Canelos. Ocupa un área de 1618,36 ha.

Este ambiente se ha desarrollado en el paisaje de Valle, en un clima cálido húmedo, con una temperatura mayor a 24°C y una precipitación anual entre 2000 y 4000 milímetros anuales. En el tipo de relieve de Plano de inundación desarrollado sobre sedimentos aluviales, en la forma del terreno de Meandros abandonados.

Los suelos dominantes en este ambiente están clasificados como Typic Endoaquepts, franca fina, isohipertérmica. Perfil SHC-133 (IGAC). Son suelos son superficiales y muy superficiales, pobremente drenados, extremada y muy fuertemente ácidos, baja a alta saturación de aluminio, fertilidad moderada y baja, las características diagnosticas que llevan a su clasificación son la presencia del epipedón ócrico, endopedón cámbico, en condiciones de mal drenaje. (Ver Tabla 237).

– Análisis físico-químicos. Estos suelos se caracterizan por presentar reacción fuertemente ácida en el primero y tercer horizonte y en el segundo horizonte muy fuertemente ácida, el contenido de materia orgánica es bajo en todo el perfil. El porcentaje de la saturación de aluminio muestra niveles tóxicos para la mayoría de cultivos en todo el perfil; la capacidad de intercambio catiónico es baja en todo el perfil. La saturación de bases es baja en todo el perfil; la relación Ca/Mg es estrecha en el primer horizonte presentando bajo déficit de calcio, en el segundo y tercer horizontes es invertida presentando alto déficit de calcio, la relación Mg/K es estrecha en los dos primeros horizontes presentando déficit de magnesio, en el tercer horizonte la relación es amplia presentando déficit de potasio; la relación Ca/K es estrecha en todo el perfil presentando déficit de calcio y la fertilidad natural es muy baja (Ver Tabla 238).

Tabla 237. Morfología del perfil SHC-133. Fluvaquentic Endoaquepts, franca fina, isohipertérmica.

HORIZONTE PROFUNDIDAD	PRINCIPALES CARACTERISTICAS	PERFIL SHC-133
Ap 00 - 47 cm	Color en húmedo gris, con moteados pardo amarillento en un 30%; textura franca; estructura en bloques subangulares gruesos, débiles; pH 5.1	
Bg 47 – 82 cm	Color en gris, con moteados amarillo pardusco en un 20%; textura franca; estructura en bloques subangulares, gruesos, débiles; pH 5.0	
Cg 82 – 120 cm	Color en húmedo gris; textura franco arcillosa; sin estructura, masivo; pH 5.4	

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 238. Propiedades Físico-Químicas Perfil SHC-133

Profundidad cm	Granulometría %			Clase textural	pH	C.O	Fósforo ppm	Fertilidad		CICA
	Arenas	Limos	Arcillas		1:1.	%		Valor	Calific.	
0 - 27	44.79	41.41	13.8	F	5.1	0.60	1.9	3.6	Muy Baja	3.6
72 – 82	35.61	38.12	26.27	F	5.0	0.26	1.6			5.5
82 - 120	24.19	46.08	29.73	FAr	5.4	0.19	2.5			8.5

Profundidad cm	BT	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	K cmol/kg	Na cmol/kg	SAl %	SB %	Ca/Mg	Densidad Aparente
0 - 27	0.56	0.24	0.16	0.13	0.03	74.07	15.6	1.5	1.50
72 – 82	0.53	0.15	0.24	0.12	0.02	87.76	9.6	0.62	1.69
82 - 120	1.12	0.36	0.59	0.15	0.02	81.70	13.2	0.61	

Este ambiente geomorfopedológico presenta las siguientes fases cartográficas:

- Fase VIAMia: Inundaciones en pendiente 0-3%.

3.10.2.21 Unidad geomorfopedologica VIAV: Fluvaquentic Endoaquepts, franca gruesa, isohipertérmica, Aeric Humaquepts, franca fina, isohipertérmica, Aquic Udifluvents, franca gruesa sobre esquelética franca, isohipertérmica. Perfiles SHC-128, SHC-164, SHM-211 (IGAC). Este ambiente está ubicado en Florencia y en las veredas Capitolio y San José de Canelos. Ocupa un área de 1618,36 ha.

Este ambiente se ha desarrollado en el paisaje de Valle, en un clima cálido húmedo, con una temperatura mayor a 24°C y una precipitación anual entre 2000 y 4000 milímetros anuales. En el tipo de relieve de Plano de inundación desarrollado sobre sedimentos aluviales, en la forma del terreno de Vega.

Los suelos dominantes en este ambiente están clasificados como Fluvaquentic Endoaquepts, franca gruesa, isohipertérmica, Aeric Humaquepts, franca fina, isohipertérmica, Aquic Udifluvents, franca gruesa sobre esquelética franca, isohipertérmica. Perfiles SHC-128, SHC-164, SHM-211 (IGAC). Los suelos son superficiales y muy superficiales, muy pobre, pobre e imperfectamente drenados, extremada a ligeramente ácidos, baja a muy alta saturación de aluminio, fertilidad moderada, baja y muy baja. (Ver Tabla 239 a Tabla 244).

Tabla 239. Morfología del perfil SHC-128. Fluvaquentic Endoaquepts, franca gruesa, isohipertérmica.

HORIZONTE PROFUNDIDAD	PRINCIPALES CARACTERISTICAS	PERFIL SHC-128
Ap 00 - 30 cm	Color en húmedo gris muy oscuro, con moteados pardo fuerte en un 30%; textura franco limosa; estructura en bloques subangulares finos y medios, gruesos; pH 4.8	
Bg1 30 – 42 cm	Color en húmedo pardo grisáceo oscuro, con moteados pardo fuerte en un 15%; textura franca; estructura en bloques subangulares, gruesos débiles; pH 5.5	
Bg2 42 – 56 cm	Color en húmedo gris oscuro, con moteados pardo fuerte en un 35%; textura franco limosa; estructura en bloques subangulares gruesos, moderados; pH 5.8	
Cg1 56 - 69	Color en húmedo gris oscuro, con moteados amarillo rojizo en un 15%; textura franca; sin estructura (masivo); pH 6.4	
Cg2 69 – 104 cm	Color en húmedo gris oscuro, con moteados amarillo rojizo en un 10%; textura franca; sin estructura (masivo); pH 5.8	
2C 104 - 120	Color en húmedo gris; textura franco arenosa; sin estructura (grano suelto); pH 5.1	

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

– Análisis físico-químicos. Los resultados de los análisis químicos de los suelos indican reacciones muy fuertemente ácidas en el primer horizonte, fuertemente acida en el segundo y último horizonte y moderadamente acida en el tercero y quinto horizonte y ligeramente acida en el cuarto horizonte, el contenido de materia orgánica es bajo en todo el perfil. El porcentaje de la saturación de aluminio muestra niveles limitantes para los cultivos moderadamente tolerantes en el primero y ultimo horizontes y niveles normales en el resto del perfil; la capacidad de intercambio cationa es bajo. La saturación de bases es alta en todo el perfil; la relación Ca/Mg es estrecha en el primero, tercero y cuarto horizontes presentando déficit de calcio, en el segundo y quinto horizontes, presentan niveles amplios con déficit de magnesio y niveles normales en el último horizonte. La fertilidad natural es moderada (Tabla 240).

Tabla 240. Propiedades Físico-Químicas Perfil SHC-128

Profundidad cm	Granulometría %			Clase textural	pH	C.O	Fósforo ppm	Fertilidad		CICA
	Arenas	Limos	Arcillas		1:1.	%		Valor	Calific.	
0 - 30	0.73	75.49	23.78	FL	4.8	0.77	18.2	5.4	Moderada	7.5
30 - 42	38.95	48.6	12.45	F	5.5	0.34	16.9			4.0
42 – 56	9.89	75.2	14.91	FL	5.8	0.51	9.7			5.8
56 – 69	49.12	40.16	10.72	F	6.4	0.31	25.8			4.4
69 – 104	45.82	41.12	13.06	F	5.8	0.70	75.60			4.90
104 - 120	92.44	4.3	3.26	FA	5.1	0.11	24.70			1.20

Profundidad cm	BT	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	K cmol/kg	Na cmol/kg	SAl %	SB %	Ca/Mg	Densidad Aparente
0 - 30	4.45	2.30	1.70	0.38	0.07	26.45	59.3	1.35	1.12
30 - 42	2.45	2.20	0.01	0.16	0.08	1.61	61.3	2.20	1.31
42 – 56	5.50	3.20	2.00	0.17	0.13		94.8	1.6	1.34
56 – 69	4.55	2.60	1.40	0.11	0.44		100	1.85	
69 – 104	3.21	3.00	0.01	0.15	0.05		65.5	3.00	
104 - 120	1.02	0.64	0.28	0.07	0.03	15	85.0	2.28	

Tabla 241. Morfología del perfil SHC-164. Fluvaquentic Endoaquepts, limosa fina, isohipertérmica.

HORIZONTE PROFUNDIDAD	PRINCIPALES CARACTERISTICAS	PERFIL SHC-164
Ap 00 - 20 cm	Color en húmedo pardo grisáceo oscuro; textura franca; estructura en bloques subangulares finos y medios, moderados; pH 4.9	
Bg1 20 – 38 cm	Color en húmedo pardo oscuro, con moteados pardo grisáceo oscuro en un 30%; textura franca; estructura en bloques subangulares, medios, moderados; pH 4.5	
Bg2 38 – 89 cm	Color en húmedo pardo grisáceo oscuro; textura franca; estructura en bloques subangulares medios, débiles; pH 4.5	
Bg3 89 - 126	Color en húmedo gris pardusco claro, con moteados amarillo pardusco en un 30%; textura franco arcillosa; estructura en bloques subangulares medios, débiles; pH 4.4	

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

– Análisis físico-químicos. Los resultados de los análisis químicos indican reacción muy fuertemente ácida en el primer horizonte y extremadamente ácida en el resto del perfil, el contenido de materia orgánica es bajo en todo el perfil. El porcentaje de saturación de aluminio muestra niveles limitantes para cultivos tolerantes en el primer horizonte y niveles tóxicos para la mayoría de cultivos en el resto del perfil; la capacidad de intercambio catiónico es media en el primer horizonte y baja en el resto del perfil. La saturación de bases es baja en todo el perfil; la relación Ca/Mg es estrecha en el primer horizonte presentando bajo déficit de calcio y una relación normal en el resto del perfil, y la fertilidad natural es muy baja (Tabla 242).

Tabla 242. Propiedades Físico-Químicas Perfil SHC-164

Profundidad cm	Granulometría %			Clase textural	pH	C.O	Fósforo ppm	Fertilidad		CICA
	Arenas	Limos	Arcillas		1:1.	%		Valor	Calific.	
0 - 20	41.53	37.46	21.01	F	4.9	1.10	1.3	3.5	Muy Baja	10.6
20 - 38	39.04	38.17	22.79	F	4.5	0.55	0.5			6.2
38 – 89	38.09	37.58	24.33	F	4.5	0.30	1.6			4.5
89 - 120	34.77	32.41	32.82	FAr	4.4	0.16	0.9			4.6

Profundidad cm	BT	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	K cmol/kg	Na cmol/kg	SAl %	SB %	Ca/Mg	Densidad Aparente
0 - 20	2.26	0.21	0.13	0.12	1.80	48.17	21.3	1.61	1.43
20 - 38	0.13	0.06	0.03	0.03	0.01	94.86	2.1	2	1.43
38 – 89	0.10	0.02	0.01	0.03	0.04	95.83	2.2	5	1.46
89 - 120	0.10	0.03	0.01	0.05	0.01	95.00	2.2	3.33	

Tabla 243. Morfología del perfil SHM-211. Aquic Udifluvents, franca gruesa sobre esquelética franca, isohipertérmica.

HORIZONTE PROFUNDIDAD	PRINCIPALES CARACTERISTICAS	PERFIL SHC-211
Ap 00 - 16 cm	Color en húmedo pardo grisáceo oscuro, con moteados pardo fuerte en un 15%; textura franco limosa; estructura en bloques subangulares finos y medios, moderados; pH 4.4	
ACg 16 – 37 cm	Color en húmedo gris, con moteados pardo fuerte en un 35%; textura franco limosa; estructura en bloques subangulares finos y medios, débiles; pH 4.5	
Cg1 37 – 60 cm	Color en húmedo gris oscuro, con moteados pardo fuerte en un 30%; textura franco limosa; sin estructura (masivo); pH 4.9	
Cg2 60 – 74 cm	Color en húmedo gris oscuro, con moteados pardo fuerte en un 25%; textura franco limosa; sin estructura (masivo); pH 4.7	
2Cr 74 – X cm	Color en húmedo gris oscuro; textura franco arenosa; sin estructura (grano suelto); pH 4.9	

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

– Análisis físico-químicos. Los resultados de los análisis indican reacciones extremadamente acidas en los dos primeros horizontes y muy fuertemente acida en los dos últimos, el contenido de materia orgánica es bajo.

El porcentaje de saturación de aluminio muestra niveles limitantes para cultivos moderadamente tolerantes en el primero, segundo y último horizontes y niveles normales en el tercer horizonte; la capacidad de intercambio catiónico es baja en todo el perfil.

La saturación de bases es alta en el primero, tercero y cuarto horizontes y media en el segundo; la relación Ca/Mg es invertida en el primer horizonte presentando déficit de calcio en el segundo horizonte es estrecha presentando bajo déficit de magnesio y normal en el resto del perfil. La fertilidad es baja (Tabla 244).

Tabla 244. Propiedades Físico-Químicas Perfil SHM-211

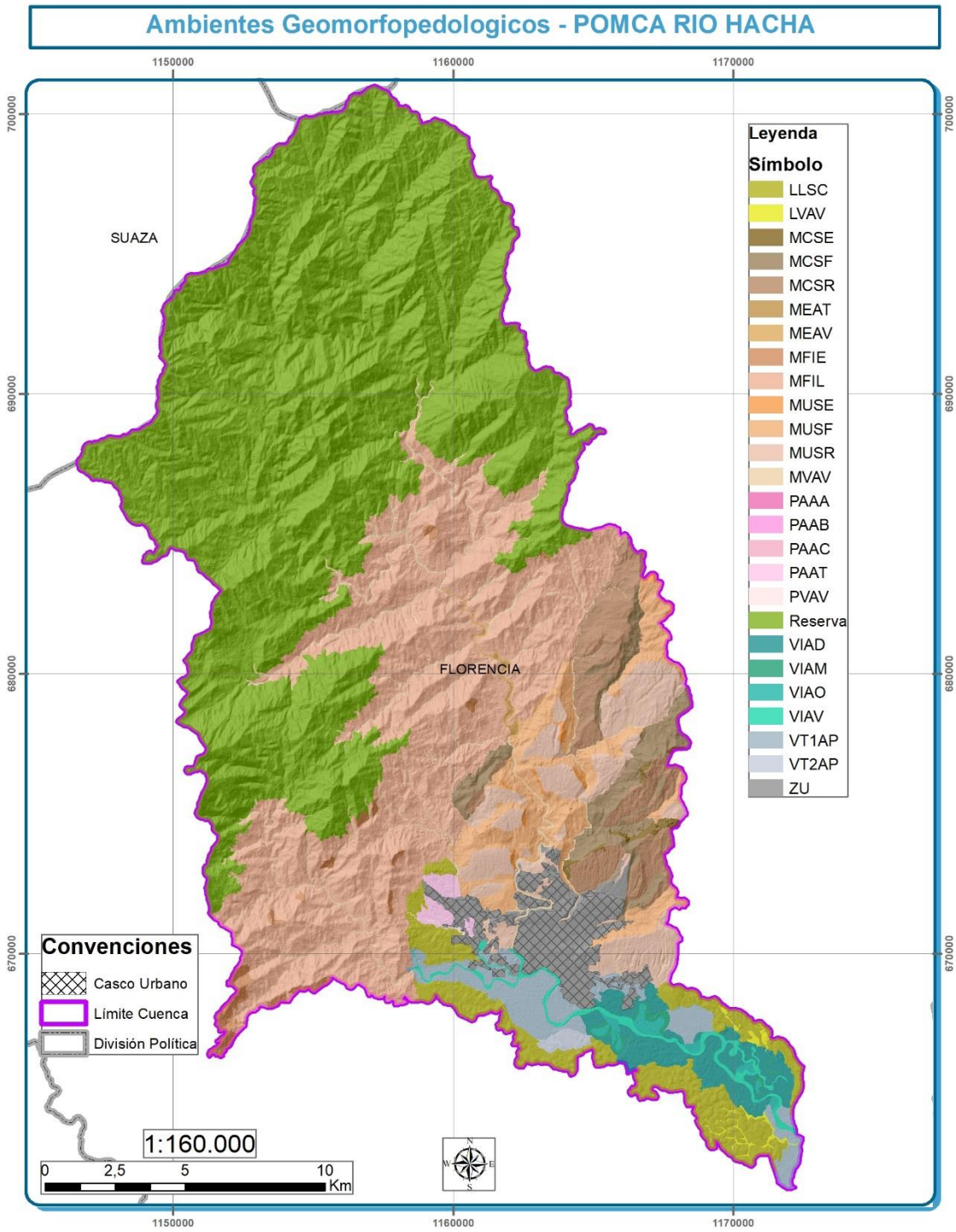
Profundidad cm	Granulometría %			Clase textural	pH	C.O	Fósforo ppm	Fertilidad		CICA
	Arenas	Limos	Arcillas		1:1.	%		Valor	Calific.	
0 - 16	2.3	55.9	20.8	FL	4.4	1.80	1.3	4.5	Baja	6.8
16 - 37	19.4	61.9	18.7	FL	4.5	0.74	0.5			4.3
37 – 60	15.7	75.7	8.6	FL	4.9	0.43	1.6			3.3
60 - 74	25.8	67.6	6.6	FL	4.7	0.31	0.9			2.4

Profundidad cm	BT	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	K cmol/kg	Na cmol/kg	SAl %	SB %	Ca/Mg	Densidad Aparente
0 - 16	5.07	4.27	1.80	2.20	0.25	0.02	62.8	0.81	1.27
16 - 37	2.57	2.00	1.80	0.06	0.08	0.06	46.5	30	1.56
37 – 60	2.30	2.08	1.50	0.47	0.08	0.03	63.0	3.19	
60 - 74	1.92	1.51	1.10	0.29	0.06	0.06	62.9	3.79	

Este ambiente geomorfopedológico presenta las siguientes fases cartográficas:

– Fase VIAVia: Inundaciones en pendiente 0-3%.

Figura 134. Ambientes geomorfopedológicos en la cuenca del rio Hacha.



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

3.10.3 Clasificacion agrologica y usos propuestos

El principal objetivo de la clasificación de las tierras de acuerdo con su capacidad de uso para la cuenca Río Hacha es determinar el potencial que tienen los suelos para ser utilizados de acuerdo con sus características geomorfológicas, condiciones climáticas, propiedades físicas y químicas. El resultado de la clasificación de cada suelo, permitirá identificar cuál será su aptitud para las distintas explotaciones económicas, ecológicas y ambientales.

La clasificación de tierras por su capacidad de uso se realizó de acuerdo con la metodología de la USDA empleada y modificada por el IGAC, para el análisis se tomó como base la información sobre el medio natural, las unidades cartográficas, componentes taxonómicos, propiedades físico químicas y la descripción de perfiles.

El análisis realizado para la clasificación de tierras se fundamentó en las características de los suelos que limitan su uso y generan riesgo de degradación de los mismos. Las tierras se clasificaron hasta el nivel de grupo de manejo llevando a cabo las siguientes actividades:

- Análisis de los perfiles de los suelos en cada una de las unidades delimitadas.
- Análisis de las propiedades físicas y químicas de los suelos de acuerdo con las especificaciones utilizadas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Determinación de las clases agrologicas según los limitantes.
- Establecimiento de las subclases y grupos de manejo según el o los limitantes de: pendiente, suelo, clima, erosión.

3.10.3.1 Clase por capacidad. La clase de capacidad agrupa las unidades de suelos que presentan el mismo grado de limitaciones, estas clases están divididas en tres grupos.

El primer grupo corresponde a las clases 1, 2, 3 y 4, que son tierras con potencial agrícola y ganadero de tipo intensivo y semi-intensivo.

El siguiente grupo contempla las clases 5, 6, 7, en donde las tierras de clase 5 no son aptas para llevar a cabo actividades agrícolas convencionales que brinden rendimientos aceptables, debido a las limitaciones que presenta, como inundaciones prolongadas y presencia de pedregosidad superficial, por otra parte las clases 6 y 7 no son aptas para la agricultura debido a las fuertes pendientes aunque se pueden implementar cultivos específicos que se adapten a estas condiciones como algunas especies vegetales semi perennes o perennes y sistemas agroforestales y forestales.

El último grupo contempla la clase 8 la cual no tiene capacidad de ser explotada agropecuariamente debido a sus limitaciones, así que son zonas que son destinadas a la conservación y preservaciones de recursos naturales.

3.10.3.2 Subclases de capacidad. Las subclases agrupan las tierras que presenten el mismo grado de limitaciones que pueden presentarse por:

Tabla 245. Subclases por Capacidad

DESCRIPCIÓN	SIMBOLO
Limitaciones por Pendiente	p
Limitaciones por Erosión	e
Limitaciones por Humedad	h
Limitaciones por Suelo	s
Limitaciones por Clima	c

En la cuenca del rio Hacha se identificaron subclases por limitaciones de humedad (h), suelos (s), erosion (e) y pendiente (p), no se encontraton limitaciones por clima (c). Las limitaciones por humedad se centraron principalmente en las inundaciones y el drenaje natural, las limitaciones por suelos se definieron principalmente con los altos contenidos de aluminio y la baja fertilidad, las limitantes por erosion en áreas donde se observó erosion hídrica laminar o sectores con movimientos en masa y las limitaciones por pendiente en áreas donde el porcentaje de la misma definia la subclase.

En algunos casos una clase de capacidad, tenia dos o mas limitantes que los llevaban a una subclase por lo tanto se entendia como una nueva subclase dentro de la leyenda (Ver Tabla 246).

Tabla 246. Clases y Subclases por capacidad en la cuenca del río Hacha.

CLASE	SUBCLASE	PRINCIPALES LIMITANTES DE USO	EXTENSIÓN (Ha)
3	s	Saturación de aluminio entre 30 y 60% y relación Ca/Mg estrecha en los primeros 50 cm de profundidad	1030,28
4	es	Erosión moderada y saturación de aluminio entre 30 y 60%.	142,89
	hs	Inundaciones ocasionales, profundidad efectiva superficial por condiciones de mal drenaje y en algunos sectores saturación de aluminio entre 30 y 60%.	1008,52
	pes	Pendientes entre 12 y 25%, erosión moderada y saturación de aluminio entre 30 y 90%	1994,70
	ps	Pendientes entre 12 y 25% y saturación de aluminio entre 30 y 90%	212,07

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 246 (Continuación). Clases y Subclases de suelo por capacidad en la cuenca del río Hacha.

CLASE	SUBCLASE	PRINCIPALES LIMITANTES DE USO	EXTENSIÓN (Ha)
6	p	Pendiente entre 25 y 50% y erosión moderada.	6827,49
	ps	Pendiente entre 25 y 50%, saturación de aluminio superior al 90% y texturas muy finas	3273,73
	s	Saturación de aluminio superior al 90%, en sectores relación Ca/Mg invertida a menos de 50 cm de profundidad, poseen erosión hídrica laminar en grado moderado. Profundidad efectiva moderadamente superficial, debido a pedregosidad en el perfil entre 30 y 60%.	1945,35
7	e	Erosión severa	18,35
	h	Inundaciones frecuentes y muy largas	1640,33
	p	Pendiente entre 50 y 75% y saturación de aluminio entre 30 y 60%	6051,90
8		Pendientes superiores al 75% y afloramiento rocoso superior al 90%	24191,11

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

3.10.3.3 Grupos de manejo. Reúne tierras de una misma subclase, con el mismo grado y numero de limitaciones específicas comunes, potencialidades similares y respuesta similar a las prácticas de manejo utilizadas en la explotación.

Tabla 247. Leyenda de las unidades de capacidad de uso de las tierras.

CLASE	SUBCLASE	GRUPOS DE MANEJO	PRINCIPALES LIMITANTES DE USO	EXTENSIÓN (HA)
3	s	3s-1	Saturación de aluminio entre 30 y 60% y relación Ca/Mg estrecha en los primeros 50 cm de profundidad	1030,28
4	es	4es-1	Erosión moderada y saturación de aluminio entre 30 y 60%.	108,03
	es	4es-2	Erosión moderada y saturación de aluminio entre 60 y 90%.	34,86
	hs	4hs-1	Inundaciones ocasionales, profundidad efectiva superficial por condiciones de mal drenaje y en algunos sectores saturación de aluminio entre 30 y 60%.	1008,52
	pes	4pes-1	Pendientes entre 12 y 25%, erosión moderada y saturación de aluminio entre 60 y 90%	1636,63
		4pes-2	Pendientes entre 12 y 25%, erosión moderada y saturación de aluminio entre 30 y 60%	358,06

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 247 (Continuación). Leyenda de las unidades de capacidad de uso de las tierras.

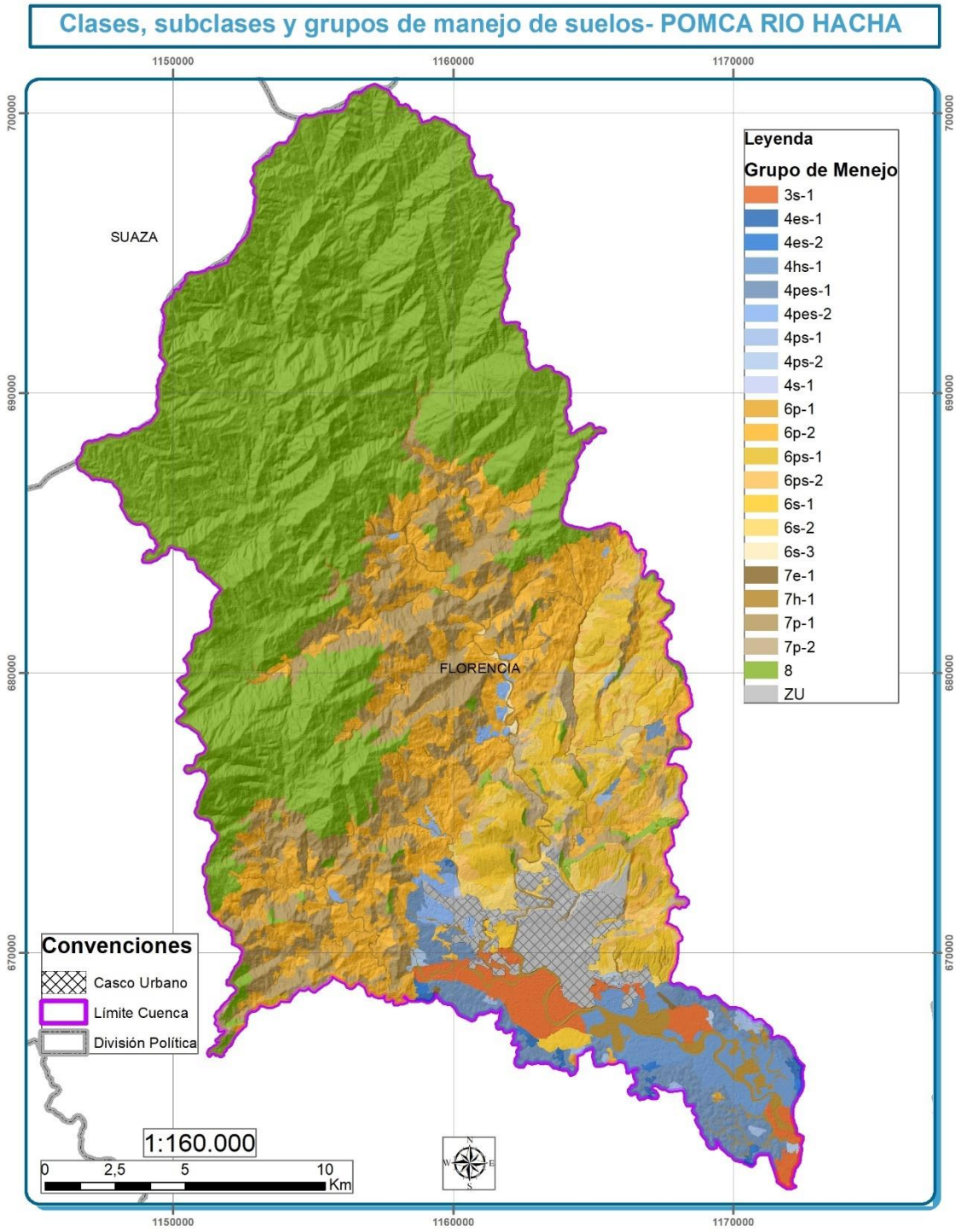
CLASE	SUBCLASE	GRUPOS DE MANEJO	PRINCIPALES LIMITANTES DE USO	EXTENSIÓN (HA)
4	ps	4ps-1	Pendientes entre 12 y 25% y saturación de aluminio entre 60 y 90%	131,51
		4ps-2	Pendientes entre 12 y 25% y saturación de aluminio entre30 y 60%	80,55
6	p	6p-1	Pendiente entre 25 y 50%.	3581,72
		6p-2	Pendiente entre 25 y 50% y erosión moderada.	3245,77
	ps	6ps-1	Pendiente entre 25 y 50%, saturación de aluminio superior al 90% y texturas muy finas	2318,29
		6ps-2	Pendiente entre 25 y 50% y saturación de aluminio superior al 90%.	955,43
	s	6s-1	Saturación de aluminio superior al 90% y en sectores relación Ca/Mg invertida a menos de 50 cm de profundidad.	1017,35
		6s-2	Saturación de aluminio superior al 90%, en sectores relación Ca/Mg invertida a menos de 50 cm de profundidad, poseen erosión hídrica laminar en grado moderado.	900,75
		6s-3	Profundidad efectiva moderadamente superficial, debido a pedregosidad en el perfil entre 30 y 60%.	27,24
7	e	7e-1	Erosión severa	18,35
	h	7h-1	Inundaciones frecuentes y muy largas	1640,33
	p	7p-1	Pendiente entre 50 y 75% y saturación de aluminio entre 30 y 60%	5273,53
		7p-2	Pendiente entre 50 y 75% y saturación de aluminio mayor al 90%	778,36
8		8-1	Pendientes superiores al 75% y afloramiento rocoso superior al 90%	24191,11

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

3.10.4 Descripción de las unidades de tierras por su capacidad de uso y uso recomendados para la cuenca del río Hacha

Después de haber identificado e interpretado cada una de las características mencionadas anteriormente en cada una de las unidades cartográficas de los suelos, se continuó con la clasificación por clases, subclases y grupos de manejo. Los resultados de la clasificación de tierras por su capacidad de uso para la cuenca del Río Hacha se presentan en la Tabla 247 y la Figura 135.

Figura 135. Clases, subclases y grupos de manejo de suelos en la cuenca del rio Hacha.



Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

3.10.4.1 Tierras clase 3. Suelos con limitaciones importantes que restringen la elección de cultivos, requieren prácticas especiales de fertilización. En esta clase se encuentra la subclase 3s.

Fotografía 94. Tierras de la clase 3.

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

- Subclase 3s. Agrupa suelos que presentan restricciones para su uso debido principalmente al bajo contenido de nutrientes. Estas limitaciones disminuyen las posibilidades de usos intensivos y la selección de cultivos e implican prácticas adecuadas de fertilización. Se encuentra en ella el grupo de manejo 3s-1.

– Grupo de manejo 3s-1. Suelos que se encuentran en el plano de la terraza nivel 1, son inceptisoles oxicos de texturas medias y con fertilidad baja. Dentro de las principales características que presentan están la erosión nula, las pendientes que no superan el 12%, son bien drenados, profundos, de texturas medias, no presentan pedregosidad en el perfil o en superficie; sin embargo presentan limitaciones importantes como saturación de aluminio que varía entre el 30 y 60% y saturación de bases entre 70 y 40%, debido a estas características, las tierras del grupo de manejo 3s-1 son **aptas para cultivos transitorios intensivos (CTI)**.

En estas tierras es necesario implementar algunas prácticas de manejo como.

✓ Realizar un plan de enmiendas que se oriente a disminuir la saturación de aluminio en el perfil del suelo, por medio de la aplicación de cales ricas en Calcio y Magnesio.

✓ Monitorear la relación Calcio/Magnesio a fin de evitar que aumente el desbalance o que esta relación se invierta.

✓ Realizar un plan de fertilización que contemple la incorporación de materia orgánica y fertilizantes minerales.

✓ Realizar una óptima selección de los cultivos a incorporar teniendo en cuenta las características edáficas, climáticas, de accesibilidad y sociales

✓ Tener un plan de manejo de malezas, plagas y enfermedades de acuerdo al uso seleccionado.

3.10.4.2 Tierras clase 4. Suelos con limitaciones muy importantes que restringen la elección de cultivos, requieren un manejo muy cuidadoso. En esta clase se encuentran las subclases 4es, 4hs, 4pes, 4ps, 4s.

Fotografía 95. Tierras de la clase 4.

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

- Subclase 4es. Agrupa suelos que presentan restricciones para su uso debido principalmente a la erosión hídrica laminar en grado moderado y al muy bajo contenido de nutrientes. Estas limitaciones disminuyen las posibilidades de usos intensivos, la selección de cultivos e implican prácticas adecuadas de manejo y fertilización. Se encuentra en ella el grupo de manejo 4es-1.

– Grupo de manejo 4es-1. Son suelos que se encuentran en las cimas y las laderas de las lomas del paisaje de lomerío, corresponde a suelos oxisoles típicos de texturas finas y con fertilidad baja. Dentro de las principales características que presentan es que poseen erosión hídrica laminar en grado moderado, con el adelgazamiento del horizonte A entre un 25 y un 75%, se encuentran en pendientes que no superan el 12%, son bien drenados, profundos, de texturas

finas, no presentan pedregosidad en el perfil o en superficie, sin embargo presentan limitaciones importantes como saturación de aluminio que varía entre el 30 y 60%, con un contenido de bases intercambiables que varía entre un 40 y 70%. Las tierras del grupo de manejo 4es-1 son **aptas para sistemas agrosilvopastoriles (ASP).**

En estas tierras es necesario implementar algunas prácticas de manejo como:

- ✓ Dejar descansar de actividades agrícolas y pecuarias los sectores más afectados por la erosión, promoviendo la regeneración natural.

- ✓ Realizar un plan de enmiendas que se oriente a disminuir la saturación de aluminio en el perfil del suelo, por medio de la aplicación de cales ricas en calcio y magnesio.

- ✓ Posterior a las enmiendas, realizar un plan de fertilización que contemple la incorporación de materia orgánica y fertilizantes minerales.

- ✓ Realizar una óptima selección de los árboles, pastos o cultivos a incorporar, teniendo en cuenta las características edáficas (alta saturación de aluminio, alto contenido de arcilla y erosión hídrica laminar moderada sectorizada) climáticas, de accesibilidad y sociales.

- ✓ Tener un plan de manejo de malezas, plagas y enfermedades de acuerdo al uso seleccionado.

– Grupo de manejo 4es-2. Son suelos que se encuentran en las cimas y las laderas de las lomas del paisaje de lomerío, corresponde a suelos oxisoles típicos de texturas finas y con fertilidad baja. Dentro de las principales características que presentan es que poseen erosión hídrica laminar en grado moderado, con el adelgazamiento del horizonte A entre un 25 y un 75%, se encuentran en pendientes que no superan el 12%, son bien drenados, profundos, de texturas finas, no presentan pedregosidad en el perfil o en superficie, sin embargo presentan limitaciones importantes como saturación de aluminio que varía entre el 60 y 90%, con un contenido de bases intercambiables que varía entre un 10 y 40%. Las tierras del grupo de manejo 4es-1 son **aptas para sistemas agrosilvopastoriles (ASP).**

En estas tierras es necesario implementar algunas prácticas de manejo como:

- ✓ Dejar descansar de actividades agrícolas y pecuarias los sectores más afectados por la erosión, promoviendo la regeneración natural.

✓ Realizar un plan de enmiendas que se oriente a disminuir la saturación de aluminio en el perfil del suelo, por medio de la aplicación de cales ricas en calcio y magnesio.

✓ Posterior a las enmiendas, realizar un plan de fertilización que contemple la incorporación de materia orgánica y fertilizantes minerales.

✓ Realizar una óptima selección de los árboles, pastos o cultivos a incorporar, teniendo en cuenta las características edáficas (alta saturación de aluminio, alto contenido de arcilla y erosión hídrica laminar moderada sectorizada) climáticas, de accesibilidad y sociales.

✓ Tener un plan de manejo de malezas, plagas y enfermedades de acuerdo al uso seleccionado.

- Subclase 4hs. Agrupa suelos que presentan restricciones para su uso debido principalmente a la frecuencia de las inundaciones, el drenaje natural que limita la profundidad efectiva y al bajo contenido de nutrientes. Estas limitaciones disminuyen las posibilidades de uso, la selección de cultivos e implican prácticas adecuadas de adecuación, manejo y fertilización. Se encuentra en ella el grupo de manejo 4hs-1.

– Grupo de manejo 4hs-1. Son suelos que se encuentran en las cubetas de desborde del plano de inundación del paisaje de Valle, corresponde a suelos inceptisoles (Fluvaquentic Humaquepts franca gruesa) pobremente drenados, de texturas franco limosas a francas que clasifican en el grupo de las moderadamente gruesas y con fertilidad baja. Dentro de las principales características que presentan es que se encuentran en pendientes que no superan el 12%, son pobremente drenados, superficiales debido a la fluctuación del nivel freático cerca de la superficie del suelo, con de texturas moderadamente gruesas, no presentan pedregosidad en el perfil o en superficie, químicamente presentan saturación de aluminio que varía entre el 30 y 60 y poseen fertilidad baja. Debido a las características anteriormente mencionadas, Las tierras del grupo de manejo 4hs-1 son **aptas para pastoreo extensivo (PEX)**.

En estas tierras es necesario implementar algunas prácticas de manejo como:

✓ Realizar obras de drenaje que permitan evacuar los excesos de agua.

✓ Realizar jarillones o diques artificiales que eviten los desbordamientos frecuentes del rio Hacha.

✓ Realizar un plan de enmiendas que se oriente a disminuir la saturación de aluminio en el perfil del suelo, por medio de la aplicación de cales ricas en calcio y magnesio.

✓ Realizar un plan de fertilización que contemple la incorporación de fertilizantes minerales

✓ Realizar una óptima selección de los pastos de acuerdo a la condición de humedad, el clima y las condiciones sociales.

✓ Tener un plan de manejo de malezas, plagas y enfermedades de acuerdo a la especie seleccionada.

- Subclase 4pes. Agrupa suelos que presentan restricciones para su uso debido principalmente a la pendiente entre 12 y 25%, la erosión moderada y al muy bajo contenido de nutrientes. Estas limitaciones disminuyen las posibilidades de usos intensivos, la selección de cultivos e implican prácticas adecuadas de manejo y fertilización. Se encuentra en ella los grupos de manejo 4pes-1 y 4pes-2 los cuales se diferencian por la saturación de aluminio entre uno y otro.

– Grupo de manejo 4pes-1. Son suelos que se encuentran en cimas y laderas de las lomas del paisaje de lomerío y frente de crestones del paisaje de montaña, corresponde a suelos Inceptisoles y Oxisoles, bien drenados de texturas finas y muy finas y con fertilidad baja. Dentro de las principales características que presentan es que se encuentran en pendientes entre 12 y 25%, presentan erosión hídrica laminar moderada con el adelgazamiento del horizonte A entre un 25 y un 75%, no presentan pedregosidad en el perfil o en superficie y químicamente son de fertilidad baja, con saturación de aluminio que varía entre el 60 y 90% y saturación de bases (Ca, Mg, K, Na) en porcentaje que no superan el 40%. Debido a estas características las tierras del grupo de manejo 4pes-1 son **aptas para sistemas agrosilvopastoriles (ASP).**

En estas tierras es necesario implementar algunas prácticas de manejo como:

✓ Utilizar sistemas de siembra en curvas de nivel a fin de evitar el aumento de la erosión hídrica laminar.

✓ Realizar un óptimo encausamiento de las aguas, realización de zanjas y drenajes para evitar los procesos de remoción en masa.

✓ Evitar los excesos de carga de animales por hectárea.

✓ Evitar la labranza en época de inverno.

✓ Dejar descansar los sectores más afectados por la erosión, promoviendo la regeneración natural.

✓ Realizar un plan de enmiendas que se oriente a disminuir paulatinamente la saturación de aluminio en el perfil del suelo, por medio de la aplicación de cales ricas en Calcio y Magnesio

✓ Realizar un plan de fertilización que contemple la incorporación de abonos orgánicos y fertilizantes minerales

✓ Realizar una óptima selección de las especies de árboles, pastos y cultivos de acuerdo al uso recomendado

✓ Tener un plan de manejo de malezas, plagas y enfermedades de acuerdo al uso seleccionado.

– Grupo de manejo 4pes-2. Son suelos que se encuentran en ápice, cuerpo y base de los abanicos aluviales de piedemonte y en las laderas de filas y vigas del paisaje de montaña, con pendientes entre 12 y 25%, corresponde a suelos Oxisoles bien drenados, de texturas medias a muy finas y con fertilidad baja. Dentro de las principales características que presentan es que se encuentran en pendientes entre 12 y 25%, presentan erosión hídrica laminar moderada con el adelgazamiento del horizonte A entre un 25 y un 75%, no presentan pedregosidad en el perfil o en superficie y a diferencia del grupo de manejo 4pes-1 la saturación de aluminio esta entre 30 y 60% lo que implica menor dosis de cal por hectárea para su adecuación. Debido a estas características las tierras del grupo de manejo 4pes-1 son **aptas para sistemas agrosilvopastoriles (ASP).**

En estas tierras es necesario implementar algunas prácticas de manejo como:

✓ Utilizar sistemas de siembra en curvas de nivel a fin de evitar el aumento de la erosión hídrica laminar.

✓ Debido a la pendiente realizar un óptimo encausamiento de las aguas, realización de zanjas y drenajes para evitar los procesos de remoción en masa.

✓ Evitar los excesos de carga de animales por hectárea.

✓ Evitar la labranza en época de inverno.

✓ Dejar descansar los sectores más afectados por la erosión, promoviendo la regeneración natural.

✓ Aplicar enmiendas que permitan disminuir paulatinamente la saturación de aluminio en el perfil del suelo, por medio de la aplicación de cales ricas en Calcio y Magnesio

✓ Posterior al encalado, realizar un plan de fertilización que contemple la incorporación de abonos orgánicos y fertilizantes minerales

✓ Realizar una óptima selección de las especies de árboles, pastos y cultivos de acuerdo al uso recomendado

✓ Tener un plan de manejo de malezas, plagas y enfermedades de acuerdo al uso seleccionado.

- Subclase 4ps. Agrupa suelos que presentan restricciones para su uso debido principalmente a la pendiente entre 12 y 25% y al muy bajo contenido de nutrientes. Estas limitaciones disminuyen las posibilidades de uso y la selección de cultivos o pastos implican prácticas adecuadas de manejo y fertilización. Se encuentra en ella los grupos de manejo 4ps-1 y 4ps-2, se diferencian principalmente por el contenido de aluminio y la saturación de bases que presentan.

– Grupo de manejo 4ps-1. Son suelos que se encuentran en cimas y laderas de lomas y frente de crestones, corresponde a suelos Inceptisoles y oxisoles bien drenados de texturas finas y muy finas y con fertilidad baja. Dentro de las principales características que presentan es que se encuentran en pendientes entre 12 y 25%, no presentan erosión o pedregosidad en el perfil o en superficie y químicamente son de fertilidad baja y presentan saturación de aluminio que varía entre el 60 y 90%. De acuerdo a las características anteriormente mencionadas, las tierras del grupo de manejo 4ps-1 son **aptas para cultivos permanentes semiintensivos (CPS).**

En estas tierras es necesario implementar algunas prácticas de manejo como:

✓ Si se trabajan pastos de corte, utilizar sistemas de siembra en curvas de nivel

✓ Realizar un óptimo encausamiento de las aguas, realización de zanjas y drenajes para evitar la erosión o los procesos de remoción en masa.

✓ Evitar los excesos de carga de animales por hectárea.

✓ Realizar un plan de enmiendas que se oriente a disminuir gradualmente la saturación de aluminio en el perfil del suelo, por medio de la aplicación de cales ricas en calcio y magnesio

✓ Realizar un plan de fertilización que contemple la incorporación de materia orgánica y fertilizantes minerales

✓ Realizar una óptima selección de las especies de pastos acuerdo al uso recomendado, las características edáficas y la aceptación y gusto de la comunidad.

✓ Tener un plan de manejo de malezas, plagas y enfermedades de acuerdo al uso seleccionado.

– Grupo de manejo 4ps-2. Son suelos que se encuentran en plano de terraza 1 y filas y laderas de filas y vigas, corresponde a suelos inceptisoles oxicos bien drenados de texturas medias y con fertilidad baja. Dentro de las principales características que presentan es que se encuentran en pendientes entre 12 y 25%, no presentan pedregosidad en el perfil o en superficie y químicamente presentan saturación de aluminio que varía entre el 30 y 60%, con algunos sectores que presentan relación Ca/Mg invertida a menos de 50 cm de profundidad. Se diferencia del grupo de manejo 4ps-1 en que las dosis de encalado para neutralizar el aluminio son menores. De acuerdo a las características anteriormente mencionadas, las tierras del grupo de manejo 4ps-2 son **aptas para cultivos permanentes semiintensivos (CPS).**

En estas tierras es necesario implementar algunas prácticas de manejo como:

✓ Si se trabajan pastos de corte, utilizar sistemas de siembra en curvas de nivel

✓ Realizar un óptimo encausamiento de las aguas, realización de zanjas y drenajes para evitar la erosión o los procesos de remoción en masa.

✓ Evitar los excesos de carga de animales por hectárea

✓ Realizar encalado para disminuir gradualmente la saturación de aluminio en el perfil del suelo, por medio de la aplicación de cales ricas en calcio y magnesio

✓ Realizar un plan de fertilización que contemple la incorporación de materia orgánica y fertilizantes minerales

✓ Realizar una óptima selección de las especies de pastos acuerdo al uso recomendado, las características edáficas y la aceptación y gusto de la comunidad.

✓ Tener un plan de manejo de malezas, plagas y enfermedades de acuerdo al uso seleccionado.

- Subclase 4s**.** Agrupa suelos que presentan restricciones para su uso debido principalmente al muy bajo contenido de nutrientes. Estas limitaciones disminuyen las posibilidades de usos intensivos, la selección de cultivos e implican prácticas de fertilización. Se encuentra en ella los grupos de manejo 4s-1 y 4s-2, diferenciados principalmente por el contenido de aluminio y la fertilidad de los suelos.

– Grupo de manejo 4s-1. Son suelos que se encuentran en cimas y laderas de lomas, corresponde a suelos oxisoles de familia fina, bien drenados y con fertilidad baja. Dentro de las principales características que presentan es que se encuentran en pendientes inferiores al 7%, no presentan pedregosidad en el perfil o en superficie y químicamente presentan saturación de aluminio que varía entre el 60 y 90% y tienen fertilidad baja. Debido a que las limitaciones son principalmente químicas, las tierras del grupo de manejo 4s-1 son **aptas para cultivos permanentes semi intensivos (CPS).**

En estas tierras es necesario implementar algunas prácticas de manejo como.

✓ Realizar un plan de enmiendas que se oriente a disminuir la saturación de aluminio en el perfil del suelo, por medio de la aplicación de cales ricas en calcio y magnesio

✓ Realizar un plan de fertilización que contemple la incorporación de materia orgánica y fertilizantes minerales

✓ Realizar una óptima selección de los cultivos de acuerdo al uso recomendado, los suelos, el clima y las condiciones sociales locales.

✓ Tener un plan de manejo de malezas, plagas y enfermedades de acuerdo al uso seleccionado.

3.10.4.3 Tierras clase 6. Suelos con limitaciones muy importantes como pendientes superiores al 25% o saturaciones de aluminio superiores al 90% que hacen de ellos impropios para cultivos limpios. En esta clase se encuentran las subclases 6p, 6ps y 6s (ver Fotografía 96).

- **Subclase 6p.** Agrupa suelos que presentan restricciones para su uso debido principalmente a la pendiente entre 25 y 50%. Estas limitaciones disminuyen las posibilidades de usos intensivos, la selección de cultivos e implican prácticas adecuadas de manejo. Se encuentra en ella los grupos de manejo 6p-1 y 6p-s. En el primer caso los suelos poseen erosión hídrica laminar moderada, en el segundo caso los suelos no tienen o solo tienen erosión hídrica laminar ligera.

Fotografía 96. Tierras de la clase 6.

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

- Grupo de manejo 6p-1. Son suelos que se encuentran en cimas y laderas de las lomas del paisaje de lomerío, frente de crestones del paisaje de montaña y laderas de algunas filas y vigas, corresponde a suelos inceptisoles y oxisoles bien drenados de texturas medias a muy finas. Dentro de las principales características que presentan es que se encuentran en pendientes entre 25 y 50%, sin erosión o con erosión hídrica laminar ligera con el adelgazamiento del horizonte A menor al 25%, no presentan pedregosidad en el perfil o en superficie y químicamente presentan saturación de aluminio que varía entre el 30 y 90%, poseen fertilidad baja. **Las tierras del grupo de manejo 6p-1 son aptas para cultivos permanentes semiintensivos (CPS).**

En estas tierras es necesario implementar algunas prácticas de manejo como:

✓ Utilizar sistemas de siembra en curvas de nivel

✓ Realizar un óptimo encausamiento de las aguas, realización de zanjas y drenajes

✓ Evitar la labranza en época de inverno

✓ Realizar un plan de enmiendas que se oriente a disminuir la saturación de aluminio en el perfil del suelo, por medio de la aplicación de cales ricas en calcio y magnesio, las cuales además de mejorar las condiciones químicas, promueven la formación de estructura en los suelos.

✓ Realizar un plan de fertilización que contemple la incorporación de materia orgánica y fertilizantes minerales

✓ Realizar una óptima selección de las especies de cultivos de acuerdo al uso recomendado, los suelos, el clima y las condiciones sociales locales.

✓ Tener un plan de manejo de malezas, plagas y enfermedades de acuerdo al uso seleccionado.

– Grupo de manejo 6p-2. Son suelos que se encuentran en cimas y laderas de las lomas del paisaje de lomerío, frente de crestones del paisaje de montaña, laderas de algunas filas y vigas y algunos sectores de los abanicos de piedemonte, corresponde en su mayoría a inceptisoles oxicos, con algunos sectores de oxisoles, bien drenados de texturas medias a muy finas. Dentro de las principales características que presentan es que se encuentran en pendientes entre 25 y 50%, con erosión hídrica laminar moderada con el adelgazamiento del horizonte A entre 25 y 75%, no presentan pedregosidad en el perfil o en superficie y químicamente presentan saturación de aluminio que varía entre el 30 y 90% y poseen fertilidad baja. **Las tierr Las tierras del grupo de manejo 6p-1 son aptas para cultivos permanentes semiintensivos (CPS).**

En estas tierras es necesario implementar algunas prácticas de manejo como:

✓ Utilizar sistemas de siembra en curvas de nivel

✓ Realizar un óptimo encausamiento de las aguas, realización de zanjas y drenajes

✓ Evitar la labranza en época de inverno y promover la labranza mínima

✓ Dejar descansar los sectores más afectados por la erosión, promoviendo la regeneración natural.

✓ Realizar un plan de enmiendas que se oriente a disminuir la saturación de aluminio en el perfil del suelo, por medio de la aplicación de cales ricas en calcio y magnesio

✓ Realizar un plan de fertilización que contemple la incorporación de materia orgánica y fertilizantes minerales

✓ Realizar una óptima selección de las especies de acuerdo al uso recomendado

✓ Tener un plan de manejo de malezas, plagas y enfermedades de acuerdo al uso seleccionado.

- **Subclase 6ps.** Agrupa suelos que presentan restricciones para su uso debido principalmente a la pendiente entre 25 y 50% y saturaciones aluminio muy elevadas y toxicas para la mayoría de las plantas. Estas limitaciones disminuyen las posibilidades de uso, la selección de cultivos e implican prácticas adecuadas de manejo. Se encuentra en ella los grupos de manejo 6ps-1 y 6ps-2.

– Grupo de manejo 6ps-1. Son suelos que se encuentran en frente y reves de cuestas, revés de crestones y algunos pequeños sectores de escarpes de filas y vigas, corresponde a suelos inceptisoles y oxisoles bien drenados de texturas gruesas a muy arcillosas. Dentro de las principales características que presentan es que se encuentran en pendientes entre 25 y 50%, sin erosión o con erosión hídrica laminar ligera con el adelgazamiento del horizonte A menor al 25%, no presentan pedregosidad en el perfil o en superficie y químicamente presentan saturación de aluminio muy elevada mayor al 90% y relación Ca/Mg invertida en superficie, poseen fertilidad baja. Las tierras del grupo de manejo 6ps-1 **son aptas para sistemas agrosilvopastoriles (ASP).**

Para implementar estos cultivos en estas tierras es necesario desarrollar algunas prácticas de manejo como:

✓ Utilizar sistemas de siembra en curvas de nivel

✓ Realizar un óptimo encausamiento de las aguas, realización de zanjas y drenajes

✓ Evitar la labranza en época de inverno

✓ Realizar un plan de enmiendas que se oriente a disminuir la saturación de aluminio en el perfil del suelo, por medio de la aplicación de cales ricas en calcio y magnesio

✓ Realizar un plan de fertilización que contemple la incorporación de materia orgánica y fertilizantes minerales

✓ Realizar una óptima selección de las especies de acuerdo al uso recomendado, los suelos, el clima y las condiciones sociales locales.

✓ Tener un plan de manejo de malezas, plagas y enfermedades de acuerdo al uso seleccionado.

– Grupo de manejo 6ps-2. Son suelos que se encuentran en frente y reves de cuestas, revés de crestones, corresponde a suelos inceptisoles y oxisoles bien drenados de texturas finas y muy finas. Dentro de las principales características que presentan es que se encuentran en pendientes entre 25 y 50%, con erosión hídrica laminar moderada con el adelgazamiento del horizonte A entre 25 y 75%, no presentan pedregosidad en el perfil o en superficie y químicamente presentan saturación de aluminio muy elevada mayor al 90% y relación Ca/Mg invertida en superficie, poseen fertilidad baja. Las tierras del grupo de manejo 6ps-1 **son aptas para sistemas agrosilvopastoriles (ASP).**

En estas tierras es necesario implementar algunas prácticas de manejo como.

✓ Utilizar sistemas de siembra en curvas de nivel

✓ Realizar un óptimo encausamiento de las aguas, realización de zanjas y drenajes

✓ Evitar la labranza en época de inverno

✓ Dejar descansar los sectores más afectados por la erosión, promoviendo la regeneración natural.

✓ Realizar un plan de enmiendas que se oriente a disminuir la saturación de aluminio en el perfil del suelo, por medio de la aplicación de cales ricas en calcio y magnesio

✓ Realizar un plan de fertilización que contemple la incorporación de materia orgánica y fertilizantes minerales

✓ Realizar una óptima selección de las especies de acuerdo al uso recomendado, el clima, los suelos y las condiciones sociales locales.

✓ Tener un plan de manejo de malezas, plagas y enfermedades de acuerdo al uso seleccionado.

- **Subclase 6s.** Agrupa suelos que presentan restricciones para su uso debido principalmente a saturaciones de aluminio muy elevadas, toxicas para la mayoría de las plantas. Estas limitaciones disminuyen las posibilidades de usos intensivos, la selección de cultivos e implican prácticas adecuadas de fertilización. Se encuentra en ella los grupos de manejo 6s-1, 6s-2 y 6s-3, los cuales han asociado los suelos de acuerdo al grado de erosión y los limitantes permanentes de la profundidad efectiva asi:

– Grupo de manejo 6s-1. Son suelos que se encuentran en frente y reves de cuestas, revés de crestones y algunos sectores del plano de la terraza nivel 2, corresponde a suelos inceptisoles y oxisoles bien drenados de texturas finas a muy finas. Dentro de las principales características que presentan es que se encuentran en pendientes menores a 25%, sin erosión o con erosión hídrica laminar ligera con el adelgazamiento del horizonte A menor al 25%, no presentan pedregosidad en el perfil o en superficie y químicamente presentan saturación de aluminio muy elevada mayor al 90% y relación Ca/Mg invertida en superficie, poseen fertilidad baja. Las tierras del grupo de manejo 6s-1 son aptas **para cultivos permanentes semiintensivos (CPS).**

En estas tierras y para desarrollar este uso propuesto es necesario implementar algunas prácticas de manejo como.

✓ Dejar descansar los sectores más afectados por la erosión, promoviendo la regeneración natural.

✓ Realizar un plan de enmiendas que se oriente a disminuir la saturación de aluminio en el perfil del suelo, por medio de la aplicación de cales ricas en calcio y magnesio

✓ Verificar la relación Ca/Mg a fin de mejor la relación catiónica

✓ Realizar un plan de fertilización que contemple la incorporación de materia orgánica y fertilizantes minerales

✓ Realizar una óptima selección de las especies de acuerdo al uso recomendado, el suelo, el clima y las condiciones sociales locales.

✓ Tener un plan de manejo de malezas, plagas y enfermedades de acuerdo al uso seleccionado.

– Grupo de manejo 6s-2. Son suelos que se encuentran en frente y reves de cuestas y revés de crestones, corresponde a suelos inceptisoles y oxisoles bien drenados de texturas finas a muy finas. Dentro de las principales características que presentan es que se encuentran en pendientes menores a 25%, con erosión hídrica laminar moderada con el adelgazamiento del horizonte A entre 25 y 75%, no presentan pedregosidad en el perfil o en superficie y químicamente presentan saturación de aluminio muy elevada mayor al 90% y relación Ca/Mg invertida en superficie, poseen fertilidad baja. Las tierras del grupo de manejo 6s-1 son **para cultivos permanentes semiintensivos (CPS).**

En estas tierras es necesario implementar algunas prácticas de manejo orientadas a la recuperación de los suelos y la producción agrícola poco degradante de las tierras que son:

- ✓ Dejar descansar los sectores más afectados por la erosión, promoviendo la regeneración natural y la conformación de zonas boscosas.

- ✓ En las zonas de menor pendiente y suelos menos degradados, realizar un plan de enmiendas que se oriente a disminuir la saturación de aluminio en el perfil del suelo, por medio de la aplicación de cales ricas en calcio y magnesio

- ✓ Realizar un plan de fertilización que contemple la incorporación de materia orgánica y fertilizantes minerales

- ✓ Realizar una óptima selección de las especies de árboles y cultivos de acuerdo a las características edáficas, climáticas y sociales locales.

- ✓ Tener un plan de manejo de malezas, plagas y enfermedades de acuerdo al uso seleccionado.

– Grupo de manejo 6s-3. Son suelos que se encuentran en el plano de terraza del valle estrecho en el paisaje de montaña, son suelos inceptisoles fluventicos de texturas contrastadas y excesivamente drenados. Dentro de las principales características que presentan es que se encuentran en pendientes menores a 12%, presentan pedregosidad en el perfil lo cual limita su profundidad efectiva y químicamente presentan saturación de aluminio entre 30 y 60%, poseen fertilidad baja. Las tierras del grupo de manejo 6s-3 son **aptas para sistemas agrosilvopastoriles (ASP)**.

En estas tierras es necesario implementar algunas prácticas de manejo como.

- ✓ Promover la labranza mínima debido al bajo desarrollo de la estructura del suelo.

- ✓ Realizar un plan de enmiendas que se oriente a disminuir la saturación de aluminio y la formación de estructura en el perfil del suelo, por medio de la aplicación de cales ricas en calcio y magnesio

- ✓ Realizar una óptima selección de las especies de árboles y pastos de acuerdo a la escasa profundidad efectiva del suelo y las texturas gruesas

- ✓ Tener un plan de manejo de malezas, plagas y enfermedades de acuerdo al uso seleccionado.

3.10.4.4 Tierras clase 7. Suelos con limitaciones muy importantes que hacen de ellos impropios para el cultivo, como pendientes superiores al 50%, erosión severa o inundaciones frecuentes u ocasionales de larga duración que restringen su uso principal al forestal solo o con otros arreglos productivos. En esta clase se encuentran las subclases 7e, 7h, 7p y 7s.

Fotografía 97. Tierras de la clase 7.

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

- **Subclase 7e.** Agrupa suelos que presentan restricciones para su uso debido principalmente a la erosión severa. Estas limitaciones disminuyen las posibilidades de uso, la selección de sistemas productivos implican prácticas adecuadas de manejo. Se encuentra en ella el grupo de manejo 7e-1.

– Grupo de manejo 7e-1. Son suelos que se encuentran en algunos sectores de cimas y laderas de las lomas del paisaje de lomerio, corresponde a suelos oxisoles bien drenados de texturas finas y con fertilidad baja. Dentro de las principales características que presentan es que se encuentran en pendientes entre 12 y 25%, presentan erosión hídrica laminar severa en la cual el arrastre del material del horizontes A es casi total, no presentan pedregosidad en el perfil o en superficie y químicamente presentan saturación de aluminio que varía entre el 60 y 90% y poseen fertilidad baja. Las tierras del grupo de manejo 7e-1 son **aptas para sistemas forestales protectores (FPR)**

En estas tierras es necesario implementar algunas prácticas de manejo como.

✓ Realizar un óptimo encausamiento de las aguas, realización de zanjas y drenajes

✓ Implementar un programa de control y disminución de la erosión, promoviendo la regeneración natural.

✓ Para la reforestación y dependiendo la especie, realizar un plan de enmiendas que se oriente a disminuir la saturación de aluminio en el perfil del suelo, por medio de la aplicación de cales ricas en calcio y magnesio

✓ Realizar un plan de fertilización que contemple la incorporación de fertilizantes minerales de acuerdo a la especie

✓ Realizar una óptima selección de las especies de acuerdo a los suelos y el clima

- **Subclase 7h.** Agrupa suelos que presentan restricciones para su uso debido principalmente a las inundaciones de larga duración. Estas limitaciones disminuyen las posibilidades de usos intensivos, la selección de sistemas productivos implican prácticas adecuadas de manejo. Se encuentra en ella el grupo de manejo 7h-1.

– Grupo de manejo 7h-1. Son suelos que se encuentran en las vegas de vallecitos de lomerío, piedemonte y Montaña y orillares y meandros del plano de inundación del valle del rio Hacha, corresponde a suelos inceptisoles y entisoles que bien a pobremente drenados y de texturas arenosas a finas. Dentro de las principales características que presentan es que se encuentran en pendientes menores al 12%, y que sufren inundaciones frecuentes u ocasionales pero de larga duración. Las tierras del grupo de manejo 7h-1 son **aptas para sistemas forestales protectores (FPR).**

En estas tierras es necesario implementar algunas prácticas de manejo como.

✓ Implementar un programa de regeneración natural.

✓ Para la reforestación y dependiendo la especie, realizar un plan de enmiendas que se oriente a disminuir la saturación de aluminio en el perfil del suelo, por medio de la aplicación de cales ricas en calcio y magnesio

✓ Realizar un plan de fertilización que contemple la incorporación de fertilizantes minerales de acuerdo a la especie

✓ Realizar una óptima selección de las especies de acuerdo al suelo y el clima.

- **Subclase 7p.** Agrupa suelos que presentan restricciones para su uso debido principalmente a la pendiente entre 50 y 75%. Estas limitaciones disminuyen las posibilidades de uso. Se encuentra en ella los grupos de manejo 7p-1 y 7p-2 que asocian suelos con diferentes grados de saturación de aluminio asi:

– Grupo de manejo 7p-1. Son suelos que se encuentran en frente de crestones y algunas laderas de filas y vigas, corresponde a suelos inceptisoles oxicos, bien drenados de texturas medias a muy finas. Dentro de las principales características que presentan es que se encuentran en pendientes entre 50 y 75%, hay sectores sin erosión y otros con erosión ligera y moderada con el adelgazamiento del horizonte A hasta de un 75%, no presentan pedregosidad en el perfil o en superficie y químicamente presentan saturación de aluminio que varía entre el 30 y 90% y poseen fertilidad baja. Las tierras del grupo de manejo 7p-1 son **aptas para sistemas forestales productores (FPD).**

Para desarrollar este sistema es necesario implementar algunas prácticas de manejo como.

✓ En las áreas de menor pendiente, utilizar sistemas de siembra en curvas de nivel

✓ Realizar un óptimo encausamiento de las aguas, realización de zanjas y drenajes

✓ Evitar la labranza en época de inverno o hacer labranza mínima

✓ Dejar descansar los sectores más afectados por la erosión, promoviendo la regeneración natural y conformación de bosques.

✓ Realizar un plan de enmiendas que se oriente a disminuir la saturación de aluminio en el perfil del suelo, por medio de la aplicación de cales ricas en calcio y magnesio

✓ Realizar un plan de fertilización que contemple la incorporación de materia orgánica y fertilizantes minerales

✓ Realizar una óptima selección de las especies de acuerdo a la pendiente, los suelos, el clima y las condiciones sociales locales.

✓ Tener un plan de manejo de malezas, plagas y enfermedades de acuerdo al uso seleccionado.

– Grupo de manejo 7p-2. Son suelos que se encuentran en frente y revés de crestones y algunos escarpes de filas y vigas, corresponde a suelos oxisoles o inceptisoles oxicos, bien drenados de texturas gruesas a muy finas. Dentro de las principales características que presentan es que se encuentran en pendientes entre 50 y 75%, hay sectores sin erosión y otros con erosión ligera y moderada

con el adelgazamiento del horizonte A hasta de un 75%, no presentan pedregosidad en el perfil o en superficie y químicamente presentan saturación de aluminio mayor al 90%. Las tierras del grupo de manejo 7p-2 son **aptas para sistemas forestales productores (FPD).**

En estas tierras es necesario implementar algunas prácticas de manejo como.

- ✓ Realizar un óptimo encausamiento de las aguas, realización de zanjas y drenajes

- ✓ Realizar un plan de enmiendas que se oriente a disminuir la saturación de aluminio en el perfil del suelo, por medio de la aplicación de cales ricas en calcio y magnesio

- ✓ Realizar un plan de fertilización que contemple la incorporación de materia orgánica y fertilizantes minerales por lo menos en los primeros años de crecimiento de los árboles.

- ✓ Realizar una óptima selección de las especies de acuerdo a los suelos, el clima y las condiciones sociales locales

- ✓ Tener un plan de manejo de malezas, plagas y enfermedades de acuerdo al uso seleccionado.

3.10.4.5 Tierras clase 8. Suelos que por su vulnerabilidad extrema y por su importancia como ecosistemas estratégicos para la regulación del recurso hídrico y por su interés científico deben destinarse a la conservación de la naturaleza.

Agrupa las zonas de pendientes muy fuertes con una inclinación mayor al 75%, donde dominan los afloramientos rocosos o hay erosión extrema. Estas limitaciones restringen el uso a la conservación y/o recuperación de la naturaleza, esto incluye las zonas de reservas forestales protegidas. Las tierras de la clase 8 son **aptas para la Conservación y/o recuperación de la naturaleza (CRE)**.

En estas tierras es necesario implementar algunas prácticas de manejo como.

- ✓ Generar proyectos de reconversión productiva para la población asentada en estos sitios

- ✓ Desarrollar proyectos de restauración ecológica con especies nativas

Fotografía 98. Tierras de la clase 8.

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

3.10.5 Usos propuestos

El proceso metodológico para la conformación de las unidades de usos principales propuestos partio desde la identificación y caracterización de las unidades geomorfológicas a nivel de formas del terreno, las cuales se conviertesn en la base cartográfica para la caracterización de las unidades geomorfopedológicas, los suelos dominantes en cada una de ellas y la descripción de las características morfológicas, químicas y físicas de lo suelos.

Posteriormente de de acuerdo a la conformacin de las unidades de capacidad se identificaron los principales limitantes que categorizaban y zonificaban en las 5 clase agrologicas (clases 3, 4, 6, 7 y 8) y 3 subclases (p, e, s) que solas o combinadas determinaban grupos de subclases que al final y por manejo especifico determinaron varios grupos de manejo. Lo que permitio llegar a los usos principales propuesto en la cuenca. A continuación, se presenta la leyenda con los usos principales propuestos en la cuenca del rio Hacha (Figura 136).

Tabla 248. Leyenda de las unidades de capacidad de uso de las tierras.

SIMBOLO	USOS PRINCIPALES PROPUESTOS	CLASE	SUBCLASE	GRUPOS DE MANEJO	EXTENSIÓN (HA)
CTI	Cultivos transitorios intensivos	3	s	3s-1	1030,28
CPS	Cultivos permanentes semi intensivos	4	ps	4ps-1	8957,67
		4	ps	4ps-2	
		6	s	6s-1	
		6	s	6s-2	
		6	p	6p-1	

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 248 (Continuación). Leyenda de las unidades de capacidad de uso de las tierras

SIMBOLO	USOS PRINCIPALES PROPUESTOS	CLASE	SUBCLASE	GRUPOS DE MANEJO	EXTENSIÓN (HA)
CPS	Cultivos permanentes semi intensivos	6	p	6p-2	8957,67
PEX	Pastoreo extensivo	4	hs	4hs-1	1008,52
ASP	Sistemas agrosilvopastoriles	4	es	4es-1	5438,57
		4	es	4es-2	
		4	pes	4pes-1	
		4	pes	4pes-2	
		6	s	6s-3	
		6	ps	6ps-1	
		6	ps	6ps-2	
FPD	Sistemas forestales productores	7	p	7p-1	6051,90
		7	p	7p-2	
FPR	Sistemas forestales protectores	7	e	7e-1	1658,68
		7	h	7h-1	
CRE	Recuperación de la naturaleza, recreación	8		8-1	24191,11

Fuente: Ecointegral 2017. Contrato N°0390 de 2016

- Cultivos transitorios intensivos: Asocian los suelos del grupo de manejo 3s-1, dentro de las principales características que presentan están la erosión nula, las pendientes que no superan el 12%, son bien drenados, profundos, de texturas medias a muy finas, no presentan pedregosidad en el perfil o en superficie; sin embargo presentan limitaciones importantes como saturación de aluminio que puede llegar hasta el 60% y saturación de bases que puede ser de solo el 40%. Por lo tanto para su implementación requieren manejo relacionado principalmente con la neutralización de la acidez y la posterior fertilización para lograr cosechas con buenos márgenes de rentabilidad.

- Cultivos permanentes semi intensivos: Asocian los suelos de los grupos de manejo 4ps-1, 4ps-2, 6s-1, 6s-2, 6p-1, 6p-2, dentro de las principales características que presenta son las pendientes que pueden llegar al 50%, la erosión es nula o en grado ligero, son bien drenados, profundos, de texturas medias a muy finas, no presentan pedregosidad en el perfil o en superficie; sin embargo presentan limitaciones importantes como saturación de aluminio que puede llegar al 90% y saturación de bases que puede llegar a ser de solo el 10%, debido a esto deben implementarse cultivos con distancias de siembra mayores y con manejos más estrictos debido a las limitantes que hacen que los rendimientos sean un poco

menores o que se requiera mayor inversión para lograr los mismos márgenes de rentabilidad que en las zonas propuestas para usos intensivos.

- Pastoreo extensivo: Asocia los suelos del grupo de manejo 4hs-1, dentro de las principales características que presenta son las pendientes menores al 12%, la erosión es nula, son pobremente drenados, superficiales debido a la fluctuación del nivel freático cerca de la superficie del suelo, con de texturas moderadamente gruesas, no presentan pedregosidad en el perfil o en superficie, químicamente presentan saturación de aluminio que varía entre el 30 y 60 y poseen fertilidad baja. Debido a esto deben sembrarse pasturas adaptadas a condiciones de mal drenaje y realización de obras que permitan controlar los desbordamientos.

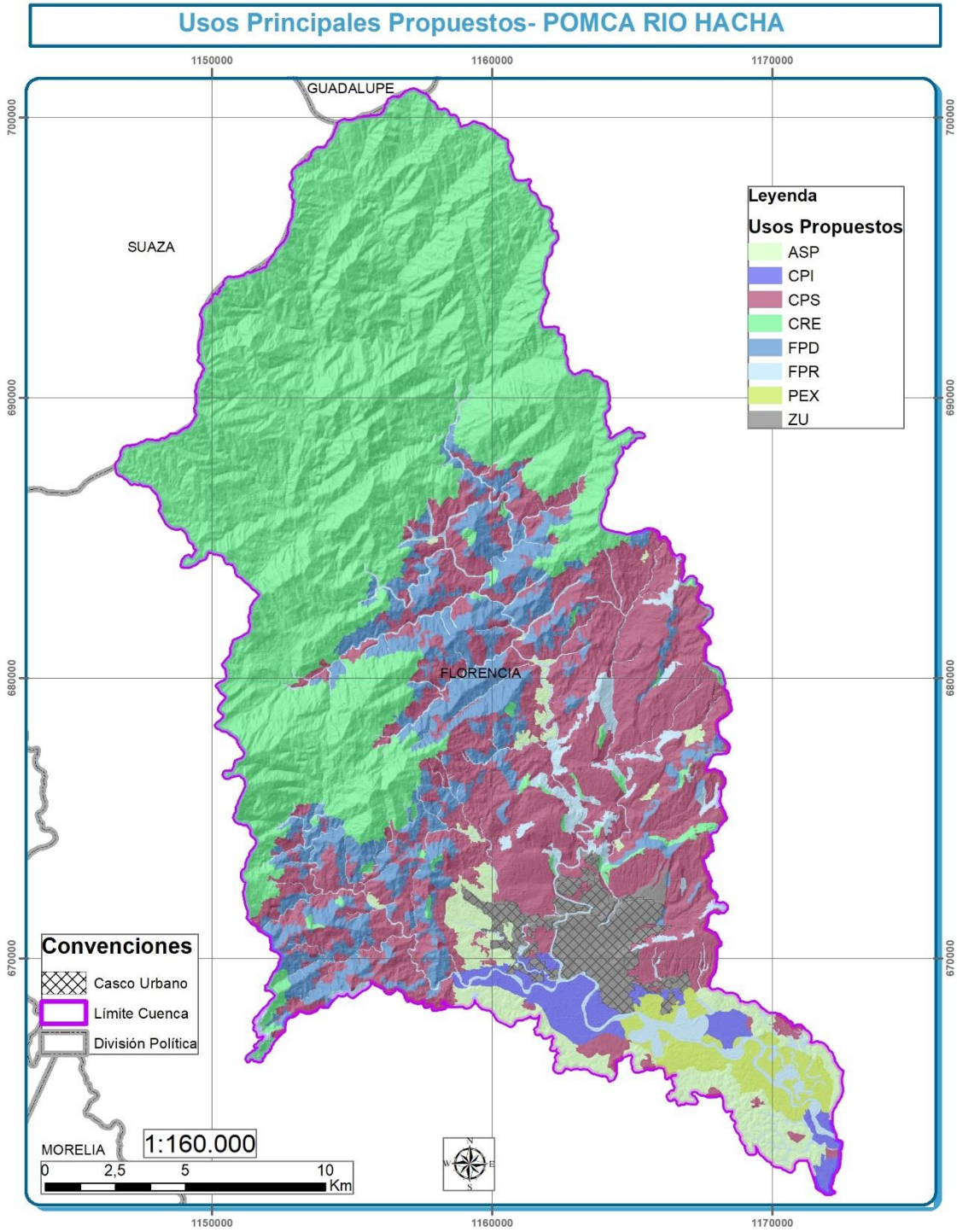
- Sistemas agrosilvopastoriles: Asocian los grupos de manejo 4es-1, 4es-2, 4pes-1, 4pes-2 y 6s-3, 6ps-1y 6ps-2, dentro de las características que los asocian es las pendientes que pueden llegar al 50%, presentan erosión moderada o texturas contrastadas con abundante pedregosidad en el perfil, con alta saturación de aluminio que hace que sean muy susceptibles a la degradación bajo usos intensivos. Debido a estas condiciones son aptos para usos combinados donde las áreas menos degradadas y de menor pendiente pueden dedicarse la ganadería, las zonas con un poco más de pendiente dedicarse a cultivos permanentes y zonas degradadas o susceptibles al deterioro dedicarse a la reforestación.

- Sistemas forestales productores: Asocia los suelos del grupo de manejo 7p-1 y 7p-2, los cuales se encuentran en pendientes entre 50 y 75%, hay sectores sin erosión y otros con erosión ligera y moderada con el adelgazamiento del horizonte A hasta de un 75%, no presentan pedregosidad en el perfil o en superficie y químicamente presentan saturación de aluminio que varía entre el 30 y 90% y poseen fertilidad baja. Son terrenos muy susceptibles al deterioro y difíciles de manejar para la agricultura o la ganadería por la pendiente fuerte, sin embargo, puede desarrollarse la vegetación boscosa productora.

- Sistemas forestales protectores: Asocia los suelos de los grupos de manejo 7e-1 y 7h-1, los cuales se encuentran en pendientes entre 50 y 75%, fuertemente erosionados, casi sin suelo o con mucho riesgo de inundaciones o gran permanencia de las mismas, por lo tanto, son solo aptos para este uso ya que los rendimientos económicos pueden no ser los esperados.

- Recuperación de la naturaleza y recreación: Corresponde a la clase agrologica 8 y agrupa las zonas de pendientes muy fuertes con una inclinación mayor al 75%, donde dominan los afloramientos rocosos o hay erosión extrema. Estas limitaciones restringen el uso a la conservación y/o recuperación de la naturaleza.

Figura 136. Usos de suelos propuestos en la cuenca del rio Hacha.



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.11 COBERTURA Y USO DE LA TIERRA

3.11.1 Metodología para desarrollar el componente cobertura

Para el análisis e interpretación de coberturas corresponde se emplea la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia a escala 1.25.000 utilizando la imagen Rapideye 2015 y haciendo verificación en campo durante el proceso de levantamiento de información para la actualización del POMCA del río Hacha. Para la preparación de la imagen Rapideye de 2015, se realizaron los siguientes pasos:

3.11.1.1 Revisión de geo referencia: En este paso se revisó el corregistro de la imagen y se verificó la geo referencia de cada imagen con la cartografía 1:25.000. Esta verificación se realizó tomando varios puntos de la imagen y la cartografía que sean fácilmente identificables en ambas fuentes y se revisa que el error máximo este por debajo de 8,3 metros (para escala 1:25.000).

3.11.1.2 Interpretación: Consta de tres componentes: los insumos, los procesos y los productos (Figura 137).

La revisión del área de la cuenca se realiza a partir del límite entregado por la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia, CORPOAMAZONIA que tienen jurisprudencia en la cuenca hidrográfica. Una vez delimitada el área de trabajo, se definen los insumos a trabajar buscando tener la completitud de los sensores remotos que deben cumplir tres condiciones:

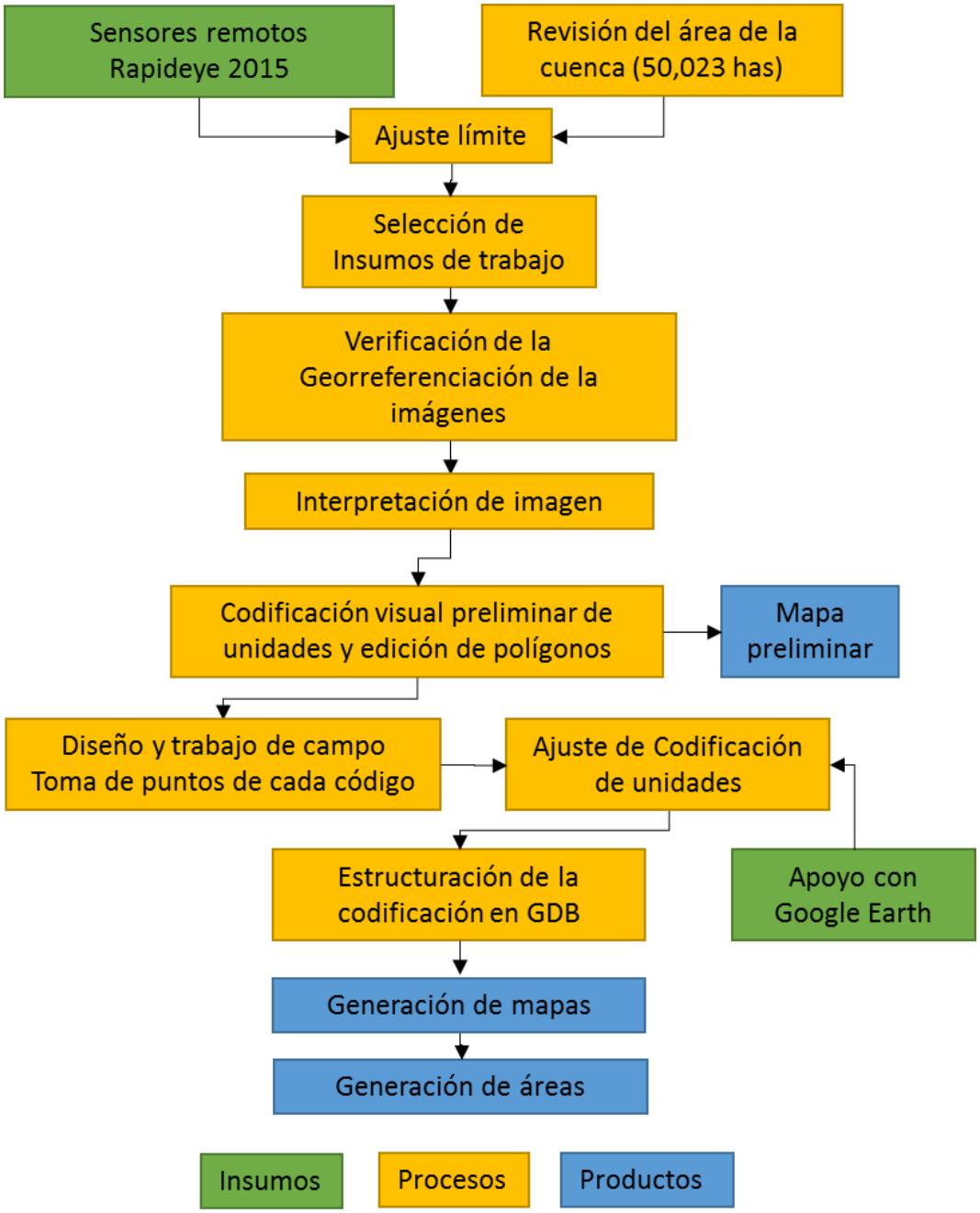
1. Tengan resolución espacial para trabajar escala 1:25.000, es decir, igual o menor a 8,3 m.

2. El año del sensor remoto sea 2013 o superior (en este caso 2015).

3. Que no tenga nubes o sombras significativas en el área de trabajo seleccionado para cada sensor.

Para el sensor seleccionado se verificó la georreferenciación, de forma que satisfaga la escala 1:25.000, de acuerdo a la cartografía base del IGAC; una vez georreferenciada y verificada la imagen Rapideye, se hace un proceso de interpretación que incluye formas y reglas de agrupación, donde se obtiene los polígonos diferenciados por tipos o rangos de respuestas espectrales de la imagen y se obtienen los polígonos diferenciados para la escala 1:25.000.

Figura 137. Metodología de interpretación de mapa de uso y cobertura



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Luego, se codifican con la nomenclatura Corine Land Cover adaptada para Colombia con la interpretación visual y de manera manual (polígono por polígono, codificado por el intérprete). En los polígonos con dudas de codificación se apoyó

en Google Earth; y se hace además la edición de polígonos que presenten incoherencias identificadas mediante esta interpretación visual (mediante un barrido sistemático), como son división o corte de polígonos o unión o pegado de polígonos, también se editan vías y ríos, que generen área para la escala 1:25.000. Adicionalmente, a la capa interpretada se le hace eliminación de segmentos menores a una hectárea para excluir objetos que generan basuras, para la escala de trabajo.

Con esta codificación polígono a polígono, se genera el mapa preliminar como apoyo para diseñar el trabajo de campo, donde se toman puntos de cada código en diferentes partes de la cuenca, es decir un numero representativo de la cuenca alta, otro para la cuenca media y otro número para la cuenca baja, y específicamente se tomaron puntos específicos donde el código presenta dudas en la interpretación (Ver Anexo 24-1). La codificación del uso actual se relaciona para cada polígono de la cobertura, donde normalmente se asocia para un código de cobertura un uso general y tipo de uso, aunque puede llegar a tener una misma cobertura más de un uso, aunque en una cuenca pequeña como la del río hacha es poco probable.

Con esta malla de puntos se procede a ajustar la codificación tanto a nivel particular (codificación dudosa con cada punto verificado) como de la codificación general, por ejemplo, algunos polígonos codificados como arbustales, en campo se observaron cómo vegetación secundaria baja, para un sector de la cuenca (Ver Anexo 24-2).

Una vez revisado todos los polígonos mediante barrido sistemático, se hace la estructuración del shape, es decir se verifica y ajusta topología, se revisa la unidad mínima de mapeo, teniendo que la escala de este producto es 1:25.000, la unidad mínima de mapeo los niveles 1 al 5, es de 1 ha del primer nivel de Corine Land Cover.

Finalmente se genera el mapa con los colores correspondiente de cada cobertura, y se calculan las respectivas áreas para la cuenca del río Hacha (Ver Anexo 24-3).

3.11.2 Metodología para el análisis multitemporal de Coberturas

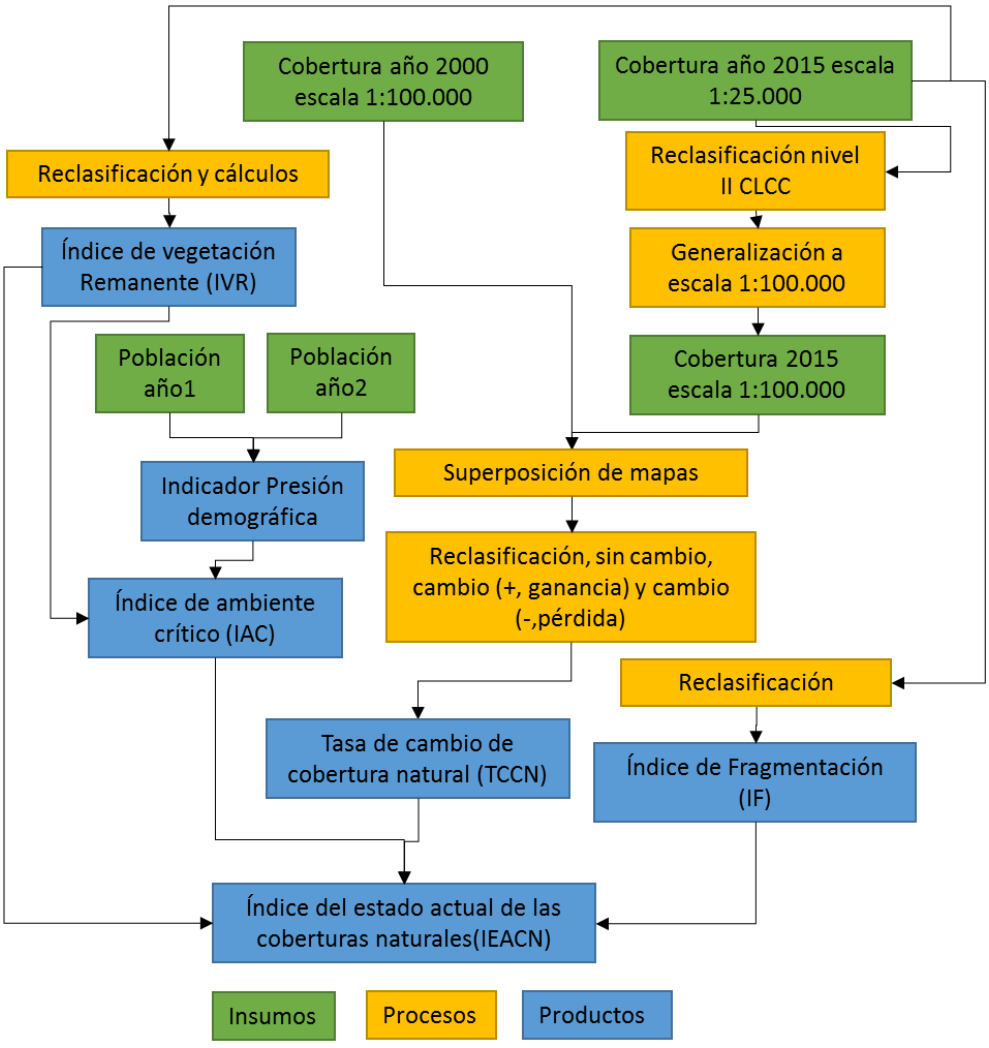
Para generar el análisis multitemporal se parte de la cobertura año 2001 (promedio) a escala 1:100.000 (IDEAM, IGAC, IAvH, INVEMAR, I. SINCHI e IIAP. 2007) y la cobertura obtenida en el 2015 (promedio) en esta actualización del POMCA, la cual se tendrá que homologar a escala 1:100.000, mediante la generalización de polígonos y de leyenda mediante el código de dos (2) dígitos de Corine Land Cover, y se obtiene la cobertura 1.100.000 2014, la cual se compara y se obtiene un resultado como se presenta en la Tabla 249, donde los colores representan el semáforo ampliado (ver Figura 138).

Tabla 249.Calificación en el análisis multitemporal de cobertura de la cuenca del Río Hacha

CAMBIO
Ganancia severa
Ganancia moderada
Sin Cambio
Pérdida moderada
Pérdida severa
Sin Cambio Natural

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Figura 138. Metodología para generar el análisis multitemporal, índices e indicadores de la cuenca del Río Hacha



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Con esta información del análisis multitemporal se calcula el Indicador de Tasa de cambio de las Coberturas Naturales de la tierra (TCCN).

3.11.3 Metodología calcular índices e indicadores relacionados con la cobertura

3.11.3.1 Indice de Fragmentación. Para elaborar el mapa de fragmentación de la Cuenca del Río Hacha se tiene en cuenta la metodología de Steenmans y Pinborg[48] sugerida por la Guía Técnica para la Formulación de POMCAS (MADS, 2014). Según esta metodología, el insumo principal es el mapa de Cobertura vegetal 2015 obtenido. A continuación, se describen los procedimientos implementados y resultados obtenidos:

- Reclasificación del mapa de cobertura vegetal. Siguiendo lo expuesto en la metodología de Steenmans y Pinborg (2000), se reclasificó el mapa de cobertura y uso del suelo en dos categorías: Áreas naturales y Áreas no naturales o antropizadas. Esta labor se realiza con el apoyo del profesional encargado del componente florístico.

Cabe aclarar que, cómo lo afirma Triviño et al. (2007), aunque en el territorio las superficies de agua son espacios naturales, para efectos de estudiar el nivel de fragmentación de las coberturas terrestres, los cuerpos de agua deben clasificarse como espacios antropizados ya que constituyen una barrera para la conectividad de las coberturas vegetales de tipo de terrestre.

- Rasterización del mapa de antropización. A partir del archivo en formato shape (estructura SIG tipo vector) del mapa de antropización, se procedió a convertirlo a formato raster con tamaños de celda de 250 metros x 250 metros. Conforme a lo exigido por la metodología.

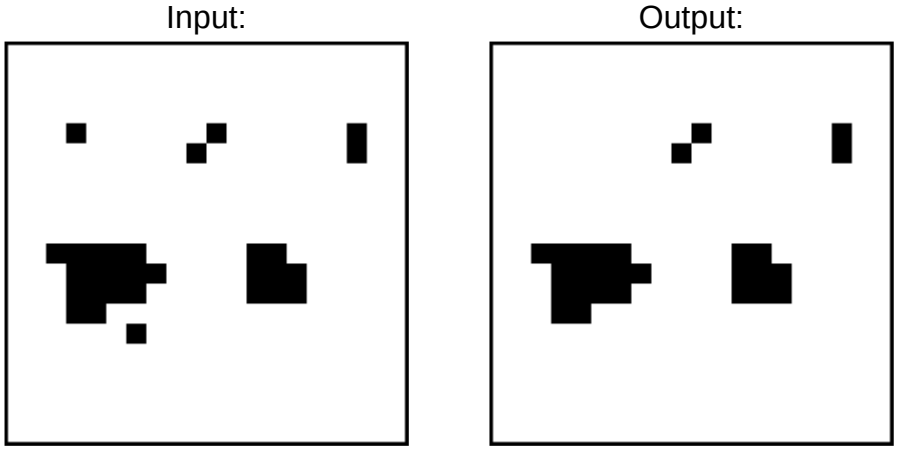
- Determinación del índice de fragmentación**.** Siguiendo la metodología, la zona de estudio de la cuenca se dividió en una grilla de cuadrantes de dos kilómetros de lado. En cada cuadrante se estableció cuantos complejos naturales conectados y cuantos complejos naturales no conectados se encuentran.

Posteriormente, empleando el filtro binario PEPPSALT, se eliminaron aquellas celdas de áreas naturales que se encontraban aisladas, es decir sin una de las cuatro conexiones (arriba, abajo, izquierda, derecha) a otro pixel de área natural

[48] STEENMANS, C. AND PINBORG, U. 2000. 5. Anthropogenic fragmentation of potential semi-natural and natural areas. En: From land cover to landscape diversity in the european union. European Commission - DG AGRI, EUROSTAT.

(Ver Figura 139), donde se obtuvieron los histogramas de cada cuadrante, antes y después de ejecutar el filtro PEPPSALT, para poder establecer exactamente la cantidad de complejos conectados y complejos no conectados existentes en cada cuadrante. Estos resultados fueron consignados en un archivo de Excel para finalmente, aplicar la formula definida en la metodología y así calcular el índice de fragmentación de cada cuadrante.

Figura 139. Ilustración de la forma como opera el filtro binario PEPPSALT



Fuente: http://spatialanalyst.net/ILWIS/htm/ilwisapp/sec/filter_peppsalt_sec.htm

A continuación, se presenta la fórmula matemática empleada para calcular el índice de fragmentación de Steenmans y Pinborg:

$$\text{Índice de fragmentación} = \frac{\text{Frecuencia}}{((\text{Cuenta media}/16)\text{x}\ (\text{Suma de áreas naturales}/16))}$$

Dónde:

- Frecuencia: Número de “pixeles sensitivos” (complejos) conectados en cada celda de la grilla
- Cuenta media/16: Tamaño promedio de las clases (clúster) en km^2
- Suma de áreas naturales/16: Área total de todos los pixeles que son áreas naturales

Cada pixel tiene un tamaño de 250 m, por eso 4 x 4 = 16 pixeles que representan 1 km^2.

Los índices calculados permitieron clasificar cada cuadrante de acuerdo a una tipología de fragmentación previamente definida en la metodología empleada. La Tabla 250, muestra los rangos de valores del índice de fragmentación que definen

las categorías de fragmentación para la cuenca del río Hacha. Este índice se resume en la Tabla 251.

Tabla 250. Tipologías de fragmentación según rangos del índice de fragmentación de Steenmans y Pinborg (2000)

TIPO DE FRAGMENTACIÓN	VALOR DEL ÍNDICE
MÍNIMA	Menor a 0,01
POCA	Entre 0,01 y 0,1
MEDIA	Entre 0,1 y 1
MODERADA	Entre 1 y 10
FUERTE	Entre 10 y 100
EXTREMA	Mayor a 100

Fuente: http://spatialanalyst.net/ILWIS/htm/ilwisapp/sec/filter_peppsalt_sec.htm

Tabla 251. Ficha metodologíca para la estimación del Índice de Fragmentación (IF) de la cuenca del Río Hacha

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN		
Nombre y Sigla	Índice de Fragmentación (IF)		
Objetivo	Cuantificar el grado o tipo de fragmentación de los diferentes tipos de cobertura natural de la tierra.		
Definición	La fragmentación se entiende como la división de un hábitat originalmente continuo en relictos remanentes inmersos en una matriz transformada (Sanders et al., 1991). Con el fin, de conocer el índice de fragmentación se aplicará la metodología de Steenmans y Pinborg (2000) que tiene en cuenta el número de bloques de vegetación y su grado de conectividad.		
Fórmula	Índice de fragmentación= psc/ (ps/cs*16)* (ps/16) Siendo psc las celdillas sensibles conectadas, ps las celdillas sensibles; y, cs los complejos sensibles. 16 es el número de grillas en estudio según artículo original.		
Variables y Unidades	Número de bloques, conectividad de los bloques. Números decimales y enteros entre 0.01 y 100		
Insumos	Mapa de cobertura actual de la tierra de la cual se extraen las coberturas naturales exclusivamente		
Interpretación de la calificación.	**DESCRIPTOR**	**RANGO**	**CALIFICACIÓN**
	Mínima	<0.01	20
	Media	Entre 0.01 y 0.1	15
	Moderada	Entre 0.1 y 1	10
	Fuerte	Entre 1 y 10	5
	Extrema	Entre 10 y 100	0
Observaciones	Índices de fragmentación con rangos de Fuerte con valores superiores a 10 presentan pérdidas críticas de cobertura de uso del suelo, lo cual se asocia a pérdidas de hábitat.		

Fuente: MADS, 2014, Anexo A. Diagnóstico. Guía técnica para la formulación de POMCAS

3.11.3.2 Tasa de cambio de las coberturas naturales de la tierra (TCCN). La tasa de cambio estima el grado de conservación de la cobertura, la cantidad de hábitat natural intacto y los patrones de conversión (Ver Tabla 252).

Tabla 252. Indicador de Tasa de cambio de las coberturas naturales de la tierra (TCCN) de la cuenca del Río Hacha

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN		
Nombre y Sigla	Indicador de Tasa de cambio de las coberturas naturales de la tierra (TCCN)		
Objetivo	Medir la pérdida o recuperación de los diferentes tipos de coberturas naturales con relación al tiempo en años.		
Definición	El indicador mide los cambios de área de las coberturas naturales del suelo a partir de un análisis multitemporal en un período de análisis no menor de 10 años, mediante el cual se identifican las pérdidas de hábitat para los organismos vivos. La tasa de cambio estima el grado de conservación de la cobertura, la cantidad de hábitat natural intacto y los patrones de conversión. (Modificado de IAvH, 2002)		
Fórmula	$TCCN = (Ln\ ATC_2 – Ln\ ATC_1) * 100 / (t_2 – t_1)$		
Variables y Unidades	TCNN: Tasa de cambio de las coberturas naturales en (%) ATC_2: Área total de la cobertura en el momento dos (o final) ATC_1: Área total de la cobertura en el momento uno (o inicial) $(t_2 – t_1)$: Número de años entre el momento inicial (t1) y el momento final (t2) Ln logaritmo natural		
Insumos	Mapa de cobertura de la tierra actual y mapa de cobertura de la tierra de una época anterior, como mínimo 10 años.		
Interpretación de la calificación	**CATEGORÍA**	**DESCRIPTOR**	**CALIFICACIÓN**
	Baja	menor del 10%	20
	Media	entre 11-20%	15
	Medianamente alta	entre 21-30%	10
	Alta	entre 31-40%	5
	Muy alta	mayor 40%	0
Observaciones	El rango toma valores positivos o negativos, dependiendo de si la tasa es de aumento o disminución del parámetro observado, para el presente análisis se identificarán y delimitarán cartográficamente las áreas que presenten tasas con valores tanto negativos como positivos.		

Fuente: MADS, 2014, Anexo A. Diagnóstico. Guía técnica para la formulación de POMCAS

3.11.3.3 Índice de Vegetación Remanente (IVR). Expresa la cobertura de vegetación natural de un área como porcentaje total de la mismas y su cálculo se explica en la Tabla 253.

Tabla 253. Indicador Vegetación Remanente (IVR) de la cuenca del Río Hacha

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN		
Nombre y Sigla	Indicador Vegetación Remanente (IVR)		
Objetivo	Cuantificar el porcentaje de vegetación remanente por tipo de cobertura vegetal a través del análisis multitemporal, con énfasis en las coberturas naturales.		
Definición	El Indicador de Vegetación Remanente expresa la cobertura de vegetación natural de un área como porcentaje total de la misma; dicho indicador se estima para cada uno de las coberturas de la zona en estudio. (Márquez, 2002, con modificación).		
Fórmula	IVR = (AVR /At)*100		
Variables y Unidades	AVR: es el área de vegetación remanente. At: es el área total de la unidad, en kilómetros cuadrados o hectáreas.		
Insumos	Mapa de cobertura actual de la tierra y de una época anterior, lo más antigua posible		
Interpretación de la calificación	**DESCRIPTOR**	**RANGO**	**CALIFICACIÓN**
	NT: No transformado o escasamente transformado. Sostenibilidad alta	IVR ≥ 70%	20
	PT: Parcialmente transformado Al menos el 70% de la vegetaciónprimaria permanece sin alterar. Sostenibilidad media	IVR ≥ igual al 50% y < del 69%	15
	MDT: Medianamente transformado. Sostenibilidad media baja	IVR ≥ a 30% y < del 49%	10
	MT: Muy transformado. Sostenibilidad baja	IVR ≥ a 10% y < 30%	5
	CT: Completamente transformado.	IVR < 10%	0
Observaciones	Categorías con condiciones de Muy transformado y Completamente Transformado se consideran áreas críticas a ser consideradas en el análisis de conflictos por pérdida de la biodiversidad.		

Fuente: MADS, 2014, Anexo A. Diagnóstico. Guía técnica para la formulación de POMCAS

3.11.3.4 Indicador de Presión Demográfica (IPD). Mide la presión de la población sobre los diferentes tipos de coberturas naturales de la tierra y se obtiene a partir de la información de población de dos años diferentes como se indica en la Tabla 254.

Tabla 254. Indicador Presión Demográfica (IPD) de la cuenca del Río Hacha

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	
Nombre y Sigla	Indicador Presión Demográfica – IPD	
Objetivo	Medir la presión de la población sobre los diferentes tipos de coberturas naturales de la tierra.	
Definición	Mide la tasa de densidad de la población por unidad de análisis, el cual indica la presión sobre la oferta ambiental en la medida en que, a mayor densidad mayor demanda ambiental, mayor presión, mayor amenaza a la sostenibilidad (Márquez, 2000). El tamaño de la población denota la intensidad del consumo y el volumen de las demandas que se hacen sobre los recursos naturales.	
Fórmula	IPD= d*r	
Variables y Unidades	d = densidad poblacional, r = tasa de crecimiento (intercensal)	
Insumos	Mapa de cobertura de la tierra (de los cuales se extraen las coberturas naturales) y dato de densidad por municipio.	
Observaciones	Para la aplicación del indicador el autor calculó la tasa de crecimiento a partir de la siguiente expresión del crecimiento poblacional: N2=N1.ert Dónde: N1 = Población censo inicial N2 = Población censo final e = Base de los logaritmos naturales (2.71829) r = Tasa de crecimiento t = Tiempo transcurrido entre los censos	
Interpretación de la calificación	**RANGO**	**DESCRIPTOR**
	IPD <1	La unidad expulsa población y la sostenibilidad podría mantenerse o recuperarse; presión de la población baja y sostenibilidad alta.
	IPD>1<10	Población y amenazas crecientes pero normales, presión de la población y sostenibilidad media.
	IPD>10	Crecimiento acelerado de la población; presión de la población alta
	IPD> 100	Crecimiento excesivo, grave amenaza a la sostenibilidad.
Observaciones	El índice fue calculado por vereda que incluye el centro poblado.	

Fuente: MADS, 2014, Anexo A. Diagnóstico. Guía técnica para la formulación de POMCAS

3.11.3.5 Índice de Ambiente Crítico (IAC). Identifica los tipos de cobertura natural con alta presión demográfica, y se estima a partir del IPD y el IVR (Ver Tabla 255).

Tabla 255. Índice de ambiente crítico (IAC) de la cuenca del Río Hacha

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Nombre y Sigla	Índice de ambiente crítico – IAC
Objetivo	Identificar los tipos de cobertura natural con alta presión demográfica
Definición	Combina los indicadores de vegetación remanente (IVR) y grado de ocupación poblacional del territorio (D), (este último, descrito en el componente socio-económico), de donde resulta un índice de estado presión que señala a la vez grado de transformación y presión poblacional. Para calificar las áreas se adopta la matriz utilizada por Márquez (2000) con modificación.
Fórmula	Se califica a través de una matriz construida con el IVR y el IPD
Variables y Unidades	IVR e IPD
Insumos	Mapa actual de cobertura de la tierra (de donde se extraen las coberturas naturales) y mapa de presión demográfica por municipio.

Matriz de calificación del índice de ambiente crítico

IVR	Rango de densidad de población			
Categorías	< 1	>1<10	>10<100	>100
NT	I	I	II	II
PT	I	I	II	II
MDT	II	II	III	III
MT	III	III	IV	IV
CT	III	III	IV	V

Interpretación de la calificación	NT: escasamente transformado, PT: parcialmente transformado, MDT: medianamente transformado, MT: muy transformado, CT: completamente transformado. I. Relativamente estable o relativamente intacto; conservado y sin amenazas inminentes (calificación 20) II. Vulnerable, conservación aceptable y/o amenazas moderadas. Sostenible en el mediano plazo, en especial con medidas de protección. (calificación 15) III. En peligro, baja conservación y/o presiones fuertes. Sostenibilidad con probabilidades medias a bajas de persistencia en los próximos 15 años (calificación 10) IV. Crítico, conservación baja y presiones fuertes. Pocas probabilidades en los próximos 10 años (calificación 5) V. Muy crítico (extinto) sostenibilidad improbable; transformación radical y presiones muy elevadas. (calificación 0)
Observaciones	El IVR utilizado para este índice es generado para bosque ya que es más sensible.

Fuente: MADS, 2014, Anexo A. Diagnóstico. Guía técnica para la formulación de POMCAS

3.11.3.6 Índice de Estado Actual de las Coberturas Naturales (IEACN). Como se indicó en la Figura 138, finalmente con el IVR, el IAC, la TCCN y el IF se calcula el Índice que cuantifica el estado actual por tipo de coberturas naturales de la tierra para la cuenca del río Hacha (Tabla 256).

Tabla 256. Índice del estado actual de las coberturas naturales (IEACN) de la cuenca del Río Hacha

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	
Nombre y Sigla	Índice del estado actual de las coberturas naturales (IEACN)	
Objetivo	Mostrar de manera consolidada los resultados de las calificaciones relacionados con el estado actual por tipo de cobertura natural a través de los indicadores vegetación remanente, tasa de cambio de la cobertura, índice de fragmentación e índice de ambiente crítico	
Definición	Cuantifica el estado actual por tipo de coberturas naturales de la tierra	
Fórmula	Se integra la calificación de dos indicadores y dos índices, cada uno de estos tiene un peso de 25%, valor máximo de la suma de indicadores =80	
Variables y Unidades	Las variables están dadas por cada uno de los indicadores, unidad en valor absoluto	
Insumos	Calificación del indicador vegetación remanente, tasa de cambio de las coberturas naturales, índice de fragmentación e índice de ambiente crítico	
Interpretación de la calificación	**RANGO**	**CATEGORÍA**
	Mayor de 60	Conservada
	Entre 41 y 59	Medianamente transformada
	Entre 21 y 40	Transformada
	Entre 1 y 20	Altamente transformada
	0	Completamente transformada

Fuente: MADS, 2014, Anexo A. Diagnóstico. Guía técnica para la formulación de POMCAS

3.11.4 Verificación en Campo

Se parte de la información disponible descrita en el numeral 3.11.1, donde se definieron los sensores remotos Rapideye (con banda infrarroja) cuyas características incluyen cobertura del 100% del área de la cuenca, fecha de toma superior a 2012, según guía para POMCA'S (MADS, 2014) resolución espacial menor o igual a 8 metros adecuada para escala 1:25.000, la cual en todos los casos fue de 5 metros. El análisis de nubosidad (nubes y sombras), presenta menos del 1% en todos los casos adecuado para el área de estudio y se apoyó con Google Earth de 2015. En conclusión, se tiene todos los insumos necesarios para generar la interpretación de cobertura escala 1:25.000 para la cuenca del Río Hacha.

La fase de campo se realizó con la ayuda de GPS, ubicando los puntos de los centroides de los polígonos con dudosa codificación de los que hay de 2 tipos: 1) los que son únicos, es decir con una respuesta del sensor muy particular (color textura y forma) y se debe ir a cada punto, y 2) a los puntos con un patronamiento que se repite en un sector importante de la imagen (por ejemplo Rapideye) y no se define con claridad su código, de forma que con unos pocos puntos verificados en campo se define el código y se extrapola a los demás con la misma respuesta (color, textura, forma, tamaño y patrón). También se toman puntos de diferentes códigos que aunque no se tengan dudas en su codificación, se verifican en campo para garantizar la calidad de la interpretación.

3.11.4.1 Etapa de aprestamiento. Se elaboró un mapa con las coberturas y los puntos de dudosa codificación todos de tipo 1 y algunos pocos del tipo 2. Con este mapa se definen las rutas para el levantamiento de información en campo, teniendo en cuenta la facilidad de acceso a los puntos prestablecidos para visitar.

En los recorridos se toman otros puntos de códigos sin dudas tratando de completar un número significativo de cada código Corine Land Cover definido en la interpretación, tomando la coordenada, una fotografía y el dato de la cobertura presente (igualmente con este código). Es importante tener en cuenta que la mayoría de la interpretación se realiza con imágenes de finales del 2015 e inicio de 2016 (13 de 16 imágenes) y una menor parte de finales del año 2014, por tanto, es posible que la mayoría de las coberturas no hayan sido modificadas especialmente las de tipo natural como bosques, plantaciones, arbustales, herbazales o seminatural como vegetación secundaria (Ver Anexo 24-1).

3.11.4.2 Actividades puntuales en campo. Una vez encontrado cada punto de tipo 1 (dudosa interpretación), y de tipo 2 sin duda en la interpretación, se registra la coordenada con el GPS y se llenan los datos del siguiente formulario (Ver Tabla 257 y Anexo 24-2).

Tabla 257.Tabla para registrar información en campo

Verificador:				Fecha:		
Punto de GPS	Punto mapa	Tipo	CLCC mapa	CLCC terreno	Fotografía	Observaciones

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.11.4.3 Resultados esperados. Del desarrollo de las actividades descritas se generan los siguientes productos:

a. Documento técnico descriptivo de las coberturas y usos actuales de la tierra identificados en la cuenca.

b. Mapa de cobertura y usos actuales de la tierra en escala 1:25.000 con su respectiva leyenda, conforme lo establecido por la metodología de Corine Land Cover adaptada para Colombia.

3.11.5 Descripción de las coberturas y usos actuales de la tierra identificados en la cuenca del Río Hacha

Descripción de las coberturas y usos actuales de la tierra identificados en la cuenca del Río Hacha. El conocimiento de la cobertura y uso del suelo constituye uno de los aspectos más importantes dentro del análisis físico biótico para el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha, por lo cual es indispensable no sólo definir, determinar y cartografiar unidades ecológicas homogéneas, sino también, por su influencia en la formación y evolución de los suelos.

La metodología utilizada para el análisis de cobertura y uso fue descrita anteriormente, siguiendo los lineamientos metodológicos del IDEAM (2010). De esta manera se realiza el inventario de coberturas que permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra, interpretadas a partir de la utilización de imágenes de satélite, para la construcción de mapas de cobertura a diferentes escalas.

A continuación, se hace la descripción de cada unidad de cobertura presente en la cuenca del Río Hacha, de acuerdo a la metodología del IDEAM (2010)[49]:

1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS.

Comprende las áreas de las ciudades y las poblaciones y, aquellas áreas periféricas que están siendo incorporadas a las zonas urbanas mediante un proceso gradual de urbanización o de cambio del uso del suelo hacia fines comerciales, industriales, de servicios y recreativos. Los territorios artificializados corresponden al 3,75% del área de la cuenca hidrográfica con alrededor de 1.877,74 Ha.

[49] Se conservan los códigos de la Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2010

1.1. ZONAS URBANIZADAS

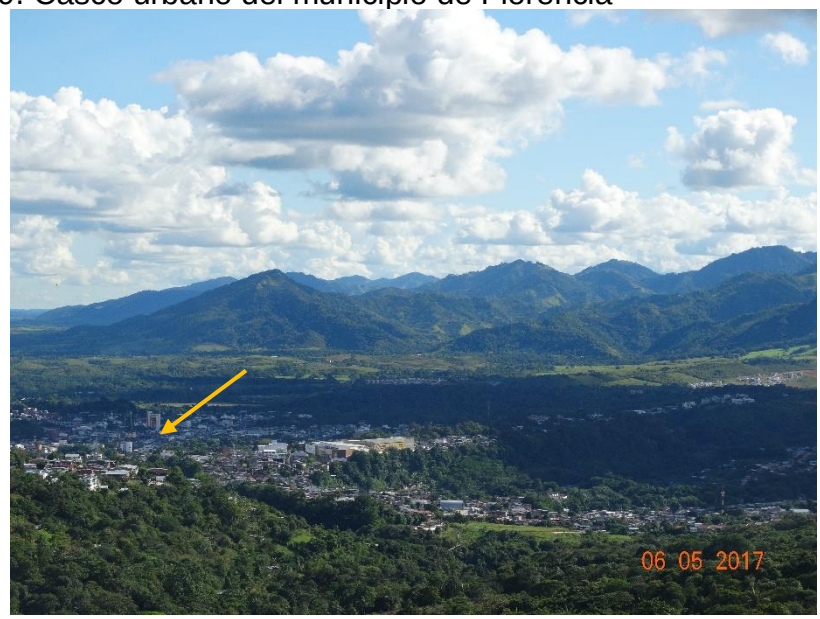
Las zonas urbanizadas incluyen los territorios cubiertos por infraestructura urbana y todos aquellos espacios verdes y redes de comunicación asociados con ellas, que configuran un tejido urbano. Se encuentran las siguientes categorías:

1.1.1. Tejido urbano continúo

Son espacios conformados por edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada. Las edificaciones, vías y superficies cubiertas artificialmente cubren más de 80% de la superficie del terreno. La vegetación y el suelo desnudo representan una baja proporción del área del tejido urbano.

El sector con tejido urbano continuo es de 1.459,36 Ha, que corresponde al 2,92% de la cuenca hidrográfica. Estos se distribuyen a lo largo de la cuenca alta, media y baja del Río Hacha, corresponden especialmente a las cabeceras municipales (Fotografía 99).

Fotografía 99. Casco urbano del municipio de Florencia



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Tejido urbano discontinúo

Son espacios conformados por edificaciones y zonas verdes. Las edificaciones, vías e infraestructura construida cubren la superficie del terreno de manera dispersa y discontinua, ya que el resto del área está cubierta por vegetación.

El sector con tejido urbano discontinuo es de 236,84 Ha, que corresponde al 0,47% de la cuenca hidrográfica, vienen representadas por centros poblados con una extensión y vivienda rural dispersa (Fotografía 100).

Fotografía 100. Área rural Florencia

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

1.2. ZONAS INDUSTRIALES O COMERCIALES Y REDES DE COMUNICACIÓN

Dentro de esta categoría se encontraron:

1.2.2.1 Red vial y terrenos asociados. Son espacios artificializados con infraestructuras de comunicaciones como carreteras y autopistas; se incluye la infraestructura conexa y las instalaciones asociadas tales como: estaciones de servicios, andenes, terraplenes y áreas verdes (Fotografía 101).

La red vial de la cuenca tiene una extensión de 129,09 Ha, que corresponde al 0,26% de la cuenca hidrográfica.

1.2.4.1 Aeropuerto con infraestructura asociada. Comprende los aeropuertos que cuentan con terminales de pasajeros y/o carga. Tiene una representatividad en la cuenca de 0,06%, lo que corresponde a 30,74 Ha (Fotografía 102).

Fotografía 101. Red Vial y Terrenos Asociados

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Fotografía 102. Aeropuerto con infraestructura asociada

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

1.3. ZONAS DE EXTRACCIÓN MINERA Y ESCOMBRERAS

1.3.1.5.1 Explotación de Materiales de Construcción (Arenales). Tiene una representatividad en la cuenca de 0,02%, lo que corresponde a 9,47 Ha de la cuenca hidrográfica.

1.4. ZONAS VERDES ARTIFICIALIZADAS, NO AGRÍCOLAS

1.4.1.2 Parque cementerio. Tiene una representatividad en la cuenca de 0,02%, lo que corresponde a 12,24 Ha de la cuenca hidrográfica (Fotografía 103).

Fotografía 103. Parque cementerio

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

2. LOS TERRITORIOS AGRÍCOLAS

Son los terrenos dedicados principalmente a la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales, ya sea que se encuentren con cultivos, con pastos, en rotación y en descanso o barbecho.

Los territorios agrícolas tienen una representatividad de 25,88%, lo que corresponde alrededor de 12.946,78 Ha de las 50.023,59 Ha de la cuenca hidrográfica. Comprende las áreas dedicadas a cultivos permanentes, transitorios, áreas de pastos y las zonas agrícolas heterogéneas, en las cuales también se pueden dar usos pecuarios además de los agrícolas. A continuación, se describen las

categorías de cobertura de la tierra que presenta los territorios agrícolas en la cuenca hidrográfica:

2.3. PASTOS

2.3.1. Pastos limpios

Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor a 70%; la realización de prácticas de manejo y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas. Estos se clasificaron en tres subclases:

2.3.1.1 Gramas Naturales. Tiene una extensión de 4.773,62 Ha, que corresponde al 9,54% de la cuenca hidrográfica (Fotografía 104).

Fotografía 104. Gramas naturales

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

2.3.1.2 Pastos Mejorados. Tiene una extensión de 839,40 Ha, que corresponde al 1,68%de la cuenca hidrográfica (Fotografía 105).

Fotografía 105. Pastos mejorados

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

2.3.1.2 Pastos Mejorados y Gramas Naturales. Tiene una extensión de 4.096,38 Ha, que corresponde al 8,19%de la cuenca hidrográfica (Fotografía 106).

Fotografía 106. Pastos mejorados y Gramas naturales

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

2.3.2 Pastos Arbolados.

Cobertura que incluye las tierras cubiertas con pastos, en las cuales se han estructurado potreros con presencia de árboles de altura superior a cinco metros, distribuidos en forma dispersa. La cobertura de árboles debe ser mayor a 30% y menor a 50% del área total de la unidad de pastos. Tiene una extensión de 1.002,96 Ha, que corresponde al 2,00% de la cuenca hidrográfica (Fotografía 107).

Fotografía 107. Pastos arbolados

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

2.3.3 Pastos enmalezados

Son las coberturas representadas por tierras con pastos y malezas conformando asociaciones de vegetación secundaria, debido principalmente a la realización de escasas prácticas de manejo o la ocurrencia de procesos de abandono. En general, la altura de la vegetación secundaria es menor a 1,5 m (Fotografía 108).

Tiene una extensión de 729,14 Ha, que corresponde al 1,46% de la cuenca hidrográfica.

Fotografía 108. Pastos enmalezados

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

2.4. ÁREAS AGRÍCOLAS HETEROGÉNEAS

2.4.1.2 Mosaico de cultivos 400-750 msnm. Incluye las tierras ocupadas con cultivos anuales, transitorios o permanentes, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño (inferior a 25 ha) y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual, esta cobertura se encuentra entre los 400 y 750 msnm de la cuenca hidrográfica (Fotografía 109).

Tiene una extensión de 3,61 Ha, que corresponde al 0,01% de la cuenca hidrográfica.

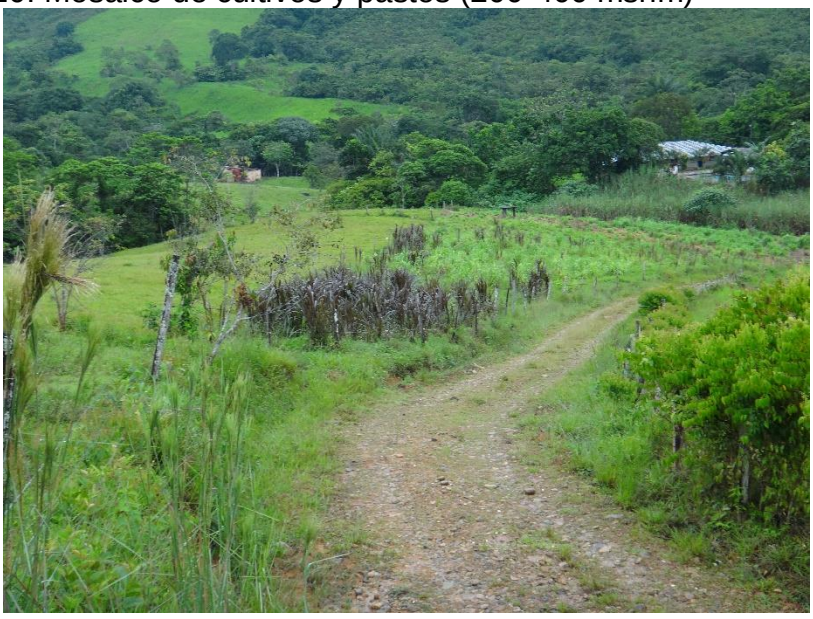
2.4.2.1 Mosaico de pastos y cultivos (200-400 msnm). Comprende las tierras ocupadas por pastos y cultivos, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño (inferior a 25 ha) y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual (Fotografía 110). Esta cobertura se encuentra entre los 200 y 400 msnm de la cuenca hidrográfica.

Tiene una extensión de 20,84 Ha, que corresponde al 0,04% de la cuenca hidrográfica.

Fotografía 109. Mosaico de cultivos 400-750 msnm

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Fotografía 110. Mosaico de cultivos y pastos (200-400 msnm)

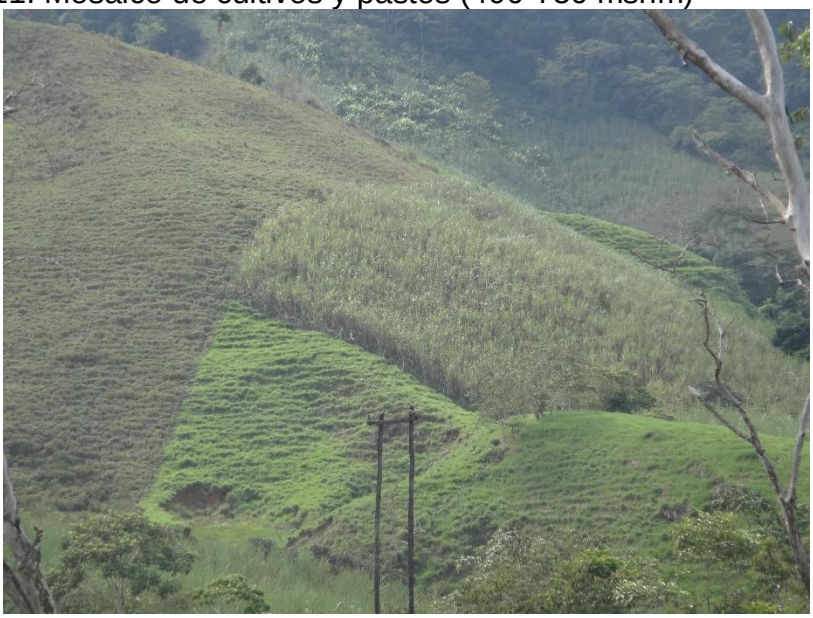


Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

2.4.2.2 Mosaico de pastos y cultivos (400-750 msnm). Esta cobertura se encuentra entre los 400 y 750 msnm de la cuenca hidrográfica.

Tiene una extensión de 99,04 Ha, que corresponde al 0,20% de la cuenca hidrográfica del río Hacha (Fotografía 111)

Fotografía 111. Mosaico de cultivos y pastos (400-750 msnm)



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

2.4.2.3 Mosaico de pastos y cultivos (750-1500 msnm). Esta cobertura se encuentra entre los 750 y 1500 msnm de la cuenca hidrográfica.

Tiene una extensión de 65,22 Ha, que corresponde al 0,13% de la cuenca hidrográfica (Fotografía 112).

2.4.3.1 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (200-400 msnm). Comprende las superficies del territorio ocupadas principalmente por coberturas de cultivos y pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad, el patrón de distribución de las coberturas no puede ser representado individualmente, como parcelas con tamaño mayor a 25 hectáreas.

Las áreas de cultivos y pastos ocupan entre 30% y 70% de la superficie total de la unidad. Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustales, bosque de galería o ripario, vegetación secundaria o en transición, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas, que debido a limitaciones de uso por sus características biofísicas permanecen en estado natural o casi natural (Fotografía 113).

Esta cobertura se encuentra entre los 200 y 400 msnm de la cuenca hidrográfica, tiene una extensión de 58,79 Ha, que corresponde al 0,12% de la cuenca hidrográfica.

Fotografía 112. Mosaico de cultivos y pastos (750-1500 msnm)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Fotografía 113. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (200-400 msnm)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

2.4.3.2 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (400-750msnm) Esta cobertura se encuentra entre los 400 y 750 msnm de la cuenca hidrográfica.

Tiene una extensión de 211,82 Ha, que corresponde al 0,42% de la cuenca hidrográfica (Fotografía 114).

Fotografía 114. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (400-750 msnm)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

2.4.3.3 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (750-1500 msnm). Esta cobertura se encuentra entre los 750-1500 msnm de la cuenca hidrográfica. Tiene una extensión de 202,21 Ha, que corresponde al 0,40% de la cuenca hidrográfica (Fotografía 115).

2.4.3.4 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (1500-2300 msnm). Esta cobertura se encuentra entre los 1500-2300 msnm de la cuenca hidrográfica. Tiene una extensión de 28,49 Ha, que corresponde al 0,06% de la cuenca hidrográfica (Fotografía 116).

Fotografía 115. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (750-1500 msnm)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Fotografía 116. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (1500-2300 msnm)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

2.4.4.1 Mosaico de pastos con espacios naturales (200-400 msnm). Constituida por las superficies ocupadas principalmente por coberturas de pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad, el patrón de distribución de las zonas de pastos y de espacios naturales no puede ser representado individualmente y las parcelas de pastos presentan un área menor a 25 hectáreas.

Las coberturas de pastos representan entre 30% y 70% de la superficie total del mosaico. Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustales, bosque de galería o ripario, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas y que debido a limitaciones de uso por sus características biofísicas permanecen en estado natural o casi natural (Fotografía 117).

Esta cobertura se encuentra entre los 200-400 msnm de la cuenca hidrográfica. Tiene una extensión de 22,17 Ha, que corresponde al 0,04% de la cuenca hidrográfica.

Fotografía 117. Mosaico de pastos con espacios naturales (200-400 msnm)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

2.4.4.2 Mosaico de pastos con espacios naturales (400-750 msnm). Esta cobertura se encuentra entre los 400-750 msnm de la cuenca hidrográfica. Tiene una extensión de 375,40 Ha, que corresponde al 0,75% de la cuenca hidrográfica (Fotografía 118).

Fotografía 118. Mosaico de pastos con espacios naturales (400-750 msnm)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

2.4.4.2 Mosaico de pastos con espacios naturales (750-1500 msnm). Esta cobertura se encuentra entre los 750-1500 msnm de la cuenca hidrográfica. Tiene una extensión de 315,79 Ha, que corresponde al 0,63% de la cuenca hidrográfica (Fotografía 119).

Fotografía 119. Mosaico de pastos con espacios naturales (750-1500 msnm)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

2.4.5.3 Mosaico de cultivos y espacios naturales (750-1500 msnm). Corresponde a las superficies ocupadas principalmente por cultivos en combinación con espacios naturales, donde el tamaño de las parcelas es muy pequeño y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual. En esta unidad, los espacios naturales se presentan como pequeños parches o relictos que se distribuyen en forma irregular y heterogénea, a veces entremezclada con las áreas de cultivos, dificultando su diferenciación. Las áreas de cultivos representan entre 30% y 70% de la superficie total de la unidad.

Los parches y residuos de espacios naturales están conformados por aquellas áreas cubiertas por relictos de bosque, arbustales, bosque de galería y/o ripario, vegetación secundaria o en transición, zonas pantanosas u otras áreas no intervenidas o poco transformadas que permanecen en estado natural o casi natural.

Esta cobertura se encuentra entre los 750-1500 msnm de la cuenca hidrográfica. Tiene una extensión de 101,91 Ha, que corresponde al 0,20% de la cuenca hidrográfica (Fotografía 120)

Fotografía 120. Mosaico de cultivos y espacios naturales (750-1500 msnm)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3. BOSQUES Y AREAS SEMINATURALES

3.1. BOSQUES

Comprende las áreas naturales o semi naturales, constituidas principalmente por elementos arbóreos de especies nativas o exóticas. Los árboles son plantas leñosas perennes con un solo tronco principal, que tiene una copa más o menos definida, esta cobertura comprende los bosques naturales y las plantaciones.

Los bosques tienen una representatividad de 69,04%, lo que corresponde alrededor de 34.538,58 Ha de las 50.023,59 Ha de la cuenca hidrográfica. Comprende las áreas de bosques, las áreas herbáceas y arbustivas, y las áreas desnudas y degradadas. Se encuentran las siguientes categorías:

Bosque Denso

3.1.1.1.1.1 Bosque denso alto de tierra firme heterogéneo (200-400 msnm). Corresponde a las áreas con vegetación de tipo arbóreo caracterizada por un estrato más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad, con altura del dosel superior a 15 metros y que se encuentra localizada en zonas que no presentan procesos de inundación periódicos.

Esta cobertura se encuentra entre los 200-400 msnm de la cuenca hidrográfica. Tiene una extensión de 8,64 Ha, que corresponde al 0,02% de la cuenca hidrográfica (Fotografía 121).

Fotografía 121. Bosque denso alto de tierra firme heterogéneo (200-400 msnm)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.1.1.1.1.2 Bosque denso alto de tierra firme heterogéneo (400-750 msnm). Esta cobertura se encuentra entre los 400-750 msnm de la cuenca hidrográfica. Tiene una extensión de 160,43 Ha, que corresponde al 0,32% de la cuenca hidrográfica (Fotografía 122).

Fotografía 122. Bosque denso alto de tierra firme heterogéneo (400-750 msnm)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.1.1.1.1.3 Bosque denso alto de tierra firme heterogéneo (750-1500 msnm). Esta cobertura se encuentra entre los 750-1500 msnm de la cuenca hidrográfica. Tiene una extensión de 6.721,02 Ha, que corresponde al 13,44% de la cuenca hidrográfica (Fotografía 123).

3.1.1.1.2.1 Bosque denso alto inundable heterogéneo. Corresponde a las áreas con vegetación de tipo arbóreo caracterizada por un estrato más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad, y con altura del dosel entre 5 y 15 metros y que se encuentra localizada en las franjas adyacentes a los cuerpos de agua (lóticos), las cuales corresponden principalmente a las vegas de divagación y llanuras de desborde con procesos de inundación periódicos con una duración superior a dos meses (Fotografía 124).

Tiene una extensión de 36,04 Ha, que corresponde al 0,07% de la cuenca hidrográfica.

Fotografía 123. Bosque denso alto de tierra firme heterogéneo (750-1500 msnm)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Fotografía 124. Bosque denso alto inundable heterogeneo en la margen del Rio Hacha

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.1.1.1.2. Bosque denso bajo inundable. Corresponde a las áreas con vegetación de tipo arbóreo caracterizada por un estrato más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad, y con altura del dosel entre 5 y 15 metros y que se encuentra localizada en las franjas adyacentes a los cuerpos de agua (lóticos), las cuales corresponden principalmente a las vegas de divagación y llanuras de desborde con procesos de inundación periódicos con una duración superior a dos meses. Se encontraron de 2 tipos:

- **3.1.1.1.2.2 Cananguchales en cauces.** Tiene una extensión de 34,76 Ha, que corresponde al 0,07% de la cuenca hidrográfica (Fotografía 125).

Fotografía 125. Cananguchales en cauces

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

- **3.1.1.1.2.3 Cananguchales asociados a pasturas.** Tiene una extensión de 100,30 Ha, que corresponde al 0,20% de la cuenca hidrográfica del río Hacha.

Fotografía 126. Cananguchales asociadas a pasturas

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.1.1.2.1.1 Bosque denso bajo de tierra firme poco intervenido por el hombre (1500-2300 msnm). Corresponde a las áreas con vegetación de tipo arbóreo caracterizada por un estrato más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad, y con altura del dosel entre 5 y 15 metros, y que se encuentra localizada en zonas que no presentan procesos de inundación periódicos (Fotografía 127).

Esta cobertura se encuentra entre los 1500-2300 msnm de la cuenca hidrográfica. Tiene una extensión de 10.792,38 Ha, que corresponde al 21,57% de la cuenca hidrográfica.

3.1.1.2.1.2 Bosque denso bajo de tierra firme poco intervenido por el hombre (2300-3000 msnm). Esta cobertura se encuentra entre los 2300-3000 msnm de la cuenca hidrográfica. Tiene una extensión de 1.436,33 Ha, que corresponde al 2,87% de la cuenca hidrográfica (Fotografía 128).

Fotografía 127. Bosque denso bajo de tierra firme poco intervenido por el hombre (1500-2300 msnm)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Fotografía 128. Bosque denso bajo de tierra firme poco intervenido por el hombre (2300-3000 msnm)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.1.2. Bosque abierto

3.1.2.1.1.1 Bosque abierto alto de tierra firme muy intervenido (200-400 msnm). Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos regularmente distribuidos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) discontinuo, con altura del dosel superior a 15 metros, cuya área de cobertura arbórea representa entre 30% y 70% del área total de la unidad y que se encuentra localizada en zonas que no presentan procesos de inundación periódicos.

Esta cobertura se encuentra entre los 200-400 msnm de la cuenca hidrográfica. Tiene una extensión de 271,63 Ha, que corresponde al 0,54% de la cuenca hidrográfica (Fotografía 129).

Fotografía 129. Bosque abierto alto de tierra firme muy intervenido (200-400 msnm)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.1.2.1.1.2 Bosque abierto alto de tierra firme moderadamente intervenido (400-750 msnm). Esta cobertura se encuentra entre los 400-750 msnm de la cuenca hidrográfica. Tiene una extensión de 207,97 Ha, que corresponde al 0,42% de la cuenca hidrográfica (Fotografía 130).

Fotografía 130. Bosque abierto alto de tierra firme moderadamente intervenido (400-750 msnm)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.1.2.1.1.2 Bosque abierto alto de tierra firme poco intervenido (750-1500 msnm). Esta cobertura se encuentra entre los 750-1500 msnm de la cuenca hidrográfica. Tiene una extensión de 833,36 Ha, que corresponde al 1,67% de la cuenca hidrográfica (Fotografía 131).

Fotografía 131. Bosque abierto alto de tierra firme poco intervenido (750-1500 msnm)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.1.3. Bosque Fragmentado

3.1.3.1 Bosque fragmentado con pastos y cultivos. Comprende los territorios cubiertos por bosques naturales donde se ha presentado intervención humana de tal manera que el bosque mantiene su estructura original. Las áreas de intervención están representadas en zonas de pastos y cultivos, las cuales se observan como parches de variadas formas y distribución irregular dentro de la matriz del bosque. Las áreas de pastos y cultivos deben representar entre 5% y 30% del área total de la unidad de bosque natural. La distancia entre fragmentos de intervención no debe ser mayor a 250 metros (Fotografía 132).

Tiene una extensión de 2.615,05 Ha que corresponde al 5,23% de la cuenca hidrográfica.

Fotografía 132. Bosque fragmentado con pastos y cultivos

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.1.3.1.1.1 Bosque fragmentado con pastos (750-1500 msnm). Esta cobertura se encuentra entre los 750-1500 msnm de la cuenca hidrográfica. Tiene una extensión de 2.135,98 Ha, que corresponde al 4,27% de la cuenca hidrográfica del río Hacha (Fotografía 133).

Fotografía 133. Bosque fragmentado con pastos (750-1500 msnm)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.1.3.1.1.2 Bosque fragmentado con pastos (400-750 msnm). Esta cobertura se encuentra entre los 750-1500 msnm de la cuenca hidrográfica. Tiene una extensión de 753,36 Ha, que corresponde al 1,51% de la cuenca (Fotografía 134).

Fotografía 134. Bosque fragmentado con pastos (450-750 msnm)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.1.3.1.2.1 Bosque fragmentado con cultivos (750-1500 msnm). Esta cobertura se encuentra entre los 750-1500 msnm de la cuenca hidrográfica. Tiene una extensión de 29,44 Ha, que corresponde al 0,06% de la cuenca hidrográfica (Fotografía 135).

Fotografía 135. Bosque fragmentado con cultivos (750-1500 msnm)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.1.3.2 Bosque fragmentado con vegetación secundaria. Comprende los territorios cubiertos por bosques naturales donde se presentó intervención humana y recuperación del bosque, de tal manera que el bosque mantiene su estructura original. Las áreas de intervención están representadas en zonas de vegetación secundaria, las cuales se observan como parches de variadas formas que se distribuyen de forma irregular en la matriz de bosque.

Su origen es debido al abandono de áreas de pastos y cultivos, donde ocurre un proceso de regeneración natural del bosque en los primeros estados de sucesión vegetal. Los parches de intervención deben representar entre 5% y 50% del área total de la unidad. La distancia entre fragmentos de intervención no debe ser mayor a 250 metros.

- **3.1.3.2.1 Bosque fragmentado con vegetación secundaria (750-1500 msnm).** Esta cobertura se encuentra entre los 750-1500 msnm de la cuenca hidrográfica. Tiene una extensión de 2.883,74 Ha, que corresponde al 5,76% de la cuenca hidrográfica.

Fotografía 136. Bosque fragmentado con vegetación secundaria (750-1500 msnm)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

- **3.1.3.2.2 Bosque fragmentado con vegetación secundaria (400-750 msnm).** Esta cobertura se encuentra entre los 400-750 msnm de la cuenca hidrográfica. Tiene una extensión de 264,14 Ha, que corresponde al 0,53% de la cuenca hidrográfica.

3.1.4. Bosque de galería y ripario

Se refiere a las coberturas constituidas por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales. Este tipo de cobertura está limitada por su amplitud, ya que bordea los cursos de agua y los drenajes naturales. Cuando la presencia de estas franjas de bosques ocurre en regiones de sabanas se conoce como bosque de galería o cañadas, las otras franjas de bosque en cursos de agua de zonas andinas son conocidas como bosque ripario.

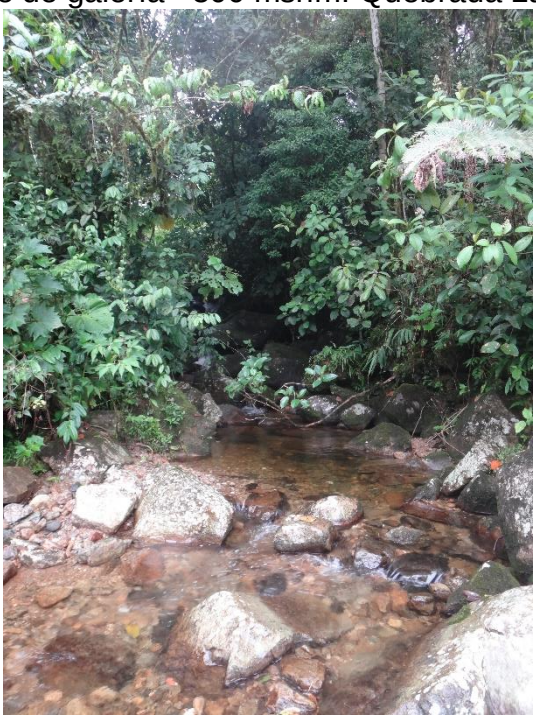
3.1.4.1 Bosque de galería <499 msnm. Esta cobertura se encuentra bajo los 499 msnm de la cuenca hidrográfica. Tiene una extensión de 391,49 Ha, que corresponde al 0,78% de la cuenca hidrográfica.

Fotografía 137. Bosque de galería <499 msnm. Quebrada El Dedito

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.1.4.1 Bosque Ripario >500 msnm. Esta cobertura se encuentra sobre los 500 msnm de la cuenca hidrográfica. Tiene una extensión de 224,04 Ha, que corresponde al 0,45% de la cuenca hidrográfica (Fotografía 138).

Fotografía 138. Bosque de galería >500 msnm. Quebrada Las Doradas



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.2. ÁREAS CON VEGETACIÓN HERBÁCEA Y/O ARBUSTIVA

3.2.3 Vegetación secundaria o en transición

3.2.3.1 Vegetación secundaria alta. Son aquellas áreas cubiertas por vegetación principalmente arbórea con dosel irregular y presencia ocasional de arbustos, palmas y enredaderas, que corresponde a los estadios intermedios de la sucesión vegetal, después de presentarse un proceso de deforestación de los bosques o forestación de los pastizales. Se desarrolla luego de varios años de la intervención original, generalmente después de la etapa secundaria baja.

- **3.2.3.1.1 Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (200-400 msnm).** Esta cobertura se encuentra entre los 200-400 msnm de la cuenca hidrográfica. Tiene una extensión de 742,95 Ha, que corresponde al 1,49% de la cuenca hidrográfica (Fotografía 139).

Fotografía 139. Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (200-400 msnm)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

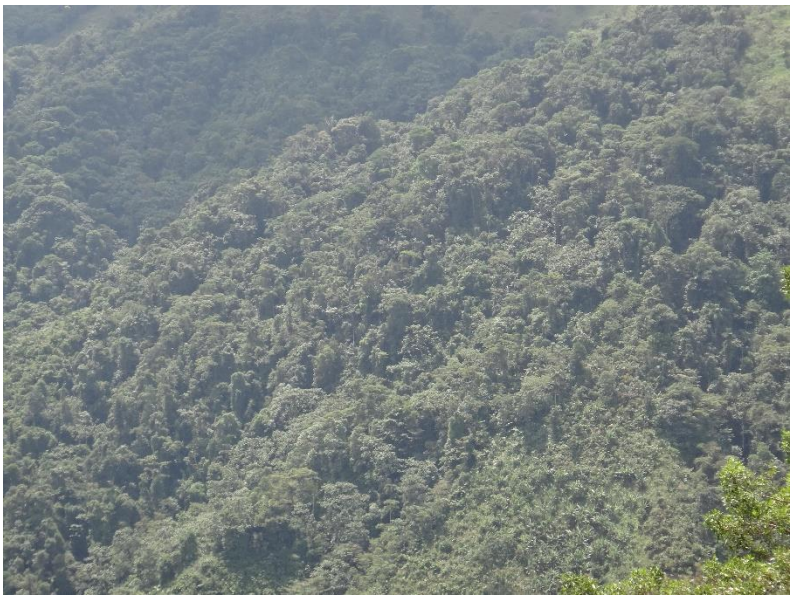
- **3.2.3.1.2 Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (400-750 msnm).** Esta cobertura se encuentra entre los 400-750 msnm de la cuenca hidrográfica. Tiene una extensión de 1.545,73 Ha, que corresponde al 3,09% de la cuenca hidrográfica (Fotografía 140).

Fotografía 140. Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (400-750 msnm)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

- **3.2.3.1.3 Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (750-2300 msnm).** Esta cobertura se encuentra entre los 750-2300 msnm de la cuenca hidrográfica. Tiene una extensión de 933,98 Ha, que corresponde al 1,87% de la cuenca hidrográfica.

Fotografía 141. Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (750-2300 msnm).



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.2.3.2 Vegetación secundaria baja. Son aquellas áreas cubiertas por vegetación principalmente arbustiva y herbácea con dosel irregular y presencia ocasional de árboles y enredaderas, que corresponde a los estadios iniciales de la sucesión vegetal después de presentarse un proceso de deforestación de los bosques o forestación de los pastizales. Se desarrolla posterior a la intervención original y, generalmente, están conformadas por comunidades de arbustos y herbáceas formadas por muchas especies.

La vegetación secundaria comúnmente corresponde a una vegetación de tipo arbustivo herbáceo de ciclo corto, con alturas que no superan los cinco metros y de cobertura densa.

- **3.2.3.2.1 Vegetación secundaria baja o de transición de origen antrópico (200-750 msnm).** Esta cobertura se encuentra entre los 200-750 msnm de la cuenca hidrográfica. Tiene una extensión de 405,19 Ha, que corresponde al 0,81% de la cuenca hidrográfica (Fotografía 142).

Fotografía 142. Vegetación secundaria baja o de transición de origen antrópico (200-750 msnm)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

- **3.2.3.2.2 Vegetación secundaria baja o de transición de origen antrópico (750-1500 msnm).** Esta cobertura se encuentra entre los 750-1500 msnm de la

cuenca hidrográfica. Tiene una extensión de 697,73 Ha, que corresponde al 1,39% de la cuenca hidrográfica.

Fotografía 143. Vegetación secundaria baja o de transición de origen antrópico (750-1500 msnm)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.3. ÁREAS ABIERTAS, SIN O CON POCA VEGETACIÓN

3.3.1. Zonas Arenosas Naturales.

Son terrenos bajos y planos constituidos principalmente por suelos arenosos y pedregosos, por lo general desprovistos de vegetación o cubiertos por una vegetación de arbustal ralo y bajo.

Se encuentran conformando playas litorales, playas de ríos, bancos de arena de los ríos y campos de dunas. También se incluyen las superficies conformadas por terrenos cubiertos por arenas, limos o guijarros ubicados en zonas planas de los ambientes litoral y continental, que actualmente no están asociadas con la actividad de los ríos, el mar o el viento.

Tiene una extensión de 28,96 Ha, que corresponde al 0,06% de la cuenca hidrográfica (Fotografía 144).

Fotografía 144. Zonas Arenosas Naturales

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.3.3 Tierras desnudas y degradadas

Esta cobertura corresponde a las superficies de terreno desprovistas de vegetación o con escasa cobertura vegetal, debido a la ocurrencia de procesos tanto naturales como antrópicos de erosión y degradación extrema y/o condiciones climáticas extremas. Se incluyen las áreas donde se presentan tierras salinizadas, en proceso de desertificación o con intensos procesos de erosión que pueden llegar hasta la formación de cárcavas.

Tiene una extensión de 107,17 Ha, que corresponde al 0,21% de la cuenca hidrográfica (Fotografía 145).

3.3.4 Zonas quemadas

Comprende las zonas afectadas por incendios recientes, donde los materiales carbonizados todavía están presentes. Estas zonas hacen referencia a los territorios afectados por incendios localizados tanto en áreas naturales como seminaturales, tales como bosques, cultivos, sabanas y arbustales.

Las zonas quemadas tienen una extensión de 31,87 Ha, que corresponde al 0,06% de la cuenca hidrográfica (Fotografía 146).

Fotografía 145. Tierras desnudas y degradadas

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Fotografía 146. Zonas quemadas Vereda Damas Arriba – Santo Domingo

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.3.6 Zonas Taladas

Las zonas taladas tienen una extensión de 144,90 Ha, que corresponde al 0,29% de la cuenca hidrográfica.

Fotografía 147. Zonas taladas

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

4. ÁREAS HUMEDAS

Comprende aquellas coberturas constituidas por terrenos anegadizos, que pueden ser temporalmente inundados y estar parcialmente cubiertos por vegetación acuática, localizados en los bordes marinos y al interior del continente.

Las áreas húmedas tienen una extensión de 226,97 Ha y solo presenta una categoría que son las áreas húmedas continentales. A continuación, se describen las categorías de cobertura de la tierra que presenta las áreas húmedas en la cuenca hidrográfica del río Hacha.

4.1.1 Zonas pantanosas (Humedales)

Esta cobertura comprende las tierras bajas, que generalmente permanecen inundadas durante la mayor parte del año, pueden estar constituidas por zonas de divagación de cursos de agua, llanuras de inundación, antiguas vegas de divagación y depresiones naturales donde la capa freática aflora de manera permanente o estacional. Comprenden hondonadas donde se recogen y naturalmente se detienen las aguas, con fondos más o menos cenagosos. Las zonas pantanosas tienen una extensión de 144,05 Ha, que corresponde al 0,29% de la cuenca hidrográfica (Fotografía 148).

Fotografía 148. Zonas pantanosas (humedales)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

4.1.3 Vegetación acuática sobre cuerpos de agua

Bajo esta categoría se clasifica toda aquella vegetación flotante que se encuentra establecida sobre cuerpos de agua, recubriéndolos en forma parcial o total Comprende vegetación biotipológicamente clasificada como Pleustophyta, Rizophyta y Haptophyta. Tiene una extensión de 82,92 Ha, que corresponde al 0,17% de la cuenca hidrográfica (Fotografía 149).

Fotografía 149. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua (Humedal Vaticano)

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

5. SUPERFICIES DE AGUA

Son los cuerpos y cauces de aguas permanentes, intermitentes y estacionales, localizados en el interior del continente y los que bordean o se encuentran adyacentes a la línea de costa continental, como los mares.

Las superficies de agua tienen una extensión de 433,52 Ha y solo presenta una categoría de aguas continentales, las cuales, son cuerpos de aguas permanentes, intermitentes y estacionales que comprenden lagos, lagunas, ciénagas, depósitos y estanques naturales o artificiales de agua dulce (no salina), embalses y cuerpos de agua en movimiento, como los ríos y canales. Se encuentran las siguientes categorías:

5.1.1 Ríos, Quebradas, Caños

Un río es una corriente natural de agua que fluye con continuidad, posee un caudal considerable y desemboca en el mar, en un lago o en otro río. Se considera como unidad mínima cartografiable aquellos ríos que presenten un ancho del cauce mayor o igual a 50 metros (Fotografía 150).

Las zonas de ríos tienen una extensión de 380,63 Ha, que corresponde al 0,76% de la cuenca hidrográfica.

Fotografía 150. Superficies de Agua – Río Hacha

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

5.1.2 Lagunas, lagos y ciénagas naturales

Superficies o depósitos de agua naturales de carácter abierto o cerrado, dulce o salobre, que pueden estar conectadas o no con un río o con el mar. En la zona andina hay cuerpos de agua (lagos y lagunas) situados en alta montaña que constituyen las áreas de nacimiento de ríos.

Las lagunas, lagos y ciénagas tienen una extensión de 50,46 Ha, que corresponde al 0,10% de la cuenca hidrográfica (Fotografía 151).

Fotografía 151. Lagunas, lagos y ciénagas naturales

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

5.1.4.3 Estanques Piscícolas. Los estanques piscícolas tienen una extensión de 2,43 Ha, que corresponde al 0,001% de la cuenca hidrográfica (Fotografía 152).

Fotografía 152. Estanques Piscícolas

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.11.5.1 Cobertura y Uso 1:25.000 con su respectiva leyenda, conforme lo establecido por la metodología de Corine Land Cover adaptada para Colombia. A continuación, se muestra la síntesis del documento descriptivo de la cobertura y usos actuales de la tierra que se mencionaron anteriormente para la cuenca del río Hacha. En la Tabla 258, se observa cual es la proporción de cada una de las categorías de la metodología que existen en los límites de la cuenca hidrográfica, posteriormente se observa el mapa de cobertura de la tierra (ver Figura 140).

Tabla 258. Leyenda de cobertura de la tierra, Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

COBERTURA	CÓDIGO	GRUPO USO	USO ACTUAL	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Tejido urbano continúo del área urbana del Municipio de Florencia y centros poblados	111	Zonas Urbanas	Residencial	1.459,36	2,92
Tejido urbano discontinuo del área urbana del municipio de Florencia	112	Zonas Urbanas	Residencial	164,58	0,33
Tejido urbano continuo y discontinuo del área rural (incluye centros poblados	113	Zonas Urbanas	Residencial	72,26	0,14

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 258 (Continuación). Leyenda de cobertura de la tierra, Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

COBERTURA	CÓDIGO	GRUPO USO	USO ACTUAL	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Red vial y terrenos asociados	1221	Infraestructura	Infraestructura y transporte	129,09	0,26
Aeropuerto Gustavo Artunduaga Paredes e infraestructura asociada	1241	Infraestructura	Infraestructura y transporte	30,74	0,06
Arenales (Extracción Q. La Yuca)	13151	Minería	Materiales de construcción - canteras (arena, arcilla, piedra, rajón y piedras o rocas ornamentales)	9,47	0,02
Parque cementerio Jardines de Paz	1412	Otros usos	Cultural, Arqueológico o Religioso	12,24	0,02
Gramas naturales	2311	Ganadería	Pastoreo intensivo	4.773,62	9,54
Pastos mejorados	2312	Ganadería	Pastoreo intensivo	839,40	1,68
Pastos mejorados y gramas naturales	2313	Ganadería	Pastoreo intensivo	4.096,38	8,19
Pastos arbolados	232	Ganadería	Pastoreo semi-intensivo	1.002,96	2,00
Pastos enmalezados	233	Ganadería	Pastoreo extensivo	729,14	1,46
Mosaico de cultivos 400-750 msnm	2412	Agricultura	Cultivos transitorios intensivos	3,61	0,01
Mosaico de pastos y cultivos (200-400 msnm)	2421	Agropecuario	Cultivos permanentes semi-intensivos	20,84	0,04
Mosaico de pastos y cultivos (400-750 msnm)	2422	Agropecuario	Cultivos permanentes semi-intensivos	99,04	0,20
Mosaico de pastos y cultivos (750-1500 msnm)	2423	Agropecuario	Cultivos permanentes semi-intensivos	65,22	0,13
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (200-400 msnm)	2431	Agrosilvopastoril	Sistemas combinados de agricultura, ganadería y forestería	58,79	0,12
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (400-750 msnm)	2432	Agrosilvopastoril	Sistemas combinados de agricultura, ganadería y forestería	211,82	0,42
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (750-1500 msnm)	2433	Agrosilvopastoril	Sistemas combinados de agricultura, ganadería y forestería	202,21	0,40
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (1500-2300 msnm)	2434	Agrosilvopastoril	Sistemas combinados de agricultura, ganadería y forestería	28,49	0,06
Mosaico de pastos con espacios naturales (200-400 msnm)	2441	Silvopastoril	Sistemas combinados de ganadería y forestería	22,17	0,04
Mosaico de pastos con espacios naturales (400-750 msnm)	2442	Silvopastoril	Sistemas combinados de ganadería y forestería	375,40	0,75

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 258 (Continuación). Leyenda de cobertura de la tierra, Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

COBERTURA	CÓDIGO	GRUPO USO	USO ACTUAL	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Mosaico de pastos con espacios naturales (750-1500 msnm)	2443	Silvopastoril	Sistemas combinados de ganadería y forestería	315,79	0,63
Mosaico de cultivos con espacios naturales (750-1500 msnm)	2453	Agrosilvícola	Sistemas combinados de agricultura y forestería	101,91	0,20
Bosque denso alto de tierra firme heterogéneo (200-400 msnm)	311111	Conservación	Protección	8,64	0,02
Bosque denso alto de tierra firme heterogéneo (400-750 msnm)	311112	Conservación	Protección	160,43	0,32
Bosque denso alto de tierra firme heterogéneo (750-1500 msnm)	311113	Conservación	Protección	6.721,02	13,44
Bosque denso alto inundable heterogeneo	311121	Conservación	Protección	36,04	0,07
Cananguchales en cauces	311122	Conservación	Protección	34,76	0,07
Cananguchales asociados a pasturas	311123	Conservación	Protección	100,30	0,20
Bosque denso bajo de tierra firme poco intervenido por el hombre (1500-2300 msnm)	311211	Conservación	Protección	10.792,38	21,57
Bosque denso bajo de tierra firme poco intervenido por el hombre (2300 -3000 msnm)	311212	Conservación	Protección	1.436,33	2,87
Bosque abierto alto de tierra firme muy intervenido (200-400 msnm)	312111	Conservación	Protección	271,63	0,54
Bosque abierto alto de tierra firme moderadamente intervenido (400-750 msnm)	312112	Conservación	Protección	207,97	0,42
Bosque abierto alto de tierra firme Poco intervenido (750-1500 msnm)	312113	Conservación	Protección	833,36	1,67
Bosque fragmentado con pastos y cultivos	31310	Conservación	Protección	2.615,05	5,23
Bosque fragmentado con pastos (750-1500 msnm)	313111	Conservación	Protección	2.135,98	4,27
Bosque fragmentado con pastos (400-750 msnm)	313112	Conservación	Protección	753,36	1,51
Bosque fragmentado con cultivos (750-1500 msnm)	313121	Conservación	Protección	29,44	0,06

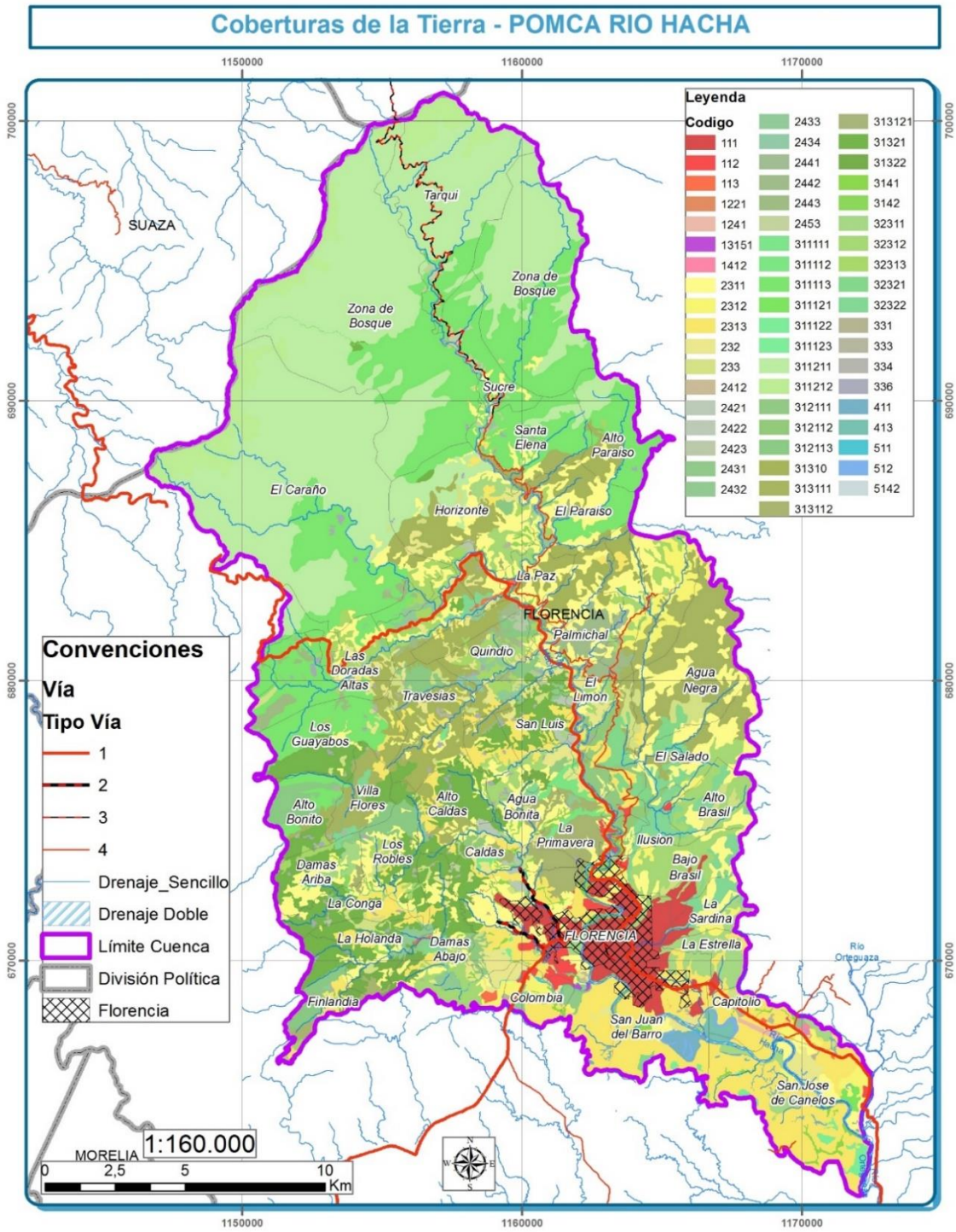
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 258 (Continuación). Leyenda de cobertura de la tierra, Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

COBERTURA	CÓDIGO	GRUPO USO	USO ACTUAL	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Bosque fragmentado con vegetación secundaria (750-1500 msnm)	31321	Conservación	Protección	2.883,74	5,76
Bosque fragmentado con vegetación secundaria (400-750 msnm)	31322	Conservación	Protección	264,14	0,53
Bosque de galería < 499 msnm	3141	Conservación	Protección	391,49	0,78
Bosque Ripario > 500 msnm	3142	Conservación	Protección	224,04	0,45
Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (200-400 msnm)	32311	Transición	Restauración	742,95	1,49
Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (400-750 msnm)	32312	Transición	Restauración	1.545,73	3,09
Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (750-2300 msnm)	32313	Transición	Restauración	933,98	1,87
Vegetación secundaria baja o en transición de origen antrópico (200 - 750 msnm)	32321	Agropecuario	Tierras en descanso	405,19	0,81
Vegetación secundaria baja o en transición de origen antrópico (750-1500 msnm)	32322	Agropecuario	Tierras en descanso	697,73	1,39
Zonas arenosas naturales (Playas aluviales)	331	Sin uso	Protección	28,96	0,06
Tierras desnudas y degradadas	333	Sin uso	Protección	107,17	0,21
Zonas quemadas	334	Agropecuario	Tierras en descanso	31,87	0,06
Zonas taladas	336	Agropecuario	Tierras en descanso	144,90	0,29
Zonas Pantanosas (Humedales)	411	Conservación	Protección	144,05	0,29
Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	413	Conservación	Protección	82,92	0,17
Ríos, quebradas, caños	511	Cuerpos de Agua Naturales	Protección	380,63	0,76
Lagunas lagos y ciénagas naturales	512	Cuerpos de Agua Naturales	Protección	50,46	0,10
Estanques Piscícolas	5142	Zoo cultura	Piscícola	2,43	0,00
ÁREA TOTAL				**50.023,59**	**100,00**

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Figura 140. Cobertura y uso de la tierra, Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

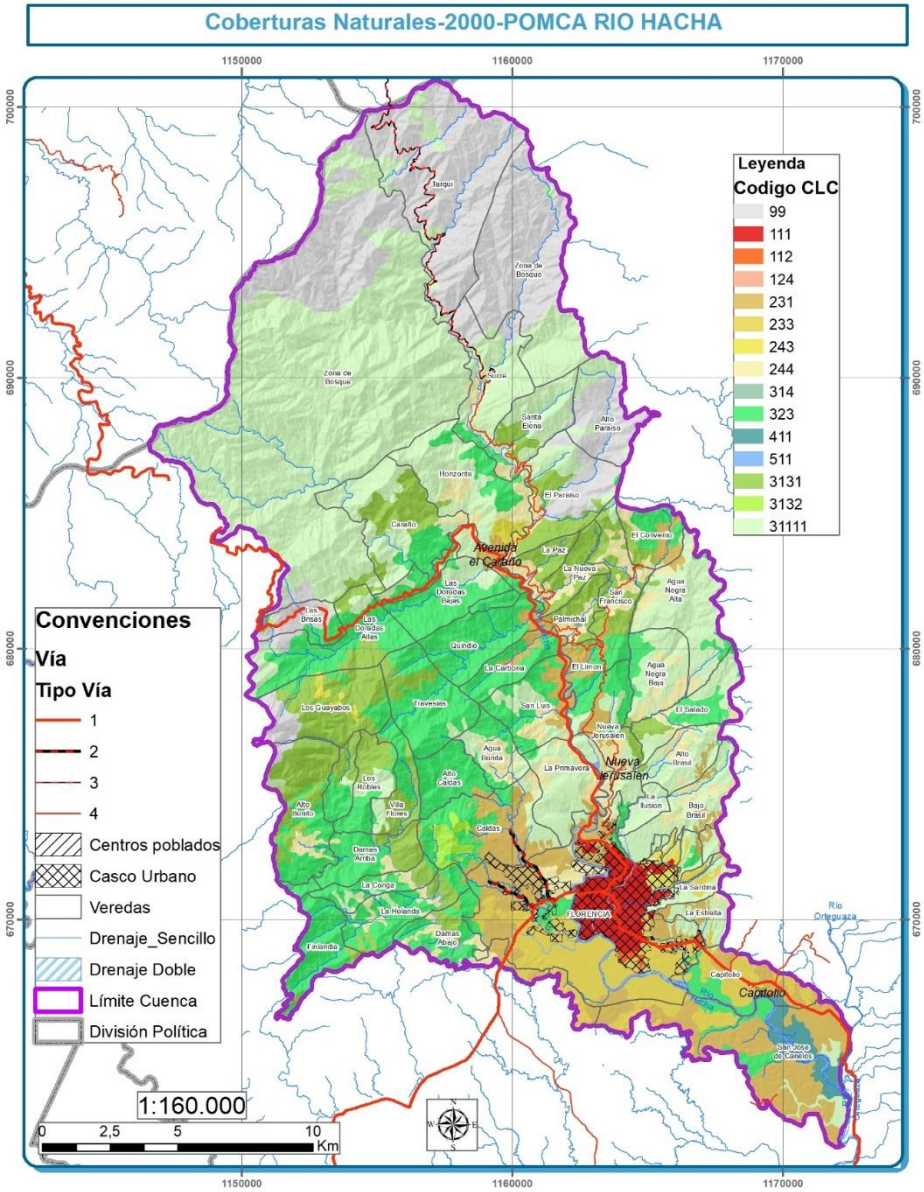


Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.11.6 Análisis multitemporal de coberturas de la tierra para la Cuenca del Río Hacha.

Para generar el análisis multitemporal se utilizó la cobertura del mapa de ecosistemas del 2007 basado en imágenes 2000-2002 principalmente, este mapa se observa en la Figura 141. La leyenda está en el nivel 2 de Corine Land Cover adaptado para Colombia (Ver Tabla 259).

Figura 141. Cobertura Vegetal año 2000 - 2002 de la cuenca hidrográfica del Río Hacha.



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 259. Leyenda de cobertura de la tierra 2000, Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

COBERTURA	CCLC	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Tejido urbano continuo	1.1.1	811,81	1,62
Tejido urbano discontinuo	1.1.2	63,71	0,13
Aeropuertos	1.2.4	8,15	0,02
Pastos limpios	2.3.1	4.090,82	8,18
Pastos enmalezados	2.3.3	2.116,80	4,23
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	2.4.3	308,17	0,62
Mosaico de pastos con espacios naturales	2.4.4	2.940,03	5,88
Bosque denso	3.1.1	24.410,79	48,80
Bosque fragmentado	3.1.3	4.986,60	9,97
Bosque de galería	3.1.4	0,30	0,00
Vegetación secundaria	3.2.3	9.573,79	19,14
Zonas pantanosas	4.1.1	328,22	0,66
Ríos	5.1.1	384,40	0,77
ÁREA TOTAL		**50.023,59**	**100,00**

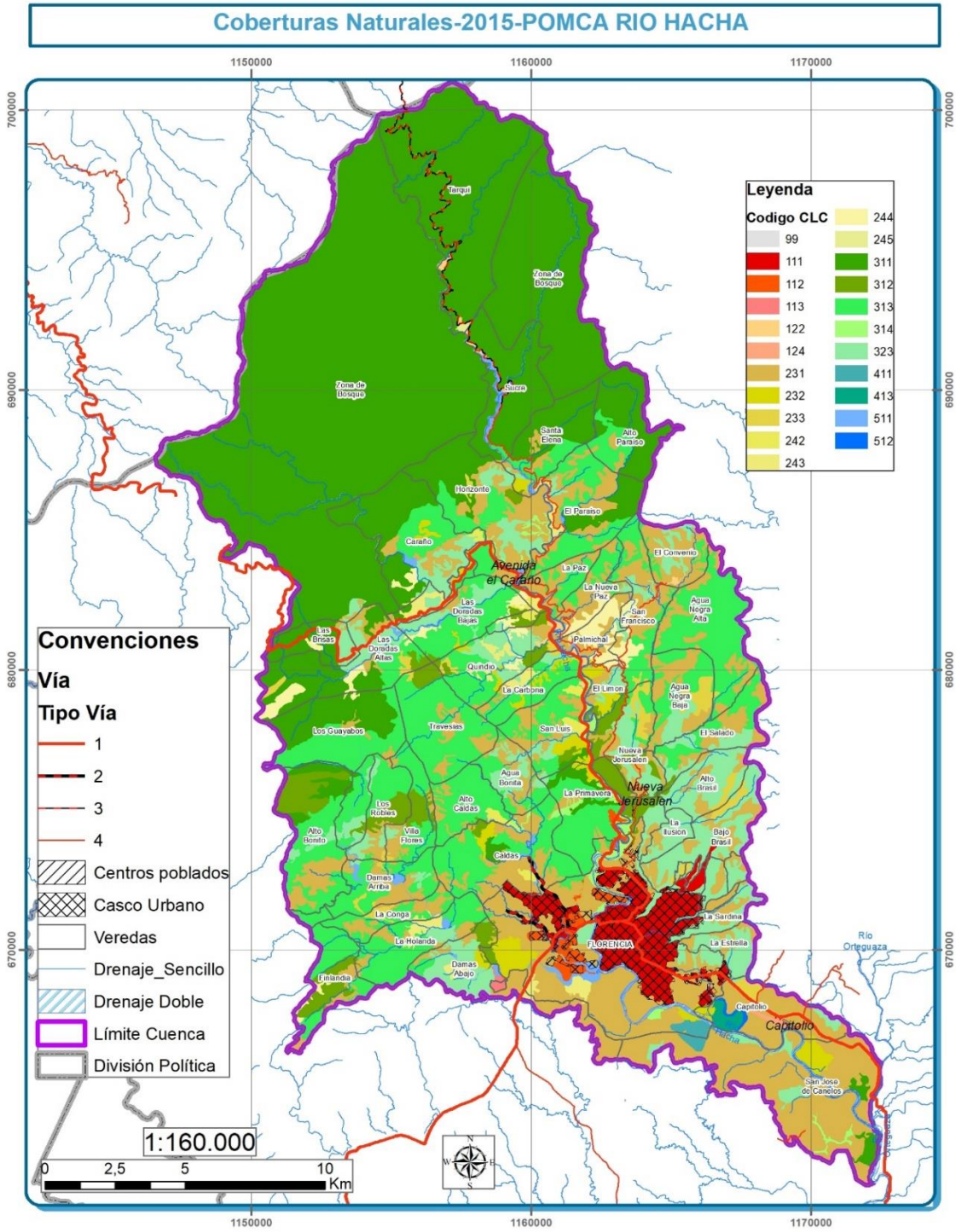
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Según los datos obtenidos de la cobertura para el año 2000 en la cuenca hidrográfica del río Hacha, la cobertura vegetal con mayor proporción eran los bosques densos con una representatividad del 48,80%, seguida de la vegetación secundaria con una representatividad de 19,14%. La cobertura de menor proporción eran los bosques de galería y/o riparios (Tabla 259).

A continuación, se muestra el ajuste de la cobertura del periodo 2014 – 2015 a escala 1:100.000 (Ver Figura 142), con el fin de poder hacer el análisis multitemporal.

En la Tabla 260 se indica la Leyenda Corine Land Cover correspondientes.

Figura 142. Coberturas Vegetal año 2015 de la cuenca hidrográfica del Río Hacha



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 260. Leyenda de cobertura de la tierra 2015, Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

COBERTURA	CCLC	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Tejido urbano continuo	111	1.331,48	2,66
Tejido urbano discontinuo	112	261,63	0,52
Tejido urbano continuo y discontinuo	113	26,57	0,05
Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	122	167,53	0,33
Aeropuertos	124	30,74	0,06
Pastos limpios	231	9.508,37	19,01
Pastos arbolados	232	704,77	1,41
Pastos enmalezados	233	503,82	1,01
Mosaico de pastos y cultivos	242	145,70	0,29
Mosaico de cultivos, pastos y espacios	243	428,13	0,86
Mosaico de pastos con espacios naturales	244	666,04	1,33
Mosaico de cultivos con espacios naturales	245	21,68	0,04
Bosque denso	311	19.616,11	39,21
Bosque abierto	312	1.396,35	2,79
Bosque fragmentado	313	9.659,16	19,31
Bosque de galería	314	337,28	0,67
Vegetación secundaria	323	4.351,20	8,70
Zonas pantanosas	411	101,48	0,20
Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	413	72,83	0,15
Ríos	511	665,98	1,33
Lagos, lagunas y ciénagas naturales	512	26,74	0,05
	ÁREA TOTAL	**50.023,59**	**100,00**

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Según los datos obtenidos para el año 20015 en la cuenca hidrográfica del río Hacha, la cobertura vegetal con mayor proporción fueron los bosques densos con una representatividad del 39,21%. La siguiente cobertura con mayor proporción dentro la cuenca, mientras que para el año 2015 la cobertura de menor proporción son los mosaicos de cultivos con espacios naturales cuya representatividad en el territorio es de tan solo el 0,04% (Ver Tabla 260).

Para realizar el análisis multitemporal de la cobertura vegetal de la cuenca hidrográfica se superpone el mapa de cobertura vegetal del año 2000 con el mapa de cobertura 2015, ajustado a la escala de 1:100.000 para poder hacer el análisis correspondiente.

Una vez realizado el cruce de la información de las coberturas en los diferentes años analizados, se obtiene las coberturas que no cambian, coberturas que pierden cobertura natural y coberturas que ganan cobertura natural, principalmente. A continuación, se muestra la matriz del cruce de las coberturas de los dos momentos para observar el cambio de la misma en la cuenca hidrográfica.

Tabla 261. Matriz cruce cobertura vegetal años 2002 - 2015, Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

COBERTURA			Año 2015																				
			111	112	113	122	124	231	232	233	242	243	244	245	311	312	313	314	323	411	413	511	512
Año 2000	1.1.1	Tejido urbano continuo	3					2										1	1			1	
	1.1.2	Tejido urbano discontinuo	3					2											1			1	
	1.2.4	Aeropuertos					3																
	2.3.1	Pastos limpios	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3		1	1	1	1	1	2		2	
	2.3.3	Pastos enmalezados	4	4			4	3	3	3		3				1		1	1	2	2	2	2
	2.4.3	Mosaico de cultivos, pastos y espacios natural	4					3		3					1		1	1	1			2	
	2.4.4	Mosaico de pastos con espacios naturales	4	4	4	4		3	3	3	3	3	3		1	1	1	1	1			2	
	3.1.1	Bosque denso	5	5	5	5		5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6			5	
	3.1.3	Bosque fragmentado				5		5	5	5		5	5		6	6	6	6	6			5	
	3.1.4	Bosque de galería						5															
	3.2.3	Vegetación secundaria	5	5	5	5		5	5	5	5	5	5		6	6	6	6	6		6	5	5
	4.1.1	Zonas Pantanosas						5	5						2			2	2			3	
	5.1.1	Ríos (50 m)	4	4	4		4	4	4			4			2	2	2	2	2	6	6	3	3

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Es importante aclarar que cuando se define que la cobertura esta igual (Sin cambio) es dada por coberturas iguales en el nivel II de Corine Land Cover adaptada para Colombia y Sin Cambio Natural, es que la cobertura natural se mantiene (ver Tabla 262).

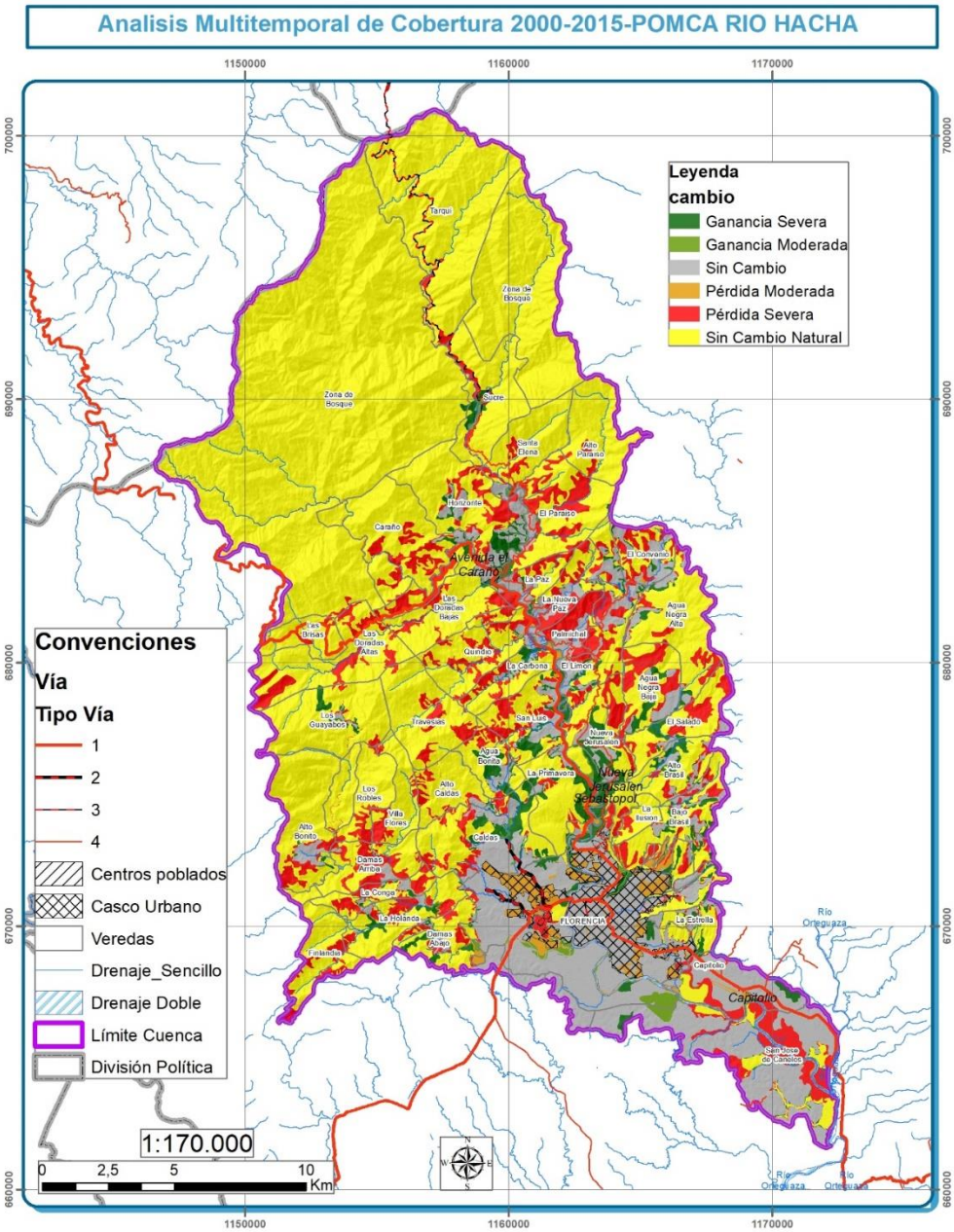
Tabla 262. Áreas con análisis multitemporal de cobertura de la tierra 2002-2015, Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

CAMBIO	CÓDIGO	ÁREA (Ha))	ÁREA (%)
Ganancia severa	1	1.992,41	3,98
Ganancia moderada	2	442,02	0,88
Sin Cambio	3	7.445,86	14,88
Pérdida moderada	4	847,99	1,70
Pérdida severa	5	5.940,88	11,88
Sin Cambio Natural	6	33.354,44	66,68
ÁREA TOTAL		**50.023,59**	**100,00**

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

El análisis multitemporal nos muestra que la cuenca hidrográfica no presenta cambios en la cobertura natural con una representatividad del 66,68%, hay una perdida moderada y severa de alrededor 13,58%; finalmente, hay una ganancia moderada y severa de tan solo 4,86% (Figura 143 y Tabla 262).

Figura 143. Mapa con análisis multitemporal de cobertura de la tierra 2000-2015 de la cuenca hidrográfica del Río Hacha



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.11.7 Resultados del Análisis de los indicadores de Cobertura y Uso de la Tierra

A continuación, se muestran los resultados del análisis de los indicadores vegetación remanente, tasa de cambio de coberturas naturales, índice de fragmentación, índice de ambiente crítico e índice del estado actual de las coberturas naturales.

3.11.7.1 Indicador de Fragmentación (IF). La fragmentación se define como la división de un hábitat continuo en pedazos más pequeños y aislados con efectos tales como la reducción del área total, la reducción del tamaño de los parches de hábitat y el aumento del aislamiento en las poblaciones que los habitan (Galindo-Leal, 1996).

De esta manera, el indicador de fragmentación permite cuantificar el grado o tipo de fragmentación de los diferentes tipos de cobertura natural de la tierra presentes en la cuenca en términos de conectividad (Ver Tabla 263 y Figura 144).

Tabla 263. Sintesis deResultados del Indicador de Fragmentación (IF), de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

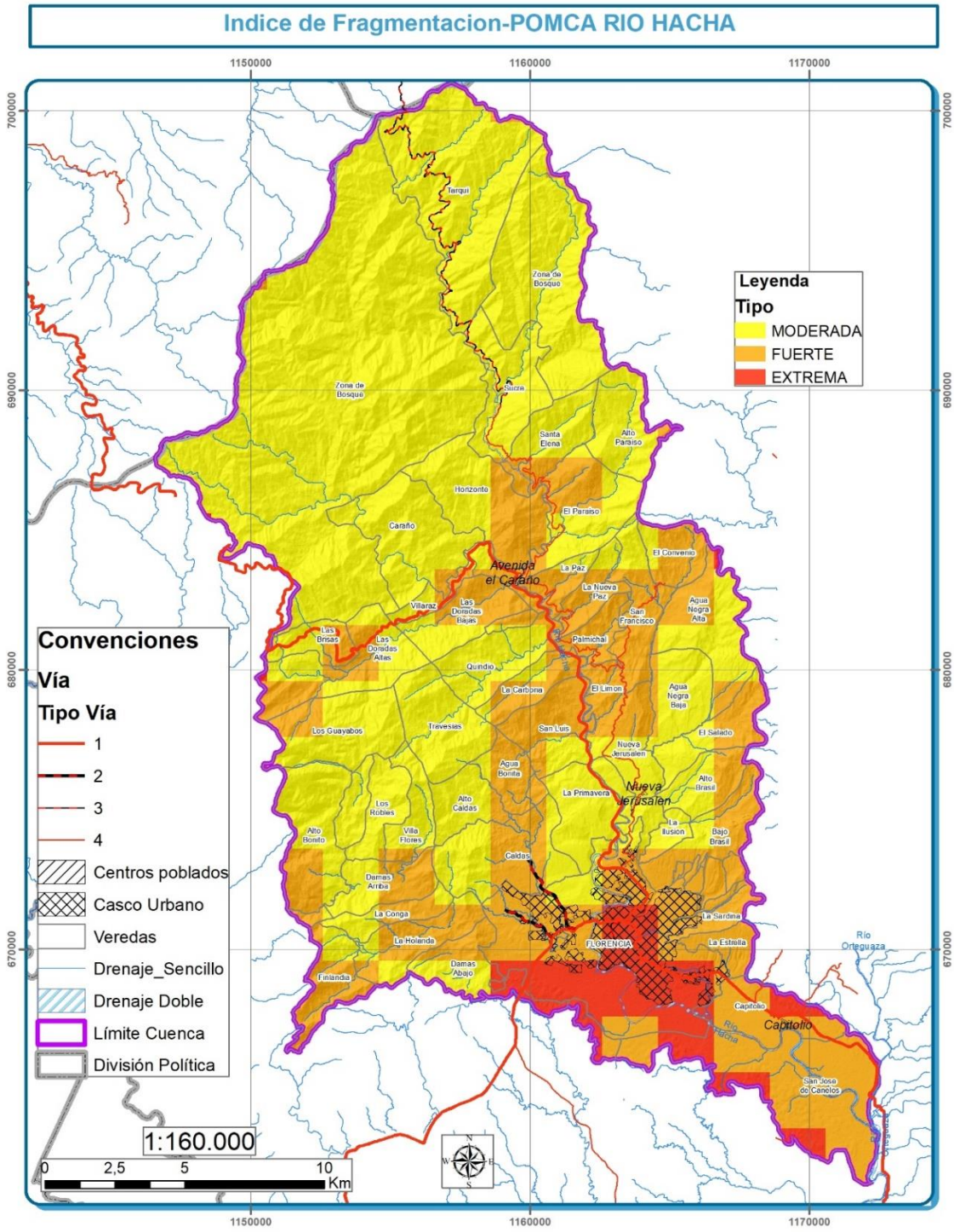
TIPO FRAGMENTACIÓN	CUADRANTES DE 4 Km^2	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Moderada	89	31.570,16	63,11%
Fuerte	50	15.797,11	31,58%
Extrema	19	2.656,32	5,31%
	158	**50.023,59**	**100,00%**

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

En la Figura 144, se observan los 158 cuadrantes de 2 Km x 2 Km (4 Km^2), con el valor de fragmentación, donde el más representativo es el de categoría moderada presente en un 63,11% del área, espacialmente se encuentra distribuida tanto en la parte alta como media de la cuenca.

En el sur de la cuenca hidrográfica se encuentra un espacio con fragmentación extrema cuya área representativa es cercana al 5,31%. Finalmente, en la parte central y baja de la cuenca hidrográfica se concentra la categoría de fragmentación fuerte con representatividad en el territorio del 31,58%. De esta manera, se tiene que la cuenca del río Hacha presenta pérdidas críticas de cobertura de uso del suelo, en cerca del 36,89% de su área.

Figura 144. Mapa del Indicador de fragmentación (metodología de Steenmans y Pinborg, 2000) de la cuenca hidrográfica del Río Hacha



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.11.7.2 Indicador de Tasa de Cambio de las Coberturas Naturales de la Tierra (TCCN). Este indicador mide los cambios de área de las coberturas naturales del suelo a partir de un análisis multitemporal en un período de análisis no menor de 10 años, en este caso 11 años y 13 años (bosque no bosque) mediante el cual se identifican las pérdidas de hábitat para los organismos vivos. La tasa de cambio estima el grado de conservación de la cobertura, la cantidad de hábitat natural intacto y los patrones de conversión. (Modificado de IAvH, 2002)[50]

La cuenca hidrográfica del Río Hacha presenta una tasa de cambio baja de las coberturas naturales para el periodo analizado, en cerca del 99% de su territorio, lo cual ratifica el resultado obtenido en el análisis multitemporal de los pocos cambios que hubo en estas dos últimas décadas (Ver Tabla 264).

Tabla 264. Resultados del Indicador de Tasa de cambio de las coberturas naturales de la tierra (TCCN), de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

CATEGORÍA	DESCRIPTOR	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Baja	-4,41	49.687,61	99,33
Media	-20,18	335,97	0,67
	Área total	**50.023,59**	**100,00**

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

En la Tabla 265, se presenta el resultado de la Tasa de Cambio de las Coberturas Naturales de la tierra (TCCN) para las Microcuencas, evidenciando que 26 microcuencas de la zona de estudio están en categoría baja de cambio de la cobertura natural en relación a su área, y solo la microcuenca de la Quebrada Palmichal presenta un TCCN en la categoría media, la cual espacialmente se ubica en la parte central de la cuenca hidrográfica hacia el costado oriental de la misma (Ver Figura 145).

Tabla 265. Indicador de Tasa de cambio de las coberturas naturales de la tierra (TCCN) para las Microcuencas de la Cuenca del río Hacha

MICROCUENCA	CATEGORÍA TCCN	DESCRIPTOR
Directos Parte Alta	Baja	-0,005978
Directos Parte Baja	Baja	-0,081875
Directos Parte Media	Baja	-0,020914

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

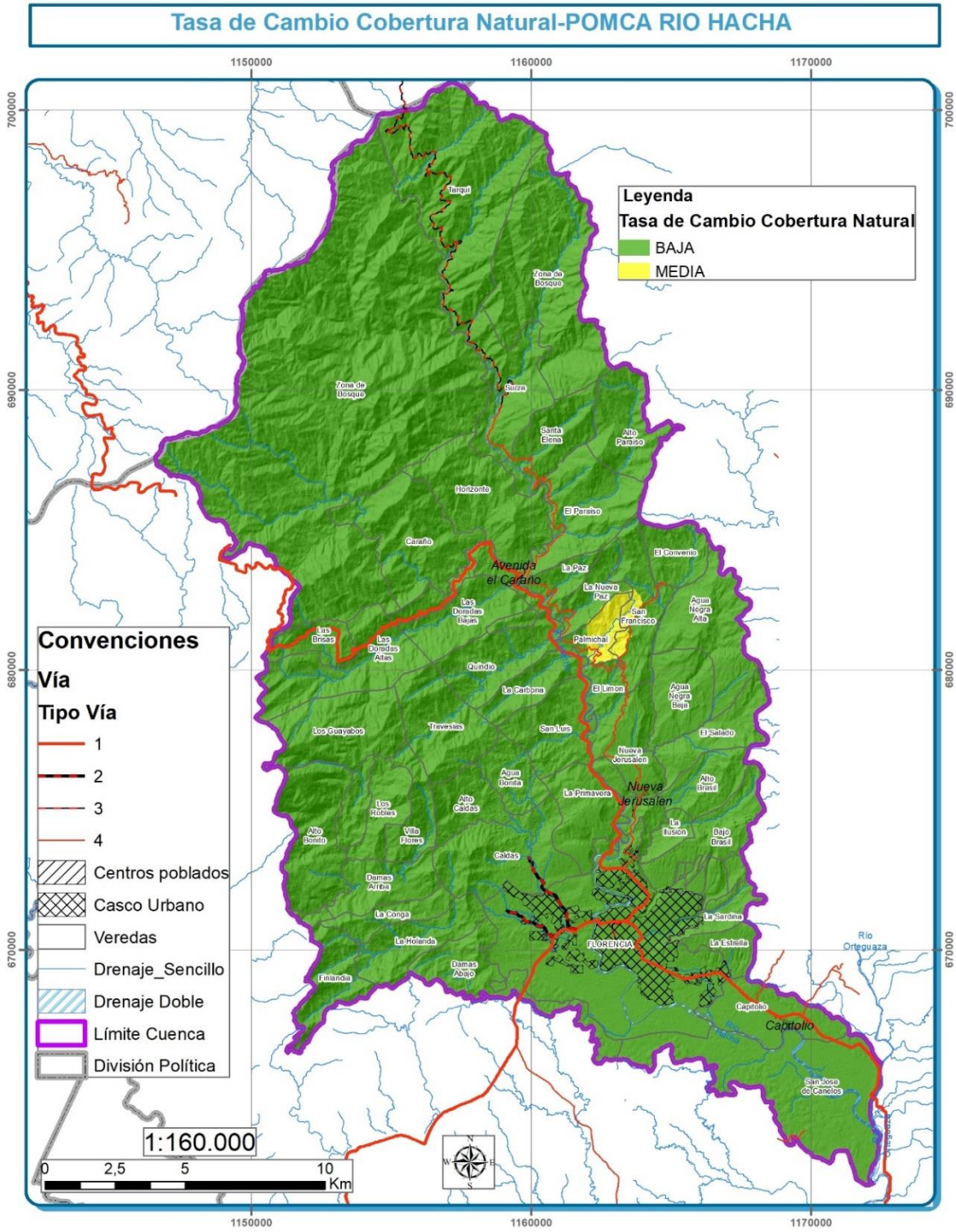
[50] Tomado del Anexo A. Diagnostico. Guía para la Formulación de Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas – POMCAS. MADS, 2014

Tabla 265 (Continuación). Indicador de Tasa de cambio de las coberturas naturales de la tierra (TCCN) para las Microcuencas de la Cuenca del río Hacha

MICROCUENCA	CATEGORÍA TCCN	DESCRIPTOR
Quebrada Arenosa	Baja	-0,023472
Quebrada Berlín	Baja	-0,032777
Quebrada El Dedo	Baja	-0,018069
Quebrada El Paraíso	Baja	-0,014026
Quebrada La Batea	Baja	-0,016335
Quebrada La Carbona	Baja	-0,030504
Quebrada La Magola	Baja	-0,000009
Quebrada La Paz	Baja	-0,04565
Quebrada La Perdiz	Baja	-0,023965
Quebrada La Revoltosa	Baja	-0,009158
Quebrada La Ruidosa	Baja	-0,000326
Quebrada La Sardina	Baja	-0,040718
Quebrada La Yuca	Baja	-0,015727
Quebrada Las Doradas	Baja	-0,012173
Quebrada NN	Baja	-0,000015
Quebrada Palmichal	Media	-0,174025
Quebrada Portada	Baja	-0,002449
Quebrada Purgatorio	Baja	-0,030482
Quebrada San Joaquín	Baja	-0,012181
Quebrada Santa Elena	Baja	-0,005724
Quebrada Sucre	Baja	-0,000214
Quebrada Tarqui	Baja	-0,000273
Quebrada Travesías	Baja	-0,012449
Rio Caraño	Baja	-0,004629

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Figura 145 Mapa del Indicador de Tasa de cambio de las coberturas naturales de la tierra (TCCN) de la cuenca hidrográfica del Río Hacha



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.11.7.3 Indicador de Vegetación Remanente (IVR). Este Indicador expresa la cobertura de vegetación natural de un área como porcentaje total de la misma; dicho indicador se estima para cada una de las coberturas de la zona en estudio. (Márquez, 2002, modificación).

Para la cuenca hidrográfica del Río Hacha su índice de vegetación remanente se ubica principalmente en las categorías de no transformado y parcialmente transformado con un 50,81% y 38,37% del área que de la cuenca hidrográfica respectivamente (Ver Tabla 266).

Tabla 266. Resultados del Indicador de Vegetación Remanente (IVR), de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha.

CATEGORÍA	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
(CT) Completamente transformado	4.278,28	8,55
(MDT) Medianamente transformado	1.134,34	2,27
(PT) Parcialmente transformado	19.196,22	38,37
(NT) No transformado	25.414,74	50,81
ÁREA TOTAL	**50.023,59**	**100,00**

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

A nivel de microcuencas, hay tres (3) de ellas con la categoría de completamente transformado, con una representatividad de 8,55%; hay dos (2) microcuencas con la categoría de medianamente transformada con una representatividad del 2,27%; nueve (9) microcuencas en la categoría de parcialmente transformado cuya representatividad es del 38,37%; y finalmente, hay 13 microcuencas en la categoría de no transformado (Tabla 267 y Figura 146).

Tabla 267. Indicador de Vegetación Remanente (IVR) para las Microcuencas de la Cuenca del río Hacha

MICROCUENCA	CATEGORÍA	DESCRIPTOR
Directos Parte Alta	(NT) No transformado	0,872622
Directos Parte Baja	(CT) Completamente transformado	0,09562
Directos Parte Media	(PT) Parcialmente transformado	0,514077
Quebrada Arenosa	(PT) Parcialmente transformado	0,690022
Quebrada Berlín	(PT) Parcialmente transformado	0,630428

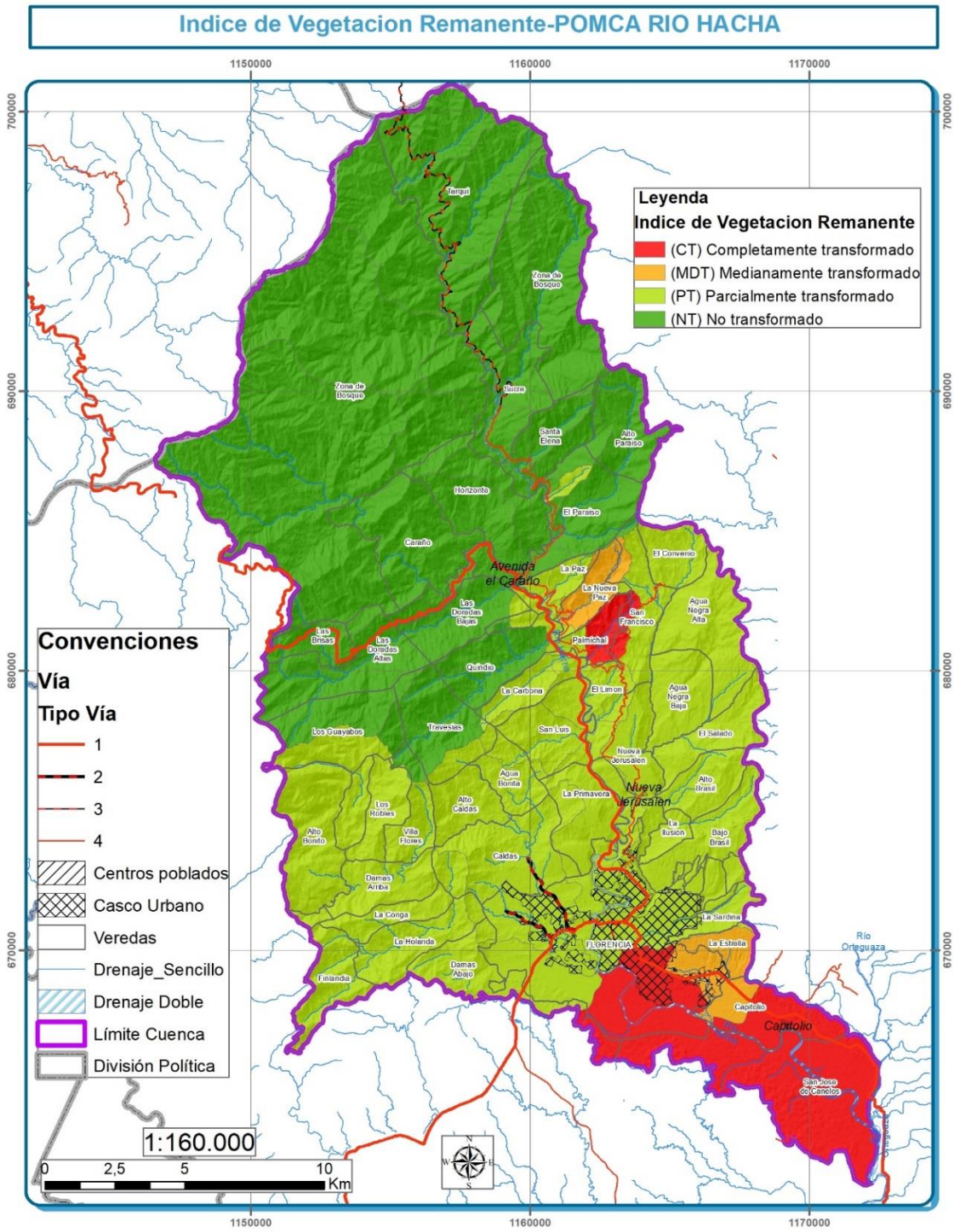
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 267 (Continuación). Indicador de Vegetación Remanente (IVR) para las Microcuencas de la Cuenca del río Hacha

MICROCUENCA	CATEGORÍA	DESCRIPTOR
Quebrada El Dedo	(PT) Parcialmente transformado	0,50643
Quebrada El Paraíso	(NT) No transformado	0,812719
Quebrada La Batea	(MDT) Medianamente transformado	0,428864
Quebrada La Carbona	(PT) Parcialmente transformado	0,627739
Quebrada La Magola	(NT) No transformado	0,999868
Quebrada La Paz	(MDT) Medianamente transformado	0,389813
Quebrada La Perdiz	(PT) Parcialmente transformado	0,5686
Quebrada La Revoltosa	(NT) No transformado	0,873169
Quebrada La Ruidosa	(NT) No transformado	0,995446
Quebrada La Sardina	(PT) Parcialmente transformado	0,525142
Quebrada La Yuca	(PT) Parcialmente transformado	0,685612
Quebrada Las Doradas	(NT) No transformado	0,840898
Quebrada NN	(NT) No transformado	0,999784
Quebrada Palmichal	(CT) Completamente transformado	0,068534
Quebrada Portada	(NT) No transformado	0,966293
Quebrada Purgatorio	(PT) Parcialmente transformado	0,577656
Quebrada San Joaquín	(CT) Completamente transformado	0,003401
Quebrada Santa Elena	(NT) No transformado	0,922988
Quebrada Sucre	(NT) No transformado	0,991146
Quebrada Tarqui	(NT) No transformado	0,996181
Quebrada Travesías	(NT) No transformado	0,830622
Rio Caraño	(NT) No transformado	0,915459

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

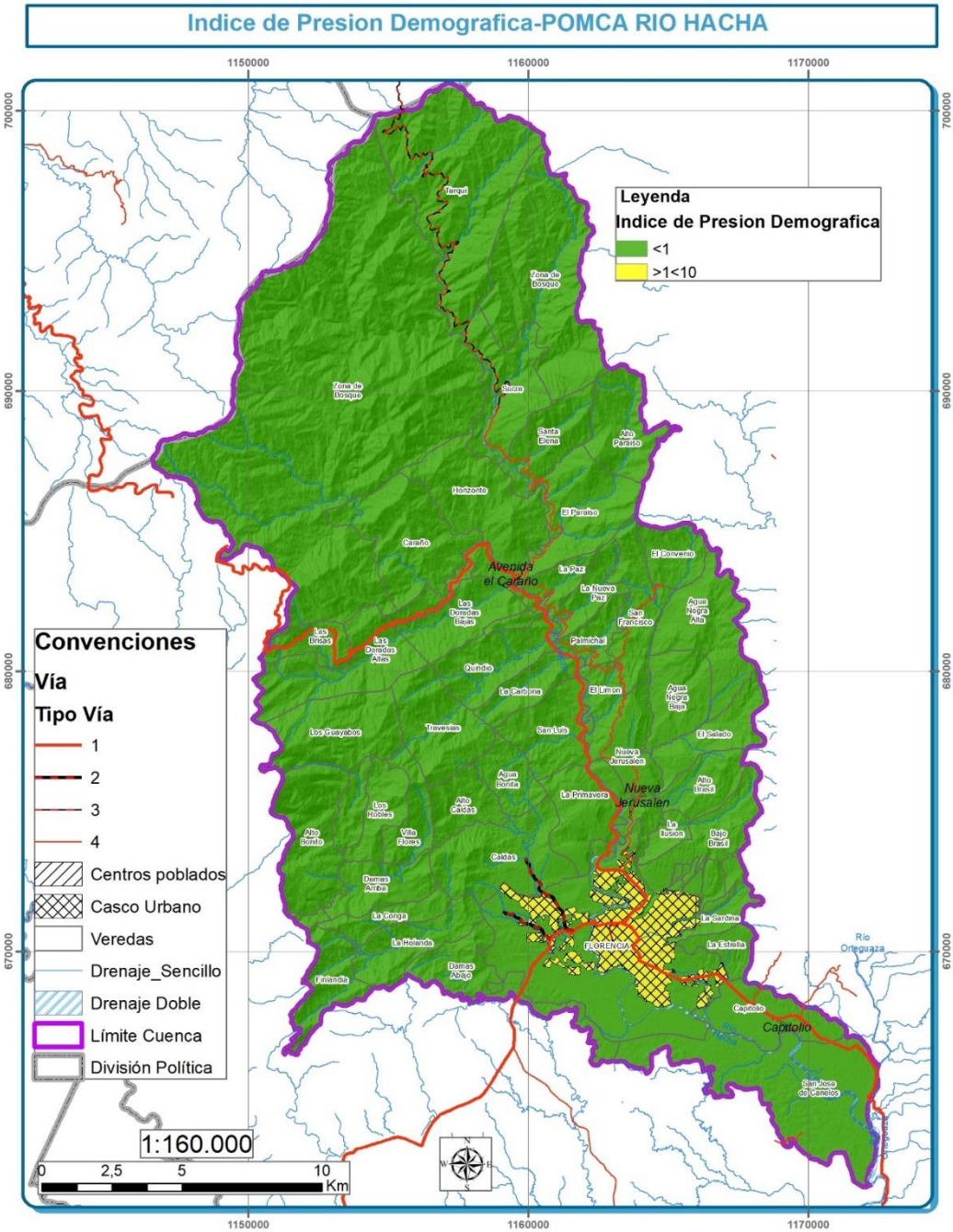
Figura 146 Mapa del Indicador de Vegetación Remanente (IVR) de la cuenca hidrográfica del Río Hacha



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.11.7.4 Indicador de Presión Demográfica (IPD). Permite medir la presión de la población sobre los diferentes tipos de coberturas naturales de la tierra (Ver Figura 147).

Figura 147 Mapa del Indicador de Presión Demográfica (IPD) de la cuenca hidrográfica del Río Hacha



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

El índice fue calculado para el municipio de Florencia, el cual tiene jurisprudencia total de la cuenca hidrográfica, obteniendo que en el área de estudio tiene un índice de presión demográfica baja con una representatividad del 97,08%, la cual es coherente con la cobertura boscosa que se conserva en la cuenca hidrográfica (Tabla 268).

Tabla 268. Resultados del Indicador de Presión Demográfica (IPD), de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

CATEGORÍA	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Baja	48.564,23	97,08
Media	1.459,36	2,92
ÁREA TOTAL	**50.023,59**	**100,00**

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

De otro lado, la cabecera municipal de Florencia tiene una categoría de media presión demográfica, lo cual se relaciona con el número de habitantes que se concentran en este espacio territorial (Tabla 269).

Tabla 269. Resultados del Indicador de Presión Demográfica (IPD), para el municipio de Florencia.

MUNICIPIO	CATEGORÍA	DESCRIPTOR
Florencia	Baja	>1<10
Casco Urbano de Florencia	Media	>1<10

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.11.7.5 Índice de Ambiente Crítico (IAC). Permite Identificar los tipos de cobertura natural con alta presión demográfica.

De acuerdo con el grado de transformación y presión poblacional de la cuenca hidrográfica del Río Hacha, que está dada por la relación existente entre el Índice de Vegetación Remanente y el Índice de Presión Demográfica, la cuenca en la cabecera municipal de Florencia tiene un área en peligro, que ocupa alrededor del 8,55% del territorio (Tabla 270).

Estas dinámicas, han ocasionado un gran impacto, en su mayoría de tipo negativo, en las dinámicas de los ecosistemas de la cuenca, lo cual plantea una necesidad imperante de articular los proyectos de interés nacional con la ordenación en torno al recurso hídrico y por ende en torno al paisaje en sí mismo.

Por otro lado, se evidencia que la zona rural de la cuenca hidrográfica tiene un índice de ambiente critico relativamente estable con alrededor de 89,18% del territorio, el cual se asocia a la cobertura boscosa que no ha cambiado en las últimas dos décadas en la cuenca hidrográfica (Tabla 270).

Tabla 270. Resultados del Índice de Ambiente Crítico (IAC), de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

CATEGORÍA	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Relativamente Estable (I)	44.610,87	89,18
Vulnerable (II)	1.134,44	2,27
En Peligro (III)	4.278,28	8,55
ÁREA TOTAL	**50.023,59**	**100,00**

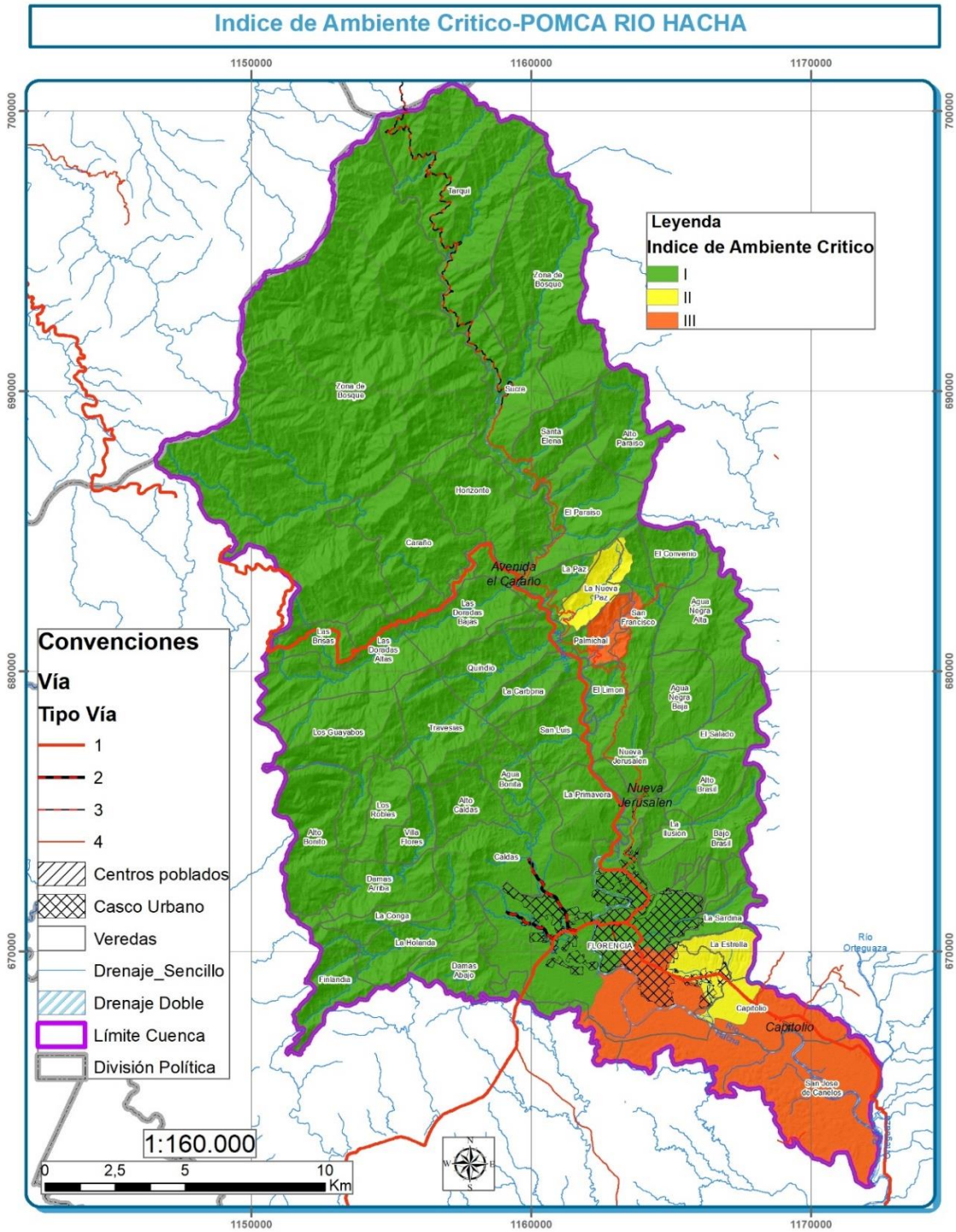
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Al realizar el análisis del IAC para las microcuencas que conforman la cuenca del río Hacha, se encuentra que hacia la parte central de la cuenca y hacia el sur de la misma existen dos microcuencas con un índice en estado de vulnerable, a las cuales se deben poner atención para evitar el deterioro de las coberturas naturales asociadas a las microcuencas Quebrada La Batea y Quebrada La Paz (Ver Tabla 271 y Figura 148).

Tabla 271. Resultados del Índice de Ambiente Crítico (IAC) para las microcuencas pertenecientes a la cuenca del río Hacha.

MICROCUENCA	CATEGORÍA	DESCRIPTOR
Directos Parte Alta	Relativamente Estable (I)	I
Directos Parte Baja	En Peligro (III)	III
Directos Parte Media	Relativamente Estable (I)	I
Quebrada Arenosa	Relativamente Estable (I)	I
Quebrada Berlín	Relativamente Estable (I)	I
Quebrada El Dedo	Relativamente Estable (I)	I
Quebrada El Paraíso	Relativamente Estable (I)	I
Quebrada La Batea	Vulnerable (II)	II
Quebrada La Carbona	Relativamente Estable (I)	I
Quebrada La Magola	Relativamente Estable (I)	I
Quebrada La Paz	Vulnerable (II)	II
Quebrada La Perdiz	Relativamente Estable (I)	I
Quebrada La Revoltosa	Relativamente Estable (I)	I
Quebrada La Ruidosa	Relativamente Estable (I)	I
Quebrada La Sardina	Relativamente Estable (I)	I
Quebrada La Yuca	Relativamente Estable (I)	I
Quebrada Las Doradas	Relativamente Estable (I)	I
Quebrada NN	Relativamente Estable (I)	I
Quebrada Palmichal	En Peligro (III)	III
Quebrada Portada	Relativamente Estable (I)	I
Quebrada Purgatorio	Relativamente Estable (I)	I
Quebrada San Joaquín	En Peligro (III)	III
Quebrada Santa Elena	Relativamente Estable (I)	I
Quebrada Sucre	Relativamente Estable (I)	I
Quebrada Tarqui	Relativamente Estable (I)	I
Quebrada Travesías	Relativamente Estable (I)	I
Rio Caraño	Relativamente Estable (I)	I

Figura 148. Mapa del Índice de Ambiente Crítico (IAC) de la cuenca hidrográfica del Río Hacha



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.11.7.6 Indicador del Estado Actual de las Coberturas Naturales (IEACN). Con este índice se busca mostrar de manera consolidada los resultados de las calificaciones relacionados con el estado actual por tipo de cobertura natural a través de los indicadores vegetación remanente, tasa de cambio de la cobertura, índice de fragmentación e índice de ambiente crítico.

En este contexto, la cuenca hidrográfica evidencia una categoría para el IEACN de conservada en un 87,48% de su área, distribuida en la parte alta, media y baja de la cuenca hidrográfica. El sur de la cuenca se clasifica como medianamente transformada con una representatividad del 3,97% del área de estudio, mientras que la categoría de transformada se encuentra adyacente a la cabecera municipal de Florencia con un área equivalente al 8,55% de la cuenca (Tabla 272 y Figura 149).

Tabla 272. Resultados del Indicador del estado actual de las coberturas naturales (IEACN), de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

CATEGORÍA	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Conservada	43.760,03	87,48
Medianamente transformada	1.984,97	3,97
Transformada	4.278,59	8,55
ÁREA TOTAL	**50.023,59**	**100,00**

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

El análisis de este indicador también fue aplicado a cada una de las microcuencas de la cuenca del río Hacha, evidenciando que las microcuencas de las Quebradas Palmichal y San Joaquin, así como los afluentes directos de la parte baja se clasifican como coberturas transformadas (Tabla 273 y Figura 149)

Tabla 273. Resultados del Indicador del estado actual de las coberturas naturales (IEACN), para las microcuencas de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha.

MICROCUENCA	CATEGORÍA	ÁREA (Ha)
Directos Parte Alta	Conservada	4056,06881
Directos Parte Baja	Transformada	3423,60952
Directos Parte Media	Conservada	2480,928
Directos Parte Media	Medianamente transformada	74,549794
Quebrada Arenosa	Conservada	100,741306
Quebrada Berlín	Conservada	81,731926

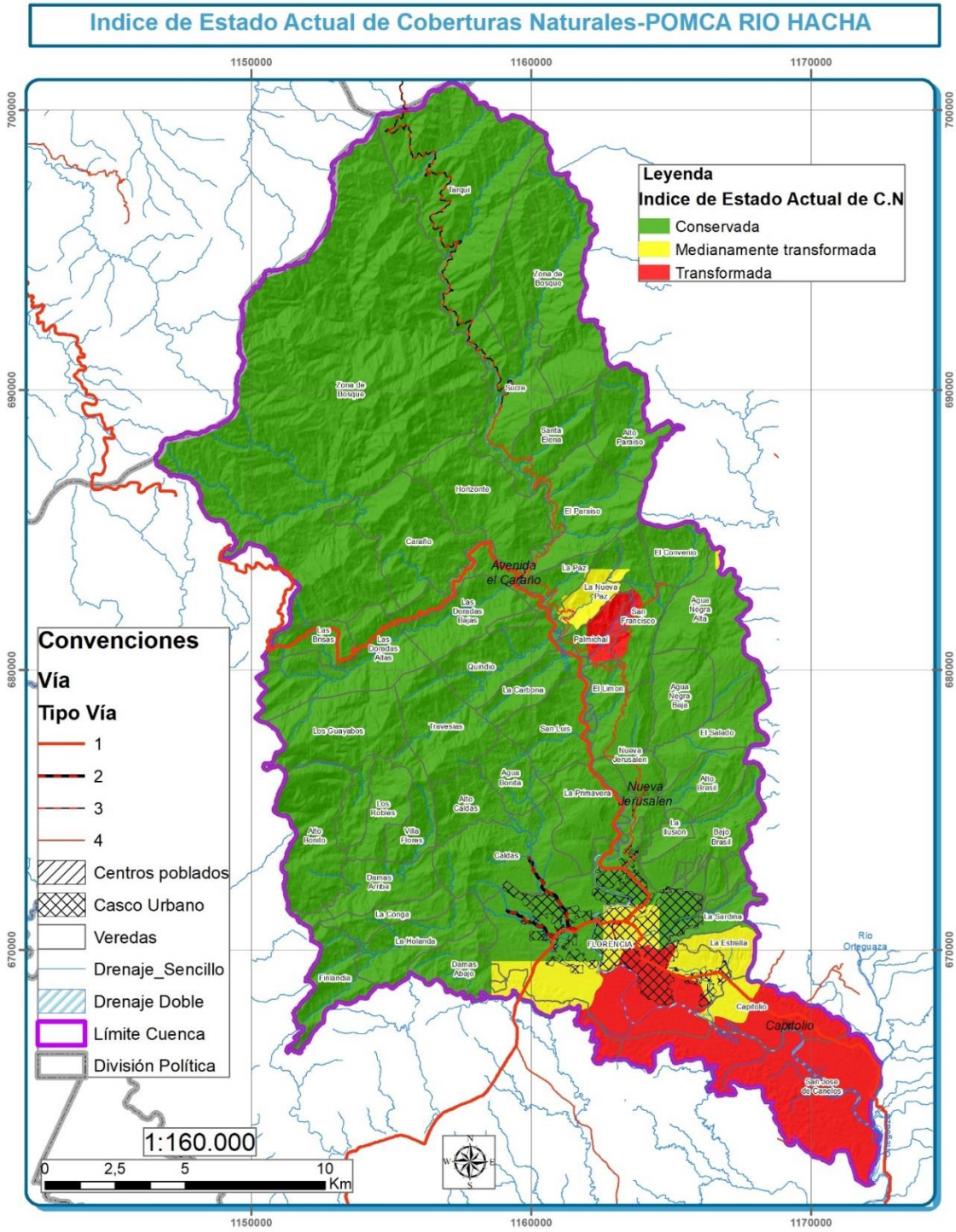
Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 273 (Continuación). Resultados del Indicador del estado actual de las coberturas naturales (IEACN), para las microcuencas de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha.

MICROCUENCA	CATEGORÍA	ÁREA (Ha)
Quebrada El Dedo	Conservada	2876,91541
Quebrada El Dedo	Medianamente transformada	38,382115
Quebrada El Paraíso	Conservada	1423,30837
Quebrada La Batea	Medianamente transformada	729,397384
Quebrada La Carbona	Conservada	319,637036
Quebrada La Magola	Conservada	2533,80635
Quebrada La Paz	Conservada	123,207144
Quebrada La Paz	Medianamente transformada	281,528925
Quebrada La Perdiz	Conservada	6095,23406
Quebrada La Perdiz	Medianamente transformada	305,359945
Quebrada La Revoltosa	Conservada	358,415418
Quebrada La Ruidosa	Conservada	645,217659
Quebrada La Sardina	Conservada	607,921946
Quebrada La Yuca	Conservada	5493,09003
Quebrada La Yuca	Medianamente transformada	555,749564
Quebrada Las Doradas	Conservada	2788,45991
Quebrada NN	Conservada	708,962309
Quebrada Palmichal	Transformada	335,954618
Quebrada Portada	Conservada	218,556426
Quebrada Purgatorio	Conservada	165,882866
Quebrada San Joaquín	Transformada	518,713701
Quebrada Santa Elena	Conservada	366,000632
Quebrada Sucre	Conservada	2497,2213
Quebrada Tarqui	Conservada	1150,90808
Quebrada Travesías	Conservada	1583,73834
Rio Caraño	Conservada	7084,07914

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Figura 149 Mapa del Indicador del estado actual de las coberturas naturales (IEACN) de la cuenca hidrográfica del Río Hacha

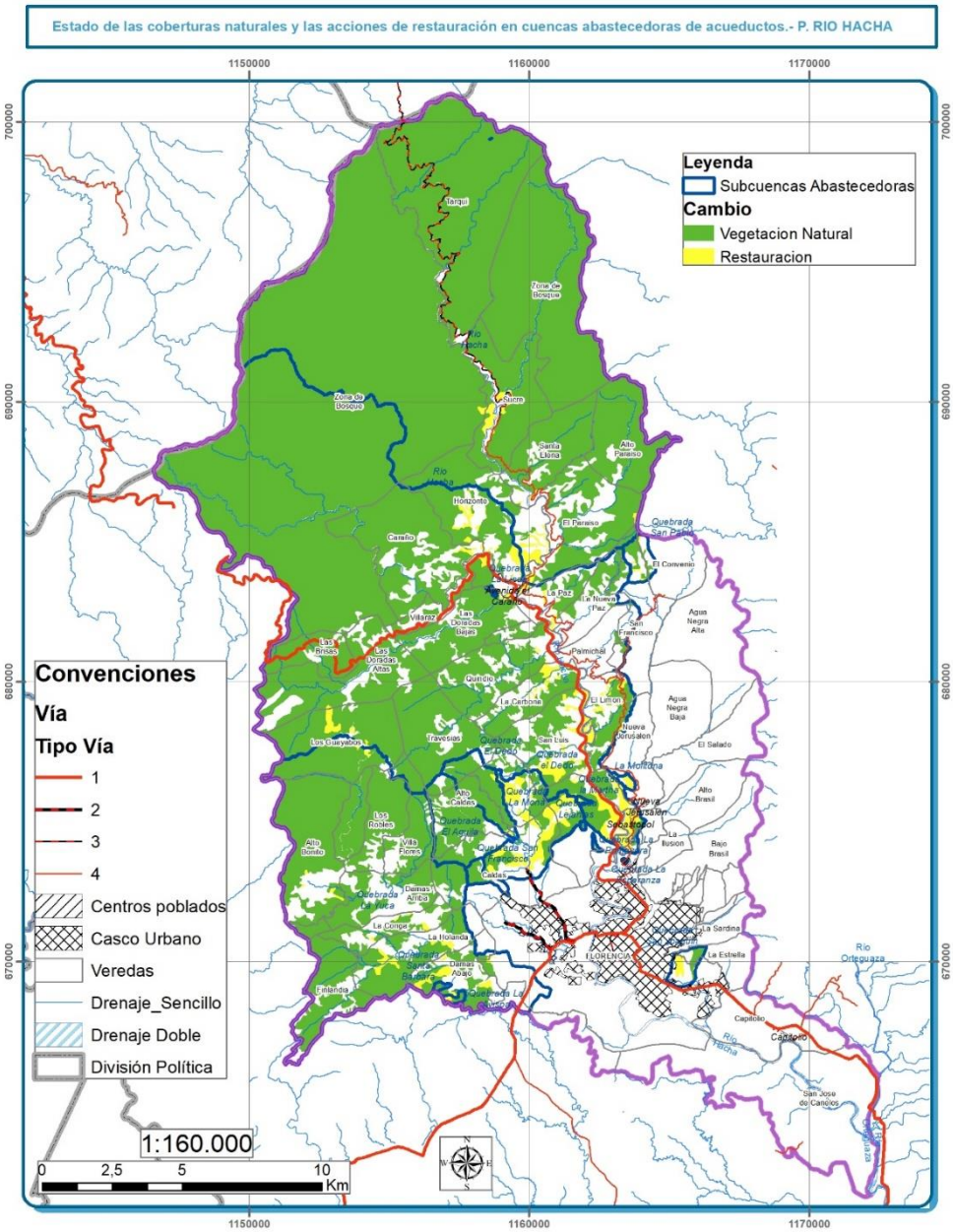


Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.11.8 Resultados de la evaluación del estado de las coberturas naturales y las acciones de restauración en cuencas abastecedoras de acueductos municipales y rurales

En la Figura 150 se observan las áreas de coberturas naturales y de restauración de las microcuencas o subcuencas abastecedoras de la cuenca del río Hacha.

Figura 150. Mapa del estado de las coberturas naturales y las acciones de restauración de las cuencas abastecedoras



Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Este proceso se realiza mediante el análisis de superposición cartográfica apoyada en SIG de la cobertura actual y el análisis multitemporal por cada microcuenca, de esta manera se identifican las áreas boscosas y áreas en recuperación de la cobertura actual y con el análisis multitemporal se evalúa las acciones de restauración que se han llevado en cada y la efectividad de las mismas. Los datos específicos de cada microcuenca o subcuenca abastecedora de la cuenca del río Hacha se presentan a continuación.

3.11.8.1 Subcuenca abastecedora La Molitona. Esta subcuenca cuenta con espacios boscosos pertenecientes a la categoría bosque abierto que corresponden al 4,84% de la microcuenca; las zonas de preservación y recuperación corresponden a las coberturas de vegetación secundaria que corresponden al 53,18% de la misma (Tabla 274).

Tabla 274. Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora La Molitona, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

MULTITEMPORAL	COBERTURA	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Ganancia severa	Bosque abierto alto de tierra firme muy intervenido (200-400 msnm)	4,84	17,95
Ganancia severa	Vegetación secundaria baja o en transición de origen antrópico (200 - 750 msnm)	14,34	53,18
Sin Cambio	Pastos mejorados y gramas naturales	7,78	28,87
ÁREA TOTAL		**26,96**	**100,00**

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Con el análisis multitemporal se puede apreciar que la sub cuenca abastecedora, ha venido ganando de manera severa espacios naturales, del total de la cobertura boscosa de la cuenca abastecedora se ha recuperado el 4,84% del 4,84% del total de dicha cobertura, lo que evidencia una efectividad en las acciones de restauración que se han llevado a cabo.

Finalmente, las zonas de preservación y recuperación han venido ganando de manera severa espacios de este tipo de coberturas (vegetación secundaria) lo que plantea la necesidad de implementar medidas de restauración en las mismas para ir ganando más espacios naturales en la subcuenca.

- Índice de vegetación Natural= 58,02%
- Índice de Restauración (2001-2015)= 58,0%

3.11.8.2 Subcuenca abastecedora Quebrada El Águila. La subcuenca cuenta con espacios boscosos pertenecientes al bosque denso, bosque abierto, bosque fragmentado y bosque de galería que corresponden al 67,04% de la microcuenca; las zonas de preservación y recuperación no se presentan en la subcuenca abastecedora (Tabla 275).

Tabla 275. Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora Quebrada El Águila, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

MULTITEMPORAL	COBERTURA	ÁREA	ÁREA
Ganancia moderada	Bosque abierto alto de tierra firme moderadamente	0,55	0,10
Ganancia moderada	Bosque Ripario > 500 msnm	1,20	0,21
Ganancia moderada	Ríos, quebradas, caños	0,67	0,12
Ganancia severa	Bosque abierto alto de tierra firme moderadamente intervenido (400-750 msnm)	0,53	0,09
Ganancia severa	Bosque denso alto de tierra firme heterogéneo (400-750 msnm)	0,00	0,00
Ganancia severa	Bosque fragmentado con pastos (400-750 msnm)	4,96	0,87
Ganancia severa	Bosque Ripario > 500 msnm	1,36	0,24
Pérdida severa	Bosque abierto alto de tierra firme moderadamente intervenido (400-750 msnm)	11,74	2,07
Pérdida severa	Gramas naturales	10,09	1,78
Pérdida severa	Mosaico de pastos y cultivos (400-750 msnm)	8,45	1,49
Pérdida severa	Pastos arbolados	14,58	2,57
Pérdida severa	Pastos mejorados y gramas naturales	70,36	12,41
Pérdida severa	Ríos, quebradas, caños	2,22	0,39
Sin Cambio	Bosque abierto alto de tierra firme moderadamente intervenido (400-750 msnm)	3,01	0,53
Sin Cambio	Gramas naturales	8,18	1,44
Sin Cambio	Mosaico de pastos y cultivos (400-750 msnm)	15,79	2,79
Sin Cambio	Pastos arbolados	3,57	0,63
Sin Cambio	Pastos mejorados y gramas naturales	6,32	1,11
Sin Cambio natural	Bosque abierto alto de tierra firme moderadamente intervenido (400-750 msnm)	23,35	4,12
Sin Cambio natural	Bosque abierto alto de tierra firme Poco intervenido (750-1500 msnm)	0,02	0,00
Sin Cambio natural	Bosque denso alto de tierra firme heterogéneo (400-750 msnm)	4,37	0,77
Sin Cambio natural	Bosque fragmentado con pastos (400-750 msnm)	0,14	0,02
Sin Cambio natural	Bosque fragmentado con pastos (750-1500 msnm)	65,50	11,55
Sin Cambio natural	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	29,37	5,18

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 275 (Continuación). Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora Quebrada El Águila, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

MULTITEMPORAL	COBERTURA	ÁREA	ÁREA
Sin Cambio natural	Bosque fragmentado con vegetación secundaria (750-1500 msnm)	234,04	41,28
Sin Cambio natural	Gramas naturales	33,95	5,99
Sin Cambio natural	Mosaico de cultivos con espacios naturales (750-1500 msnm)	5,97	1,05
Sin Cambio natural	Tierras desnudas y degradadas	0,45	0,08
Sin Cambio natural	Zonas taladas	6,27	1,11
ÁREA TOTAL		**567,00**	**100,00**

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Con el análisis multitemporal se puede apreciar que la sub cuenca abastecedora, ha mantenido la cobertura boscosa en las últimas dos décadas, con la presencia de este tipo de bosque en alrededor de 63,45% del 67,04%; la perdida de cobertura vegetal boscosa es mayor a la recuperada en el tiempo analizado, está perdida se acerca al 2,07%, mientras tanto, la ganancia es de tan solo el 1,52%, lo que evidencia que las acciones de restauración no están cumpliendo los objetivos planteados.

- Índice de vegetación Natural= 67,04%
- Índice de Restauración (2001-2015)= 1,52%

3.11.8.3 Subcuenca abastecedora Quebrada El Dedo. De acuerdo a la información consignada en la Tabla 276 la subcuenca cuenta con espacios boscosos pertenecientes al bosque denso, bosque abierto, bosque fragmentado y bosque de galería que corresponden al 58,66% de la microcuenca; las zonas de preservación y recuperación corresponden a las coberturas de vegetación secundaria que corresponden al 6,20% de la misma.

Con el análisis multitemporal se puede apreciar que la sub cuenca abastecedora, la cobertura boscosa no ha presentado cambios en el periodo analizado, con la presencia de este tipo de coberturas en el 50,30% del 58,66%; sin embargo, se presenta una ganancia del 7,41% de las coberturas, lo que evidencia una efectividad en las acciones de restauración que se han llevado a cabo.

Finalmente, las zonas de preservación y recuperación no han tenido cambio en alrededor del 4,14% del 6,20% de la superficie terrestre en esta categoría; sin embargo, existe un 2,06% del territorio con ganancia de éste tipo de cobertura (vegetación secundaria) lo que plantea la necesidad de implementar medidas de restauración en las mismas para ir ganando más espacios naturales en la cuenca.

- Índice de vegetación Natural= 64,86%
- Índice de Restauración (2001-2015)= 9,47%

Tabla 276. Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora Quebrada El Dedo, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

MULTITEMPORAL	COBERTURA	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Ganancia moderada	Bosque abierto alto de tierra firme moderadamente intervenido (400-750 msnm)	0,55	0,03
Ganancia moderada	Bosque de galería < 499 msnm	8,75	0,43
Ganancia moderada	Bosque Ripario > 500 msnm	1,20	0,06
Ganancia moderada	Pastos arbolados	6,40	0,31
Ganancia moderada	Pastos enmalezados	1,49	0,07
Ganancia moderada	Ríos, quebradas, caños	1,77	0,09
Ganancia severa	Bosque abierto alto de tierra firme moderadamente intervenido (400-750 msnm)	0,53	0,03
Ganancia severa	Bosque abierto alto de tierra firme muy intervenido (200-400 msnm)	8,65	0,42
Ganancia severa	Bosque de galería < 499 msnm	0,69	0,03
Ganancia severa	Bosque denso alto de tierra firme heterogéneo (400-750 msnm)	2,71	0,13
Ganancia severa	Bosque fragmentado con pastos (400-750 msnm)	91,54	4,47
Ganancia severa	Bosque fragmentado con vegetación secundaria (400-750 msnm)	3,98	0,19
Ganancia severa	Bosque fragmentado con vegetación secundaria (750-1500 msnm)	8,84	0,43
Ganancia severa	Bosque fragmentado con vegetación secundaria (750-1500 msnm)	3,90	0,19
Ganancia severa	Bosque Ripario > 500 msnm	18,22	0,89
Ganancia severa	Bosque Ripario > 500 msnm	1,91	0,09
Ganancia severa	Gramas naturales	26,98	1,32
Ganancia severa	Gramas naturales	3,97	0,19
Ganancia severa	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (400-750 msnm)	3,17	0,16
Ganancia severa	Mosaico de pastos y cultivos (400-750 msnm)	11,48	0,56
Ganancia severa	Pastos arbolados	18,90	0,92
Ganancia severa	Pastos enmalezados	19,64	0,96
Ganancia severa	Pastos enmalezados	0,07	0,00
Ganancia severa	Tierras desnudas y degradadas	2,43	0,12
Ganancia severa	Tierras desnudas y degradadas	0,18	0,01
Ganancia severa	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (400-750 msnm)	38,02	1,86
Ganancia severa	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (400-750 msnm)	1,07	0,05
Ganancia severa	Vegetación secundaria baja o en transición de origen antrópico (750- 1500 msnm)	2,97	0,15

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 276 (Continuación). Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora Quebrada El Dedo, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

MULTITEMPORAL	COBERTURA	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Ganancia severa	Zonas taladas	4,13	0,20
Ganancia severa	Zonas taladas	0,50	0,02
Pérdida moderada	Bosque de galería < 499 msnm	0,90	0,04
Pérdida moderada	Gramas naturales	0,12	0,01
Pérdida severa	Bosque abierto alto de tierra firme moderadamente intervenido (400-750 msnm)	11,74	0,57
Pérdida severa	Bosque de galería < 499 msnm	0,87	0,04
Pérdida severa	Bosque Ripario > 500 msnm	6,05	0,30
Pérdida severa	Estanques Piscícolas	0,42	0,02
Pérdida severa	Gramas naturales	66,81	3,27
Pérdida severa	Gramas naturales	4,50	0,22
Pérdida severa	Mosaico de pastos y cultivos (400-750 msnm)	10,59	0,52
Pérdida severa	Mosaico de pastos y cultivos (400-750 msnm)	1,68	0,08
Pérdida severa	Pastos arbolados	14,95	0,73
Pérdida severa	Pastos mejorados	4,93	0,24
Pérdida severa	Pastos mejorados y gramas naturales	96,55	4,72
Pérdida severa	Pastos mejorados y gramas naturales	22,88	1,12
Pérdida severa	Ríos, quebradas, caños	2,47	0,12
Pérdida severa	Zonas taladas	2,64	0,13
Sin Cambio	Bosque abierto alto de tierra firme moderadamente intervenido (400-750 msnm)	3,01	0,15
Sin Cambio	Bosque de galería < 499 msnm	12,19	0,60
Sin Cambio	Bosque Ripario > 500 msnm	4,66	0,23
Sin Cambio	Estanques Piscícolas	1,23	0,06
Sin Cambio	Gramas naturales	133,51	6,53
Sin Cambio	Gramas naturales	0,41	0,02
Sin Cambio	Mosaico de pastos y cultivos (400-750 msnm)	27,53	1,35
Sin Cambio	Mosaico de pastos y cultivos (400-750 msnm)	1,99	0,10
Sin Cambio	Pastos arbolados	3,59	0,18
Sin Cambio	Pastos mejorados	1,27	0,06
Sin Cambio	Pastos mejorados y gramas naturales	51,40	2,51
Sin Cambio	Ríos, quebradas, caños	0,20	0,01
Sin Cambio	Zonas taladas	1,15	0,06
Sin Cambio natural	Bosque abierto alto de tierra firme moderadamente intervenido (400-750 msnm)	23,35	1,14
Sin Cambio natural	Bosque abierto alto de tierra firme muy intervenido (200-400 msnm)	4,41	0,22
Sin Cambio natural	Bosque abierto alto de tierra firme Poco intervenido (750-1500 msnm)	0,02	0,00
Sin Cambio natural	Bosque de galería < 499 msnm	0,75	0,04
Sin Cambio natural	Bosque denso alto de tierra firme heterogéneo (400-750 msnm)	51,49	2,52
Sin Cambio natural	Bosque fragmentado con pastos (400-750 msnm)	100,92	4,93

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 276 (Continuación). Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora Quebrada El Dedo, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

MULTITEMPORAL	COBERTURA	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Sin Cambio natural	Bosque fragmentado con pastos (750-1500 msnm)	65,50	3,20
Sin Cambio natural	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	29,80	1,46
Sin Cambio natural	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	0,44	0,02
Sin Cambio natural	Bosque fragmentado con vegetación secundaria (400-750 msnm)	14,30	0,70
Sin Cambio natural	Bosque fragmentado con vegetación secundaria (750-1500 msnm)	465,10	22,74
Sin Cambio natural	Bosque fragmentado con vegetación secundaria (750-1500 msnm)	228,51	11,17
Sin Cambio natural	Bosque Ripario > 500 msnm	22,25	1,09
Sin Cambio natural	Bosque Ripario > 500 msnm	2,23	0,11
Sin Cambio natural	Gramas naturales	71,32	3,49
Sin Cambio natural	Gramas naturales	26,76	1,31
Sin Cambio natural	Mosaico de cultivos con espacios naturales (750-1500 msnm)	5,97	0,29
Sin Cambio natural	Mosaico de pastos y cultivos (400-750 msnm)	0,28	0,01
Sin Cambio natural	Pastos arbolados	8,37	0,41
Sin Cambio natural	Pastos enmalezados	9,76	0,48
Sin Cambio natural	Pastos enmalezados	4,46	0,22
Sin Cambio natural	Pastos mejorados	7,22	0,35
Sin Cambio natural	Pastos mejorados	7,22	0,35
Sin Cambio natural	Tierras desnudas y degradadas	3,86	0,19
Sin Cambio natural	Tierras desnudas y degradadas	3,40	0,17
Sin Cambio natural	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (400-750 msnm)	37,29	1,82
Sin Cambio natural	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (400-750 msnm)	27,54	1,35
Sin Cambio natural	Vegetación secundaria baja o en transición de origen antrópico (750- 1500 msnm)	19,88	0,97
Sin Cambio natural	Zonas taladas	12,84	0,63
Sin Cambio natural	Zonas taladas	5,43	0,27
ÁREA TOTAL		**2.045,55**	**100,00**

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.11.8.4 Subcuenca abastecedora Quebrada La Avispa. Esta subcuenca no cuenta con espacios boscosos; las zonas de preservación y recuperación corresponden a las coberturas de vegetación secundaria que corresponden al 100,00% de la misma (Tabla 277).

Con el análisis multitemporal se puede apreciar que la sub cuenca abastecedora, en sus zonas de preservación y recuperación no han tenido cambio en alrededor del 76,39% del 100,00% de la superficie terrestre en esta categoría; sin embargo,

existe un 23,61% del territorio con ganancia de éste tipo de cobertura (vegetación secundaria) lo que plantea la necesidad de implementar medidas de restauración en las mismas para ir ganando espacios naturales en la cuenca.

- Índice de vegetación Natural= 100,00%
- Índice de Restauración (2001-2015)= 23,61%

Tabla 277. Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora Quebrada La Avispa, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

MULTITEMPORAL	COBERTURA	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Ganancia severa	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (400-750 msnm)	5,43	23,61
Sin Cambio natural	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (400-750 msnm)	17,56	76,39
ÁREA TOTAL		**22,99**	**100,00**

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.11.8.5 Subcuenca abastecedora Quebrada La Esperanza. La subcuenca cuenta con espacios boscosos pertenecientes al bosque abierto y bosque de galería que corresponden al 45,36% de la microcuenca; las zonas de preservación y recuperación no se presentan en la subcuenca abastecedora (Tabla 278).

Con el análisis multitemporal se puede apreciar que la sub cuenca abastecedora, ha venido ganando de manera severa espacios naturales, del total de la cobertura boscosa de la cuenca abastecedora se ha recuperado el 45,36% del 45,36% del total de dicha cobertura, lo que evidencia una efectividad en las acciones de restauración que se han llevado a cabo.

- Índice de vegetación Natural= 45,36%
- Índice de Restauración (2001-2015)= 45,36%

Tabla 278. Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora Quebrada La Esperanza, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

MULTITEMPORAL	COBERTURA	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Ganancia severa	Bosque abierto alto de tierra firme moderadamente intervenido (400-750 msnm)	1,19	43,85
Ganancia severa	Bosque de galería < 499 msnm	0,04	1,51
Ganancia severa	Mosaico de pastos y cultivos (200-400 msnm)	0,75	27,44
Sin Cambio	Gramas naturales	0,32	11,64
Sin Cambio	Tejido urbano discontinuo del área urbana del municipio de Florencia	0,42	15,55
ÁREA TOTAL		**2,72**	**100,00**

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.11.8.6 Subcuenca abastecedora Quebrada La Linda. La subcuenca cuenta con espacios boscosos pertenecientes al bosque fragmentado que corresponden al 71,62% de la microcuenca; las zonas de preservación y recuperación pertenecen a la cobertura de vegetación secundaria que corresponden al 13,11% (Tabla 279).

Con el análisis multitemporal se puede apreciar que la sub cuenca abastecedora, tanto las zonas boscosas como las zonas de preservación y recuperación no han presentado cambios en las últimas dos décadas, lo que evidencia que las acciones de restauración que se han implementado no han cumplido con los objetivos planteados.

- Índice de vegetación Natural= 84,73%
- Índice de Restauración (2001-2015)= 0,00%

Tabla 279. Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora Quebrada La Linda, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

MULTITEMPORAL	COBERTURA	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Pérdida severa	Gramas naturales	0,88	14,97
Sin Cambio	Gramas naturales	0,02	0,30
Sin Cambio natural	Bosque fragmentado con pastos (750-1500 msnm)	4,22	71,62
Sin Cambio natural	Vegetación secundaria baja o en transición de origen antrópico (750- 1500 msnm)	0,77	13,11
ÁREA TOTAL		**5,90**	**100,00**

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.11.8.7 Subcuenca abastecedora Quebrada La Martha. La subcuenca cuenta con espacios boscosos pertenecientes al bosque fragmentado que corresponden al 22,66% de la microcuenca; las zonas de preservación y recuperación no se encuentran en la subcuenca abastecedora (Tabla 280).

Con el análisis multitemporal se puede apreciar que la sub cuenca abastecedora, ha venido ganando de manera severa espacios naturales, del total de la cobertura boscosa de la cuenca abastecedora se ha recuperado el 6,62% del 22,66% del total de dicha cobertura, lo que evidencia una efectividad en las acciones de restauración que se han llevado a cabo.

- Índice de vegetación Natural= 22,66%
- Índice de Restauración (2001-2015)= 6,62%

Tabla 280. Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora Quebrada La Martha, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

MULTITEMPORAL	COBERTURA	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Ganancia severa	Bosque fragmentado con pastos (400-750 msnm)	0,64	6,62
Ganancia severa	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (400-750 msnm)	4,08	42,15
Sin Cambio natural	Bosque fragmentado con pastos (400-750 msnm)	1,55	16,04
Sin Cambio natural	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (400-750 msnm)	3,41	35,19
ÁREA TOTAL		**9,69**	**100,00**

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.11.8.8 Subcuenca abastecedora Quebrada La Mona. La subcuenca cuenta con espacios boscosos pertenecientes al bosque fragmentado que corresponden al 42,37% de la microcuenca; las zonas de preservación y recuperación corresponden a las coberturas de vegetación secundaria que corresponden al 31,67% de la misma (Tabla 281)

Tabla 281. Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca Quebrada La Mona, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

MULTITEMPORAL	COBERTURA	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Ganancia severa	Bosque fragmentado con vegetación secundaria (750-1500 msnm)	0,34	37,20
Ganancia severa	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (400-750 msnm)	0,10	11,41
Ganancia severa	Zonas taladas	0,02	1,76
Sin Cambio natural	Bosque fragmentado con vegetación secundaria (750-1500 msnm)	0,05	5,17
Sin Cambio natural	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (400-750 msnm)	0,18	20,26
Sin Cambio natural	Zonas taladas	0,22	24,21
ÁREA TOTAL		**0,91**	**100,00**

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Con el análisis multitemporal se puede apreciar que la sub cuenca abastecedora, la cobertura boscosa ha venido ganando de manera severa espacios naturales, del total de la cobertura boscosa de la cuenca abastecedora se ha recuperado el 37,20% del 42,37% del total de dicha cobertura, lo que evidencia una efectividad en las acciones de restauración que se han llevado a cabo.

Finalmente, las zonas de preservación y recuperación no han tenido cambio en alrededor del 20,26% del 31,67% de la superficie terrestre en esta categoría; sin embargo, existe un 11,41% del territorio con ganancia de éste tipo de cobertura

(vegetación secundaria) lo que plantea la necesidad de implementar medidas de restauración en las mismas para ir ganando más espacios naturales en la cuenca.

- Índice de vegetación Natural= 74,03%
- Índice de Restauración (2001-2015)= 48,61%

3.11.8.9 Subcuenca abastecedora Quebrada La Primavera. La subcuenca cuenta con espacios boscosos pertenecientes al bosque fragmentado que corresponden al 40,55% de la microcuenca; las zonas de preservación y recuperación no se presentan en la subcuenca abastecedora (Tabla 282).

Con el análisis multitemporal se puede apreciar que la sub cuenca abastecedora, las zonas boscosas no han presentado cambios en las últimas dos décadas, lo que evidencia que las acciones de restauración que se han implementado no han cumplido con los objetivos planteados.

- Índice de vegetación Natural= 40,55%
- Índice de Restauración (2001-2015)= 0,00%

Tabla 282. Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca Quebrada La Primavera, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

MULTITEMPORAL	COBERTURA	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Ganancia severa	Bosque fragmentado con vegetación secundaria (750-1500 msnm)	0,34	37,20
Ganancia severa	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (400-750 msnm)	0,10	11,41
Ganancia severa	Zonas taladas	0,02	1,76
Sin Cambio natural	Bosque fragmentado con vegetación secundaria (750-1500 msnm)	0,05	5,17
Sin Cambio natural	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (400-750 msnm)	0,18	20,26
Sin Cambio natural	Zonas taladas	0,22	24,21
ÁREA TOTAL		**0,91**	**100,00**

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.11.8.10 Subcuenca abastecedora Quebrada La Yuca. La subcuenca cuenta con espacios boscosos pertenecientes al bosque denso, bosque abierto, bosque fragmentado y bosque de galería que corresponden al 58,21% de la microcuenca; las zonas de preservación y recuperación corresponden a las coberturas de vegetación secundaria que corresponden al 9,76% de la misma (Tabla 283).

Con el análisis multitemporal se puede apreciar que la sub cuenca abastecedora, la cobertura boscosa no ha presentado cambios en el periodo analizado, con la presencia de este tipo de coberturas en el 56,53% del 58,21%; sin embargo, se

presenta una ganancia del 1,56% de las coberturas, lo que evidencia una efectividad en las acciones de restauración que se han llevado a cabo.

Finalmente, las zonas de preservación y recuperación no han tenido cambio en alrededor del 8,19% del 9,76% de la superficie terrestre en esta categoría; sin embargo, existe un 0,80% del territorio con ganancia de éste tipo de cobertura (vegetación secundaria) lo que plantea la necesidad de implementar medidas de restauración en las mismas para ir ganando más espacios naturales en la cuenca.

- Índice de vegetación Natural= 67,97%
- Índice de Restauración (2001-2015)= 2,36%

Tabla 283. Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora Quebrada La Yuca, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

MULTITEMPORAL	COBERTURA	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Ganancia moderada	Bosque abierto alto de tierra firme muy intervenido (200-400 msnm)	0,02	0,00
Ganancia moderada	Bosque de galería < 499 msnm	0,48	0,01
Ganancia moderada	Bosque fragmentado con pastos (400-750 msnm)	0,00	0,00
Ganancia moderada	Bosque fragmentado con vegetación secundaria (750-1500 msnm)	3,27	0,06
Ganancia moderada	Gramas naturales	6,71	0,12
Ganancia moderada	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (400-750 msnm)	1,75	0,03
Ganancia moderada	Pastos arbolados	0,09	0,00
Ganancia moderada	Ríos, quebradas, caños	7,57	0,13
Ganancia moderada	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (400-750 msnm)	9,16	0,16
Ganancia moderada	Vegetación secundaria baja o en transición de origen antrópico (200 - 750 msnm)	1,27	0,02
Ganancia moderada	Zonas arenosas naturales (Playas aluviales)	1,26	0,02
Ganancia severa	Bosque abierto alto de tierra firme muy intervenido (200-400 msnm)	3,23	0,06
Ganancia severa	Bosque fragmentado con pastos (750-1500 msnm)	0,54	0,01
Ganancia severa	Bosque fragmentado con vegetación secundaria (400-750 msnm)	8,49	0,15
Ganancia severa	Bosque fragmentado con vegetación secundaria (750-1500 msnm)	35,34	0,62
Ganancia severa	Gramas naturales	38,15	0,67
Ganancia severa	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (400-750 msnm)	8,72	0,15
Ganancia severa	Pastos arbolados	0,90	0,02
Ganancia severa	Pastos enmalezados	5,93	0,10
Ganancia severa	Tierras desnudas y degradadas	1,01	0,02

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 283 (Continuación). Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora Quebrada La Yuca, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

MULTITEMPORAL	COBERTURA	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Ganancia severa	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (400-750 msnm)	23,85	0,42
Ganancia severa	Vegetación secundaria baja o en transición de origen antrópico (200 - 750 msnm)	11,27	0,20
Pérdida moderada	Bosque de galería < 499 msnm	0,07	0,00
Pérdida moderada	Bosque Ripario > 500 msnm	0,38	0,01
Pérdida moderada	Gramas naturales	3,08	0,05
Pérdida moderada	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (400-750 msnm)	1,67	0,03
Pérdida moderada	Pastos arbolados	9,47	0,17
Pérdida moderada	Pastos mejorados	1,59	0,03
Pérdida moderada	Pastos mejorados y gramas naturales	4,87	0,09
Pérdida moderada	Tejido urbano continuo y discontinuo del área rural (incluye centros poblados	15,21	0,27
Pérdida moderada	Tejido urbano discontinuo del área urbana del municipio de Florencia	0,03	0,00
Pérdida moderada	Tejido urbano discontinuo del área urbana del municipio de Florencia	1,56	0,03
Pérdida moderada	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (200-400 msnm)	0,08	0,00
Pérdida severa	Bosque de galería < 499 msnm	15,28	0,27
Pérdida severa	Bosque Ripario > 500 msnm	27,69	0,49
Pérdida severa	Gramas naturales	351,56	6,21
Pérdida severa	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (200-400 msnm)	1,62	0,03
Pérdida severa	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (400-750 msnm)	73,76	1,30
Pérdida severa	Mosaico de pastos con espacios naturales (750-1500 msnm)	33,84	0,60
Pérdida severa	Pastos arbolados	24,78	0,44
Pérdida severa	Pastos enmalezados	66,83	1,18
Pérdida severa	Pastos mejorados	3,87	0,07
Pérdida severa	Pastos mejorados y gramas naturales	316,66	5,59
Pérdida severa	Ríos, quebradas, caños	15,63	0,28
Pérdida severa	Tejido urbano continuo y discontinuo del área rural (incluye centros poblados	7,23	0,13
Pérdida severa	Tierras desnudas y degradadas	5,37	0,09
Pérdida severa	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (200-400 msnm)	15,34	0,27
Pérdida severa	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (400-750 msnm)	8,07	0,14
Pérdida severa	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (750-2300 msnm)	20,07	0,35

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 283 (Continuación). Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora Quebrada La Yuca, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

MULTITEMPORAL	COBERTURA	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Pérdida severa	Zonas arenosas naturales (Playas aluviales)	0,00	0,00
Sin Cambio	Bosque de galería < 499 msnm	1,36	0,02
Sin Cambio	Bosque Ripario > 500 msnm	10,62	0,19
Sin Cambio	Gramas naturales	87,27	1,54
Sin Cambio	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (400-750 msnm)	64,60	1,14
Sin Cambio	Pastos arbolados	101,23	1,79
Sin Cambio	Pastos mejorados	91,83	1,62
Sin Cambio	Pastos mejorados y gramas naturales	67,62	1,19
Sin Cambio	Red vial y terrenos asociados	1,48	0,03
Sin Cambio	Ríos, quebradas, caños	8,57	0,15
Sin Cambio	Tejido urbano continuo y discontinuo del área rural (incluye centros poblados	2,79	0,05
Sin Cambio	Tejido urbano discontinuo del área urbana del municipio de Florencia	0,15	0,00
Sin Cambio	Tejido urbano discontinuo del área urbana del municipio de Florencia	9,51	0,17
Sin Cambio	Tierras desnudas y degradadas	8,13	0,14
Sin Cambio	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (200-400 msnm)	1,92	0,03
Sin Cambio	Zonas arenosas naturales (Playas aluviales)	0,36	0,01
Sin Cambio natural	Bosque abierto alto de tierra firme muy intervenido (200-400 msnm)	35,13	0,62
Sin Cambio natural	Bosque abierto alto de tierra firme Poco intervenido (750-1500 msnm)	598,47	10,57
Sin Cambio natural	Bosque de galería < 499 msnm	3,34	0,06
Sin Cambio natural	Bosque denso alto de tierra firme heterogéneo (750-1500 msnm)	172,31	3,04
Sin Cambio natural	Bosque fragmentado con pastos (400-750 msnm)	109,10	1,93
Sin Cambio natural	Bosque fragmentado con pastos (750-1500 msnm)	297,32	5,25
Sin Cambio natural	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	1,18	0,02
Sin Cambio natural	Bosque fragmentado con vegetación secundaria (400-750 msnm)	214,69	3,79
Sin Cambio natural	Bosque fragmentado con vegetación secundaria (750-1500 msnm)	1.757,31	31,04
Sin Cambio natural	Gramas naturales	179,44	3,17
Sin Cambio natural	Mosaico de cultivos con espacios naturales (750-1500 msnm)	6,41	0,11
Sin Cambio natural	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (200-400 msnm)	7,49	0,13
Sin Cambio natural	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (400-750 msnm)	7,38	0,13

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 283 (Continuación). Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora Quebrada La Yuca, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

MULTITEMPORAL	COBERTURA	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Sin Cambio natural	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (750-1500 msnm)	3,42	0,06
Sin Cambio natural	Mosaico de pastos y cultivos (750-1500 msnm)	4,13	0,07
Sin Cambio natural	Pastos arbolados	28,73	0,51
Sin Cambio natural	Pastos enmalezados	35,89	0,63
Sin Cambio natural	Pastos mejorados	2,97	0,05
Sin Cambio natural	Pastos mejorados y gramas naturales	18,57	0,33
Sin Cambio natural	Tierras desnudas y degradadas	26,12	0,46
Sin Cambio natural	Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	4,30	0,08
Sin Cambio natural	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (200-400 msnm)	55,37	0,98
Sin Cambio natural	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (400-750 msnm)	222,81	3,94
Sin Cambio natural	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (750-2300 msnm)	98,22	1,73
Sin Cambio natural	Vegetación secundaria baja o en transición de origen antrópico (200 - 750 msnm)	23,02	0,41
Sin Cambio natural	Vegetación secundaria baja o en transición de origen antrópico (750- 1500 msnm)	62,26	1,10
Sin Cambio natural	Zonas quemadas	2,16	0,04
Sin Cambio natural	Zonas taladas	32,19	0,57
ÁREA TOTAL		**5.661,79**	**100,00**

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.11.8.11 Subcuenca abastecedora Quebrada San Francisco. La subcuenca cuenta con espacios boscosos pertenecientes al bosque denso, bosque fragmentado y bosque de galería que corresponden al 59,86% de la microcuenca; las zonas de preservación y recuperación no se presentan en la subcuenca abastecedora (Tabla 284).

Con el análisis multitemporal se puede apreciar que la sub cuenca abastecedora, la cobertura boscosa no ha presentado cambios en el periodo analizado, con la presencia de este tipo de coberturas en el 56,57% del 59,86%; sin embargo, se presenta una ganancia del 2,48% de las coberturas, lo que evidencia una efectividad en las acciones de restauración que se han llevado a cabo.

- Índice de vegetación Natural= 59,86%
- Índice de Restauración (2001-2015)= 2,48%

Tabla 284. Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora Q Quebrada San Francisco, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

MULTITEMPORAL	COBERTURA	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Ganancia severa	Bosque fragmentado con vegetación secundaria (750-1500 msnm)	1,85	2,48
Pérdida moderada	Tejido urbano continúo del área urbana del Municipio de Florencia y centros poblados	0,21	0,29
Pérdida severa	Bosque de galería < 499 msnm	0,60	0,81
Pérdida severa	Gramas naturales	3,95	5,30
Pérdida severa	Pastos arbolados	4,79	6,44
Pérdida severa	Pastos mejorados y gramas naturales	4,58	6,15
Sin Cambio	Bosque de galería < 499 msnm	3,34	4,48
Sin Cambio	Gramas naturales	8,00	10,75
Sin Cambio	Pastos mejorados y gramas naturales	1,58	2,12
Sin Cambio natural	Bosque denso alto de tierra firme heterogéneo (400-750 msnm)	0,42	0,56
Sin Cambio natural	Bosque fragmentado con vegetación secundaria (750-1500 msnm)	38,36	51,53
Sin Cambio natural	Mosaico de cultivos con espacios naturales (750-1500 msnm)	0,84	1,13
Sin Cambio natural	Pastos arbolados	5,83	7,83
Sin Cambio natural	Tierras desnudas y degradadas	0,10	0,14
ÁREA TOTAL		**74,45**	**100,00**

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.11.8.12 Subcuenca abastecedora Quebrada San Joaquín. La subcuenca no cuenta con espacios boscosos; las zonas de preservación y recuperación corresponden a las coberturas de vegetación secundaria que corresponden al 41,89% de la misma (Tabla 285).

Tabla 285. Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora Quebrada San Joaquín, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

MULTITEMPORAL	COBERTURA	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Ganancia moderada	Pastos mejorados y gramas naturales	0,13	0,10
Ganancia severa	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (200-400 msnm)	23,91	19,38
Pérdida moderada	Tejido urbano continúo del área urbana del Municipio de Florencia y centros poblados	7,03	5,70
Pérdida severa	Pastos mejorados y gramas naturales	0,85	0,69
Sin Cambio	Pastos mejorados y gramas naturales	60,57	49,11
Sin Cambio	Tejido urbano continúo del área urbana del Municipio de Florencia y centros poblados	3,10	2,51
Sin Cambio natural	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (200-400 msnm)	27,76	22,50
ÁREA TOTAL		**123,35**	**100,00**

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Con el análisis multitemporal se puede apreciar que la sub cuenca abastecedora, en sus zonas de preservación y recuperación no han tenido cambio en alrededor del 22,50% del 41,89% de la superficie terrestre en esta categoría; sin embargo, existe un 19,38% del territorio con ganancia de éste tipo de cobertura (vegetación secundaria) lo que plantea la necesidad de implementar medidas de restauración en las mismas para ir ganando espacios naturales en la cuenca.

- Índice de vegetación Natural= 41,89%
- Índice de Restauración (2001-2015)= 19,38%

3.11.8.13 Subcuenca abastecedora Quebrada San Pablo. La subcuenca cuenta con espacios boscosos pertenecientes al bosque fragmentado que corresponden al 46,21% de la microcuenca; las zonas de preservación y recuperación no se presentan en la subcuenca abastecedora (Tabla 286).

Con el análisis multitemporal se puede apreciar que la sub cuenca abastecedora, la cobertura boscosa no ha presentado cambios en el periodo analizado, con la presencia de este tipo de coberturas en el 37,91% del 46,21%; sin embargo, se presenta una ganancia del 8,30% de las coberturas, lo que evidencia una efectividad en las acciones de restauración que se han llevado a cabo.

- Índice de vegetación Natural= 46,21%
- Índice de Restauración (2001-2015)= 8,30%

Tabla 286. Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora Q Quebrada San Pablo, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

MULTITEMPORAL	COBERTURA	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Ganancia severa	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	11,68	8,30
Pérdida severa	Gramas naturales	23,31	16,57
Pérdida severa	Pastos mejorados y gramas naturales	7,16	5,09
Sin Cambio	Gramas naturales	38,77	27,56
Sin Cambio	Pastos mejorados y gramas naturales	6,44	4,58
Sin Cambio natural	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	53,33	37,91
Ganancia severa	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	11,68	8,30
Pérdida severa	Gramas naturales	23,31	16,57
Pérdida severa	Pastos mejorados y gramas naturales	7,16	5,09
Sin Cambio	Gramas naturales	38,77	27,56
Sin Cambio	Pastos mejorados y gramas naturales	6,44	4,58
Sin Cambio natural	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	53,33	37,91
ÁREA TOTAL		**140,69**	**100,00**

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.11.8.14 Subcuenca abastecedora Quebrada Santa Bárbara. La subcuenca no cuenta con espacios boscosos; las zonas de preservación y recuperación corresponden a las coberturas de vegetación secundaria que corresponden al 74,45% de la misma (Tabla 287).

Con el análisis multitemporal se puede apreciar que la sub cuenca abastecedora, en sus zonas de preservación y recuperación no han tenido cambio en alrededor del 74,45% del 74,45% de la superficie terrestre en esta categoría; lo que plantea la necesidad de implementar medidas de restauración en las mismas para ir ganando espacios naturales en la cuenca.

- Índice de vegetación Natural= 74,45%
- Índice de Restauración (2001-2015)= 0,00%

Tabla 287. Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora Quebrada Santa Bárbara, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

MULTITEMPORAL	COBERTURA	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Pérdida severa	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (400-750 msnm)	1,58	11,86
Sin Cambio natural	Pastos arbolados	1,78	13,39
Sin Cambio natural	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (400-750 msnm)	9,93	74,75
ÁREA TOTAL		**13,28**	**100,00**

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

3.11.8.15 Subcuenca abastecedora Rio Hacha. La subcuenca cuenta con espacios boscosos pertenecientes al bosque denso, bosque abierto, bosque fragmentado y bosque de galería que corresponden al 79,30% de la microcuenca; las zonas de preservación y recuperación corresponden a las coberturas de vegetación secundaria que corresponden al 4,12% de la misma (Tabla 288).

Con el análisis multitemporal se puede apreciar que la sub cuenca abastecedora, la cobertura boscosa no ha presentado cambios en el periodo analizado, con la presencia de este tipo de coberturas en el 77,30% del 79,30%; sin embargo, se presenta una ganancia del 1,68% de las coberturas, lo que evidencia una efectividad en las acciones de restauración que se han llevado a cabo.

Finalmente, las zonas de preservación y recuperación no han tenido cambio en alrededor del 3,43% del 4,12% de la superficie terrestre en esta categoría; sin embargo, existe un 0,46% del territorio con ganancia de éste tipo de cobertura (vegetación secundaria) lo que plantea la necesidad de implementar medidas de restauración en las mismas para ir ganando más espacios naturales en la cuenca.

- Índice de vegetación Natural= 83,42%

- Índice de Restauración (2001-2015)= 2,14%

Tabla 288. Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora Rio Hacha, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

MULTITEMPORAL	COBERTURA	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Ganancia moderada	Bosque abierto alto de tierra firme moderadamente intervenido (400-750 msnm)	3,12	0,01
Ganancia moderada	Bosque abierto alto de tierra firme muy intervenido (200-400 msnm)	19,05	0,07
Ganancia moderada	Bosque de galería < 499 msnm	26,27	0,09
Ganancia moderada	Bosque denso alto de tierra firme heterogéneo (750-1500 msnm)	4,84	0,02
Ganancia moderada	Bosque Ripario > 500 msnm	13,57	0,05
Ganancia moderada	Gramas naturales	14,70	0,05
Ganancia moderada	Mosaico de pastos y cultivos (750-1500 msnm)	2,59	0,01
Ganancia moderada	Pastos arbolados	1,51	0,01
Ganancia moderada	Pastos mejorados y gramas naturales	0,39	0,00
Ganancia moderada	Red vial y terrenos asociados	0,57	0,00
Ganancia moderada	Ríos, quebradas, caños	52,83	0,18
Ganancia moderada	Tejido urbano continuo y discontinuo del área rural (incluye centros poblados	8,97	0,03
Ganancia moderada	Tejido urbano discontinuo del área urbana del municipio de Florencia	0,02	0,00
Ganancia severa	Bosque abierto alto de tierra firme moderadamente intervenido (400-750 msnm)	40,45	0,14
Ganancia severa	Bosque abierto alto de tierra firme muy intervenido (200-400 msnm)	39,28	0,14
Ganancia severa	Bosque abierto alto de tierra firme Poco intervenido (750-1500 msnm)	2,70	0,01
Ganancia severa	Bosque de galería < 499 msnm	31,56	0,11
Ganancia severa	Bosque denso alto de tierra firme heterogéneo (400-750 msnm)	16,25	0,06
Ganancia severa	Bosque denso alto de tierra firme heterogéneo (750-1500 msnm)	63,88	0,22
Ganancia severa	Bosque denso bajo de tierra firme poco intervenido por el hombre (1500-2300 msnm)	19,98	0,07
Ganancia severa	Bosque fragmentado con pastos (400-750 msnm)	31,71	0,11
Ganancia severa	Bosque fragmentado con pastos (750-1500 msnm)	21,34	0,07
Ganancia severa	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	61,67	0,21
Ganancia severa	Bosque fragmentado con vegetación secundaria (400-750 msnm)	5,69	0,02
Ganancia severa	Bosque fragmentado con vegetación secundaria (750-1500 msnm)	28,60	0,10
Ganancia severa	Bosque Ripario > 500 msnm	58,75	0,20

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 288 (Continuación). Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora Rio Hacha, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

MULTITEMPORAL	COBERTURA	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Ganancia severa	Gramas naturales	58,13	0,20
Ganancia severa	Mosaico de cultivos con espacios naturales (750-1500 msnm)	5,10	0,02
Ganancia severa	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (400-750 msnm)	8,16	0,03
Ganancia severa	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (750-1500 msnm)	0,73	0,00
Ganancia severa	Mosaico de pastos con espacios naturales (200-400 msnm)	1,72	0,01
Ganancia severa	Mosaico de pastos con espacios naturales (750-1500 msnm)	4,28	0,01
Ganancia severa	Mosaico de pastos y cultivos (750-1500 msnm)	4,45	0,02
Ganancia severa	Pastos arbolados	7,38	0,03
Ganancia severa	Pastos enmalezados	10,02	0,03
Ganancia severa	Pastos mejorados y gramas naturales	21,32	0,07
Ganancia severa	Red vial y terrenos asociados	6,81	0,02
Ganancia severa	Tejido urbano continuo y discontinuo del área rural (incluye centros poblados	14,71	0,05
Ganancia severa	Tejido urbano discontinuo del área urbana del municipio de Florencia	14,36	0,05
Ganancia severa	Tierras desnudas y degradadas	3,69	0,01
Ganancia severa	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (200-400 msnm)	1,48	0,01
Ganancia severa	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (400-750 msnm)	107,97	0,37
Ganancia severa	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (750-2300 msnm)	16,03	0,06
Ganancia severa	Vegetación secundaria baja o en transición de origen antrópico (200 - 750 msnm)	5,22	0,02
Ganancia severa	Vegetación secundaria baja o en transición de origen antrópico (750- 1500 msnm)	2,79	0,01
Ganancia severa	Zonas taladas	5,04	0,02
Pérdida moderada	Bosque Ripario > 500 msnm	5,83	0,02
Pérdida moderada	Gramas naturales	7,26	0,03
Pérdida moderada	Mosaico de pastos con espacios naturales (750-1500 msnm)	5,42	0,02
Pérdida moderada	Pastos arbolados	8,26	0,03
Pérdida moderada	Pastos enmalezados	0,06	0,00
Pérdida moderada	Pastos mejorados y gramas naturales	1,97	0,01
Pérdida moderada	Red vial y terrenos asociados	16,13	0,06
Pérdida moderada	Tejido urbano continuo y discontinuo del área rural (incluye centros poblados	6,36	0,02
Pérdida moderada	Tejido urbano discontinuo del área urbana del municipio de Florencia	20,49	0,07

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 288 (Continuación). Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora Rio Hacha, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

MULTITEMPORAL	COBERTURA	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Pérdida moderada	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (400-750 msnm)	2,50	0,01
Pérdida severa	Bosque denso alto de tierra firme heterogéneo (200-400 msnm)	8,64	0,03
Pérdida severa	Bosque abierto alto de tierra firme Poco intervenido (750-1500 msnm)	5,28	0,02
Pérdida severa	Bosque de galería < 499 msnm	4,45	0,02
Pérdida severa	Bosque denso alto de tierra firme heterogéneo (750-1500 msnm)	34,43	0,12
Pérdida severa	Bosque fragmentado con pastos (400-750 msnm)	1,17	0,00
Pérdida severa	Bosque Ripario > 500 msnm	32,18	0,11
Pérdida severa	Gramas naturales	1.066,73	3,67
Pérdida severa	Mosaico de cultivos con espacios naturales (750-1500 msnm)	42,99	0,15
Pérdida severa	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (1500-2300 msnm)	28,49	0,10
Pérdida severa	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (400-750 msnm)	16,87	0,06
Pérdida severa	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (750-1500 msnm)	129,08	0,44
Pérdida severa	Mosaico de pastos con espacios naturales (400-750 msnm)	282,19	0,97
Pérdida severa	Mosaico de pastos con espacios naturales (750-1500 msnm)	237,39	0,82
Pérdida severa	Mosaico de pastos y cultivos (400-750 msnm)	21,31	0,07
Pérdida severa	Mosaico de pastos y cultivos (750-1500 msnm)	31,10	0,11
Pérdida severa	Pastos arbolados	192,87	0,66
Pérdida severa	Pastos enmalezados	94,89	0,33
Pérdida severa	Pastos mejorados	0,31	0,00
Pérdida severa	Pastos mejorados y gramas naturales	320,19	1,10
Pérdida severa	Red vial y terrenos asociados	66,10	0,23
Pérdida severa	Ríos, quebradas, caños	93,85	0,32
Pérdida severa	Tejido urbano continuo y discontinuo del área rural (incluye centros poblados	2,07	0,01
Pérdida severa	Tierras desnudas y degradadas	5,00	0,02
Pérdida severa	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (200-400 msnm)	3,30	0,01
Pérdida severa	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (400-750 msnm)	10,11	0,03
Pérdida severa	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (750-2300 msnm)	48,49	0,17
Pérdida severa	Vegetación secundaria baja o en transición de origen antrópico (750- 1500 msnm)	2,53	0,01

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 288 (Continuación). Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora Rio Hacha, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

MULTITEMPORAL	COBERTURA	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Pérdida severa	Zonas quemadas	6,24	0,02
Pérdida severa	Zonas taladas	8,43	0,03
Sin Cambio	Bosque de galería < 499 msnm	9,50	0,03
Sin Cambio	Bosque fragmentado con pastos (400-750 msnm)	2,63	0,01
Sin Cambio	Bosque Ripario > 500 msnm	3,00	0,01
Sin Cambio	Gramas naturales	538,86	1,86
Sin Cambio	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (750-1500 msnm)	37,05	0,13
Sin Cambio	Mosaico de pastos con espacios naturales (400-750 msnm)	58,11	0,20
Sin Cambio	Mosaico de pastos y cultivos (400-750 msnm)	27,86	0,10
Sin Cambio	Mosaico de pastos y cultivos (750-1500 msnm)	14,26	0,05
Sin Cambio	Pastos arbolados	168,78	0,58
Sin Cambio	Pastos enmalezados	32,89	0,11
Sin Cambio	Pastos mejorados	0,03	0,00
Sin Cambio	Pastos mejorados y gramas naturales	55,97	0,19
Sin Cambio	Red vial y terrenos asociados	0,33	0,00
Sin Cambio	Ríos, quebradas, caños	8,06	0,03
Sin Cambio	Tejido urbano continuo y discontinuo del área rural (incluye centros poblados	0,45	0,00
Sin Cambio	Tejido urbano discontinuo del área urbana del municipio de Florencia	0,19	0,00
Sin Cambio	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (200-400 msnm)	10,36	0,04
Sin Cambio	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (400-750 msnm)	16,34	0,06
Sin Cambio	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (750-2300 msnm)	13,63	0,05
Sin Cambio	Zonas taladas	0,01	0,00
Sin Cambio natural	Bosque abierto alto de tierra firme moderadamente intervenido (400-750 msnm)	84,31	0,29
Sin Cambio natural	Bosque abierto alto de tierra firme muy intervenido (200-400 msnm)	75,41	0,26
Sin Cambio natural	Bosque abierto alto de tierra firme Poco intervenido (750-1500 msnm)	226,90	0,78
Sin Cambio natural	Bosque de galería < 499 msnm	0,50	0,00
Sin Cambio natural	Bosque denso alto de tierra firme heterogéneo (400-750 msnm)	89,51	0,31
Sin Cambio natural	Bosque denso alto de tierra firme heterogéneo (750-1500 msnm)	6.445,56	22,20
Sin Cambio natural	Bosque denso bajo de tierra firme poco intervenido por el hombre (1500-2300 msnm)	10.772,24	37,10

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 288 (Continuación). Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora Rio Hacha, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

MULTITEMPORAL	COBERTURA	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Sin Cambio natural	Bosque denso bajo de tierra firme poco intervenido por el hombre (2300 -3000 msnm)	1.436,33	4,95
Sin Cambio natural	Bosque fragmentado con cultivos (750-1500 msnm)	29,44	0,10
Sin Cambio natural	Bosque fragmentado con pastos (400-750 msnm)	60,62	0,21
Sin Cambio natural	Bosque fragmentado con pastos (750-1500 msnm)	286,46	0,99
Sin Cambio natural	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	2.444,18	8,42
Sin Cambio natural	Bosque fragmentado con vegetación secundaria (400-750 msnm)	16,99	0,06
Sin Cambio natural	Bosque fragmentado con vegetación secundaria (750-1500 msnm)	444,70	1,53
Sin Cambio natural	Bosque Ripario > 500 msnm	18,28	0,06
Sin Cambio natural	Gramas naturales	257,68	0,89
Sin Cambio natural	Mosaico de cultivos con espacios naturales (750-1500 msnm)	40,61	0,14
Sin Cambio natural	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (400-750 msnm)	19,26	0,07
Sin Cambio natural	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (750-1500 msnm)	31,93	0,11
Sin Cambio natural	Mosaico de pastos con espacios naturales (200-400 msnm)	6,70	0,02
Sin Cambio natural	Mosaico de pastos con espacios naturales (750-1500 msnm)	34,86	0,12
Sin Cambio natural	Mosaico de pastos y cultivos (750-1500 msnm)	8,69	0,03
Sin Cambio natural	Pastos arbolados	179,80	0,62
Sin Cambio natural	Pastos enmalezados	96,67	0,33
Sin Cambio natural	Pastos mejorados	14,98	0,05
Sin Cambio natural	Pastos mejorados y gramas naturales	80,01	0,28
Sin Cambio natural	Red vial y terrenos asociados	10,64	0,04
Sin Cambio natural	Ríos, quebradas, caños	2,78	0,01
Sin Cambio natural	Tejido urbano continuo y discontinuo del área rural (incluye centros poblados	8,88	0,03
Sin Cambio natural	Tejido urbano discontinuo del área urbana del municipio de Florencia	0,09	0,00
Sin Cambio natural	Tierras desnudas y degradadas	23,48	0,08
Sin Cambio natural	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (200-400 msnm)	62,99	0,22
Sin Cambio natural	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (400-750 msnm)	202,81	0,70
Sin Cambio natural	Vegetación secundaria alta o de transición de origen antrópico (750-2300 msnm)	618,71	2,13

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

Tabla 288 (Continuación). Resultados del estado de las coberturas de la subcuenca abastecedora Rio Hacha, de la Cuenca Hidrográfica del Río Hacha

MULTITEMPORAL	COBERTURA	ÁREA (Ha)	ÁREA (%)
Sin Cambio natural	Vegetación secundaria baja o en transición de origen antrópico (200 - 750 msnm)	17,78	0,06
Sin Cambio natural	Vegetación secundaria baja o en transición de origen antrópico (750- 1500 msnm)	53,10	0,18
Sin Cambio natural	Zonas quemadas	23,47	0,08
Sin Cambio natural	Zonas taladas	70,18	0,24
ÁREA TOTAL		**29.036,50**	**100,00**

Fuente: Ecointegral Ltda. Contrato N°0390 de 2016

BIBLIOGRAFÍA

[1] Acevedo A. 2014. Gestión Integrada y Sostenible de los Recursos Hídricos Transfronterizos en la Cuenca del Río Amazonas considerando la Variabilidad y el Cambio Climático OTCA / GEF / PNUMA Componente II: Comprensión de la base de recursos naturales de la Cuenca del Río Amazonas Sub-proyecto II.3. Formulación del ADT– PAE de la Cuenca Amazónica. Informe final del adt nacional consolidado y lecciones aprendidas en relación a la metodologia ADT empleada.

[2] AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS, GUSTAVO MONTENEGRO, MARIO BARRAGAN. (2011). Petroleum geology of Colombia vol. 4

[3] AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS (ANH). (2009). Cartografía geológica de 51267.45km2, en la cuenca Caguán. Putumayo a partir de sensores remotos a escala 1:100.000Basto Salazar, C., I., (1983). “Estudio Analítico del Potencial Erosivo de la Lluvia”, Facultad de Ingeniería, Universidad Santo Tomás, Bogotá.

[4] Andrade Beltrán M. & Campos Hurtado D. 2015. Evaluación De Macroinvertebrados Como Bioindicadores De La Calidad Del Agua De La Quebrada La Sardina (Municipio Florencia, Caquetá) Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Biólogo. Universidad de La Amazonía.

[5] Basto Salazar, C., I., (1983). “Estudio Analítico del Potencial Erosivo de la Lluvia”, Facultad de Ingeniería, Universidad Santo Tomás, Bogotá.

[6] Catalunya, U. P. d., 2006. *Determinación simplificada de la demanda química de oxígeno por el método del dicromato,* s.l.: s.n.

[7] Carrera Sierra & Velasquez Valencia. 2011. Avifauna Del Corredor Biológico Andino Amazónico, Asociada A Gradientes De Intervención. Revista de la Universidad de la Amazonía Momentos de Ciencia 8(1), 2011, pp: 16 – 26

[8] Cepal & Patrimonio Natural. 2013. Amazonia posible y sostenible. Bogotá: Cepal y Patrimonio Natural. Conservación Internacional Colombia, 2016. BIOCUENCAS – Recursos hídricos y biodiversidad Andino-Amazonicos. Evaluacion Biológica Del Piedemonte Amazónico Colombiano

[9] Chow, V., T., Mays, L., W., Maidment, D., R., (1994). “Hidrología Aplicada”, McGraw-Hill, Santafé de Bogotá.

[10] Chow V.T., Maidment D.R., Mays L.W.,"Applied hydrology", McGraw-Hill International Editions, Civil Engineering Series, New York, U.S.A., 1988.

[11] Chow, Ven Te., "Handbook of applied hydrology", McGraw Hill Book Company, 1984.

[12] Carvajal Escobar, Y, Barroso, F, Reyes, A., (2010). Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas Universidad Del Valle.P-25.

[13] CORPOAMAZONIA, & UFJC, 2017. Informe Fuentes Secundarias. de Fauna Y Flora: Amazonía Colombiana. Caracterización Ecológica rápida de seis (6) áreas rurales identificados por CORPOAMAZONÍA, localizados en los departamentos de Putumayo, Caquetá y Amazonas como áreas susceptibles para la liberación de especímenes de fauna silvestre.

[14] CORPOAMAZONIA, & UFJC, 2017. Informe Técnico Caquetá. Caracterización Ecológica Rápica: Veredas Tarquí y Sarabando medio. Caracterización Ecológica rápida de seis (6) áreas rurales identificados por CORPOAMAZONÍA, localizados en los departamentos de Putumayo, Caquetá y Amazonas como áreas susceptibles para la liberación de especímenes de fauna silvestre.

[15] CORPOAMAZONIA, 2005. *Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Rio Hacha 2006 - 2025,* Florencia: s.n.

[16] CORPOAMAZONIA, 2010. *Caracterización cualitativa y cuantitativa de la calidad y cantidad del recurso hídrico superficial y vertimientos líquidos municipales en los Departamentos de Putumayo, Caquetá y Amazonas,* s.l.: s.n.

[17] CORPOAMAZONIA, 2012. *Caracterización fisicoquímica y microbiológica de los vertimientos priorizados por Corpoamazonía y de las fuentes hídricas receptoras de las cabeceras municipales ubicadas en el departamento del Amazonas,* s.l.: s.n.

[18] CORPOAMAZONIA, 2015. *Caracterización cualitativa y cuantitativa de la calidad y cantidad del recurso hídrico superficial en los departamentos de Putumayo y Caquetá,* s.l.: s.n.

[19] CORPOAMAZONIA, 2015. *Propuesta Preliminar de Cargas Contaminante,* Mocoa : s.n.

[20] Correa, L. C., (1997). “Convalidación del método para obtener curvas Intensidad – Duración – Frecuencia a partir de las lluvias máximas en 24 horas para la

zona norte de Colombia", Tesis de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.

[21] Defler *et ál*., 2010. *Callicebus caquetensis:* A New And Critically Endangered Titi Monkey From Southern Caquetá, Colombia. *Primate Conservation* 2010 (25): 1–9

[22] Defler *et ál*., 2016. Plan de Conservación de *Callicebus caquetensis*. Universidad Nacional de Colombia.

[23] Díaz Cháux & Velásquez Valencia. 2009. Aves de una laguna urbana en el piedemonte caqueteño colombiano. Momentos de Ciencia 6:(1), 2009.

[24] Documento Técnico De Identificación Y Caracterización De Aspectos Ambientales Del Municipio De Florencia, Departamento De Caquetá. Año desconocido. Corpoamazonia.

[25] Documento técnico Ecosistemas – El Medio Ambiente en Colombia. Disponible en http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/000001/cap7.pdf

[26] Espinal, L.S. & E. Montenegro. 1963. Formaciones vegetales de Colombia. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico: 221 pp. IGAC, Bogotá.

[27] Estrada González et ál., Estudio De Las Características Ambientales Del Bosque Los Balcanes Relacionadas Con Un Proyecto De Liberación *Agouti paca*. Revista de la Universidad de la Amazonía. *Momentos de Ciencia 8 (1), 2011, pp:73-77*

[28] Farfan G. & Calderon B. 2009. Inventario Y Caracterización De Los Humedales Urbanos Del Municipio De Florencia Caquetá. Alcaldía de Florencia. Corpoamazonia.

[29] Fondo de Adaptación (2014). Anexo Alcances técnicos. Consultoría Para El Ajuste Del Plan De Ordenación Y Manejo De La Cuenca Hidrográfica Del Río Hacha (4403-02), Localizada En El Departamento Del Caquetá En Jurisdicción De La Corporación Para El Desarrollo Sostenible Del Sur De La Amazonia (Corpoamazonia).

[30] Fundación ProAves (2014). El estado de las aves en Colombia 2014—. Prioridades de conservación de la avifauna colombiana. Conservación Colombiana 20.

[31] Gobernación de Caquetá. Política departamental para la gestión integral del recurso hídrico: estrategias para la protección, conservación y manejo

sustentable de humedales, cuerpos de agua y recurso hídrico general. Florencia, Caquetá, Gobernación de Caquetá. Octubre de 2015.

[32] Gutiérrez-Garaviz J. et ál., 2016. Macroinvertebrados Acuáticos Presentes En Dietas De Peces De La Cuenca Del Río Hacha (Caquetá, Colombia). Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat. 40(156):420-432, julio-septiembre de 2016 doi: http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.344

[33] Hernández O. & Naranjo L., Geografía del Piedemonte Antino – Amazónico. http://www.academia.edu/15363554/Geograf%C3%ADa_del_Piedemonte_Andino_Amaz%C3%B3nico

[34] Hernández, J., et ál., 1992. Unidades biogeográficas de Colombia. En: La Diversidad Biológica de Iberoamérica I. Primera Edición. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED-B). Instituto de Ecología, A.C. Secretaría del Desarrollo Social. p 105-149.

[35] Hewitt, Larry., (1999), “Mecánica de Fluidos”, McGraw-Hill, California.

[36] Hilty, S.L. & W.L. Brown. 2001. Guía de aves de Colombia. American Bird Conservancy-ABC, Colombia.

[37] Hjelmfelt, Jr. A., Cassidy, J. J., "Hydrology for Engineers and Planners", lowa State University Press, Ames, lowa, 1976

[38] Hurtado A. 1992. Amazonia colombiana: una puesta en lugar. pp. 13-24. En: Andrade G., Hurtado A. y Torres R. (eds). Amazonia colombiana, diversidad y con icto. Centro de Estudios Ganaderos y Agrícolas. Bogotá D.C.

[39] IAvH, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2013. Planeación Ambiental para la Conservación de la Biodiversidad en las Áreas Operativas de Ecopetrol, Bogotá, Colombia.

[40] IDEAM, 2013. *Formato Común Hoja Metodológica - Índice de calidad del agua en corrientes superficiales (ICA) ,* s.l.: s.n.

[41] IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Adscrito al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia. Sistema Nacional Ambiental (2014). “Estudio Nacional del Agua”. Bogotá D.C.

[42] IDEAM, VARGAS MARTÍNEZ N. O., GARCÍA HERRÁN M. eds. Zonificación y codificación de cuencas hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia. ISSN: 2346-472. Colombia. 2013.

[43] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, IDEAM. (2010) Estudio Nacional del Agua. Bogotá D.C. 420 p.

[44] IGAC (2014). Estudio general de suelos y zonificación de tierras departamento de Caquetá, escala 1.100.000. Instituto Geográfico Agustín Codazzi - Subdirección de Agrología. Bogotá D.C.: Imprenta Nacional de Colombia.

[45] IGAC (1993). Aspectos ambientales para el ordenamiento territorial del occidente del departamento de Caquetá. IGAC, Colciencias y Universidad Nacional de Colombia. Programa Tropenbos y Programa investigaciones para la Amazonia (INPA).

[46] INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI (IGAC). (2014). Estudio general de suelos y zonificación de tierras en el Caquetá.

[47] INVIAS [República de Colombia, Ministerio de Transporte, Instituto Nacional de Vías, Subdirección de Apoyo Técnico]. Manual de drenaje para Carreteras. Bogotá, Colombia. 2009.

[48] Hewitt, Larry., (1999), “Mecánica de Fluidos”, McGraw-Hill, California.

[49] JEAN FRANCOIS TOUSSAINT. (1974). Evolución geológica de Colombia (Introducción).

[50] KELLER E. A. AND PINTER N. Active tectonics: Earthquakes Uplift and Landscapes. Prentice Hall, New Jersey. 362p. 1996

[51] MAGETTE W.L., SHANHOLTZ V.O, CARR C.R. Estimating selected parameters for the Kentuchy Watershed Model from watershed characteristics. Water Resources Research, 12(3): 472-476. 1976

[52] MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE(2014). Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas. Bogotá D.C.

[53] MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN E INFORMACIÓN GEOCIENTÍFICA, MINERO AMBIENTAL Y NUCLEAR (I N G E O M I N A S), UNIDAD OPERATIVA IBAGUE, LUIS ARMANCO MURCIA. (1999). Reconocimiento geológico del Macizo de Garzón

[54] Manrique Losada, L. & Peláez Rodriguez, M., 2010. Evaluación de la calidad del agua de la quebrada La Perdiz en el área urbana de Florencia (Caquetá, Colombia). *Momentos de Ciencia.*

[55] Monsalve, G., (1999). "Hidrología en la Ingeniería", Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá D.C.

[56] Monsalve G., "Hidrología en la Ingeniería", Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Santafé de Bogotá D.C., julio de 1995

[57] Morales-Betancourt, M. A., C. A. Lasso, V. P. Páez y B. C. Bock. 2015. Libro rojo de reptiles de Colombia (2015). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Universidad de Antioquia. Bogotá, D. C., Colombia. 258 pp.

[58] Murcia-García U, Jaramillo O, Cañón F y Latorre J.P. 2016. Mapa de ecosistemas de la Amazonia colombiana del año 2012, segunda versión. Convenio Instituto SINCHI – Parques Nacionales Naturales. Bogotá, D. C. Incluye mapa impreso y síntesis de la memoria técnica. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi y Parques Nacionales Naturales. Bogotá D.C.

[59] Peña Núñez, Claros Morales. 2016. Preliminary study of the avifauna in the campus of the Amazonia University, in Florencia, Caquetá, Colombia. *Rev. Biodivers. Neotrop.* ISSN 2027-8918 e-ISSN 2256-5426 Enero-Junio 2016; *6 (1):* 85-92 DOI: 10.18636/bioneotropical.v6i1.352

[60] Perdomo Rojas et ál., 2012. Análisis De La Composición Espacial De La Comunidad De Peces De La Cuenca Media Del Río Hacha. Revista de la Universidad de la Amazonía. *Momentos de Ciencia 9(2) 2012, pp: 113 – 119*

[61] Pérez Rico et ál., 2001. Estructura Y Composición De La Comunidad Vegetal En La Reserva Natural El Manantial (Florencia – Caquetá). Revista de la Universidad de la Amazonía. *Momentos de Ciencia 8(2) 2011, pp: 84-91*

[62] Ponce Victor M. "Engineering hydrology, principles and practices", Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA, 1989.

[63] Poveda, G., Vélez, J.I., Mesa, O.J., Cuartas, A., Barco, J., Mantilla, R.I., Mejía, J.F., Hoyos, C.D., Ramírez, J.M., Ceballos, L.I., Zuluaga, M.D., Arias, P.A., Botero, B.A., Montoya, M.I., Giraldo, J.D. y Quevedo, D.I., 2007. Linking Long Term Water Balances and Statistical Scaling to Estimate River Flows along the Drainage Network of Colombia. Journal of Hydrologic Engineering, Vol. 12, No.1.

[64] Ramirez , A. & Viña, G., 1998. *Limnología colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis,* Bogotá: Editorial de la Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano..

[65] Ramirez, A., 1999. *Indices de contaminación para caracterización de aguas continentales y vertimientos. formulaciones,* Bogotá: Ecotest Ltda.

[66] Remeneiras G., "Tratado de hidrología aplicada", Editores Técnicos Asociados S.A., Barcelona, España, 1974.

[67] Rosa PAtiño, G. & Mesa Hernandez, J. P., 2002. • Diagnóstico preliminar de la calidad del agua y condiciones socioeconómicas presentes en el área de influencia de La Perdiz, municipio de Florencia, Caquetá, muestreo realizado en el año 2002.

[68] Ruiz et al., 2007. Diversidad biológica y cultural del sur de la Amazonia colombiana - Diagnóstico. CORPOAMAZONIA, Instituto Humboldt, Instituto Sinchi, UAESPNN, Bogotá D.C. 636 p.

[69] Pérez Sandoval et ál., *2012.* Listado Preliminar De Los Anfibios Y Reptiles Del Departamento Del Caquetá-Colombia. Revista de la Universidad de la Amazonía. *Momentos de Ciencia 9* (1), *2012, pp: 75 – 81.*

[70] Saldaña, M. & Ome, Y., 2005. • *Evaluación de la calidad del agua del río Hacha (Florencia, Caquetá) con enfásis en el contenido de carga orgánica y la aplicación de bioindicadores,* s.l.: s.n.

[71] SERVAF S.A E.S.P, 2013. *Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos - PSMV 2013 - 2024,* Florencia: s.n.

[72] SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO (SGC). (2015). Memoria explicativa de la plancha 413 escala 1:100.000, grupo sur zona A y zona B.

[73] SCHUMM S. Evolution of drainage systems and slopes in badland at Perth Amboy, New Jersey. Bulletin of Geological Society of America, 67, 597-646. 1956

[74] SCHUMM (1952): A tentative classification of alluvial river channels, Geol. Survey Circular, Vol 477, Washington. USA. 1952.

[75] Ricaurte, L.F et ál., 2015. Inventario y tipificación de humedales en la cuenca del río Orteguaza, Departamento del Caquetá, Amazonia colombiana. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi, Convención de Ramsar. Bogotá, Colombia. 128 p.

[76] Reservas Forestales. Amazonia. Zona de Reserva Forestal. Disponible en : http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/019679/Amazonia.pdf

[77] Secretaria de Ambiente y Desarrollo de Florencia, 2015. Diagnóstico e Inventario Faunístico Componente Íctico, Herpetológico y Mamífeross. Quebrada La Perdiz.

[78] Torres Perafan I. & Castro Ramon M. 2016. Estudio De Cambios De Coberturas Y Usos Del Suelo En La Cuenca Del Rio Hacha, Florencia-Caquetá. Trabajo de Grado presentado como opción para optar al título de Especialista en Información Geográfica. Universidad De Manizales.

[79] U. S. Army Corps Engineers, (2000). “Hydrologic Modeling System HEC-HMS” Technical Reference Manual, Hydrologic Engineering Center, Massachuusetts.

[80] Universidad Nacional. 2008. Ediciones Rangel. Colombia Diversidad Botica VII. Vegetación, Palinología y Paleontología de la Amazonía Colombiana

[81] Vargas, R., M. Díaz-Granados, (1998). “Curvas Sintéticas Regionalizadas de Intensidad-Duración-Frecuencia para Colombia,” XIII Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología, Cali.

[82] VÉLEZ J., A. BOTERO. Estimación del tiempo de concentración y tiempo de rezago en la cuenca experimental urbana de la quebrada San Luis, Manizales. Revista Dyna, 58-71. 2011.