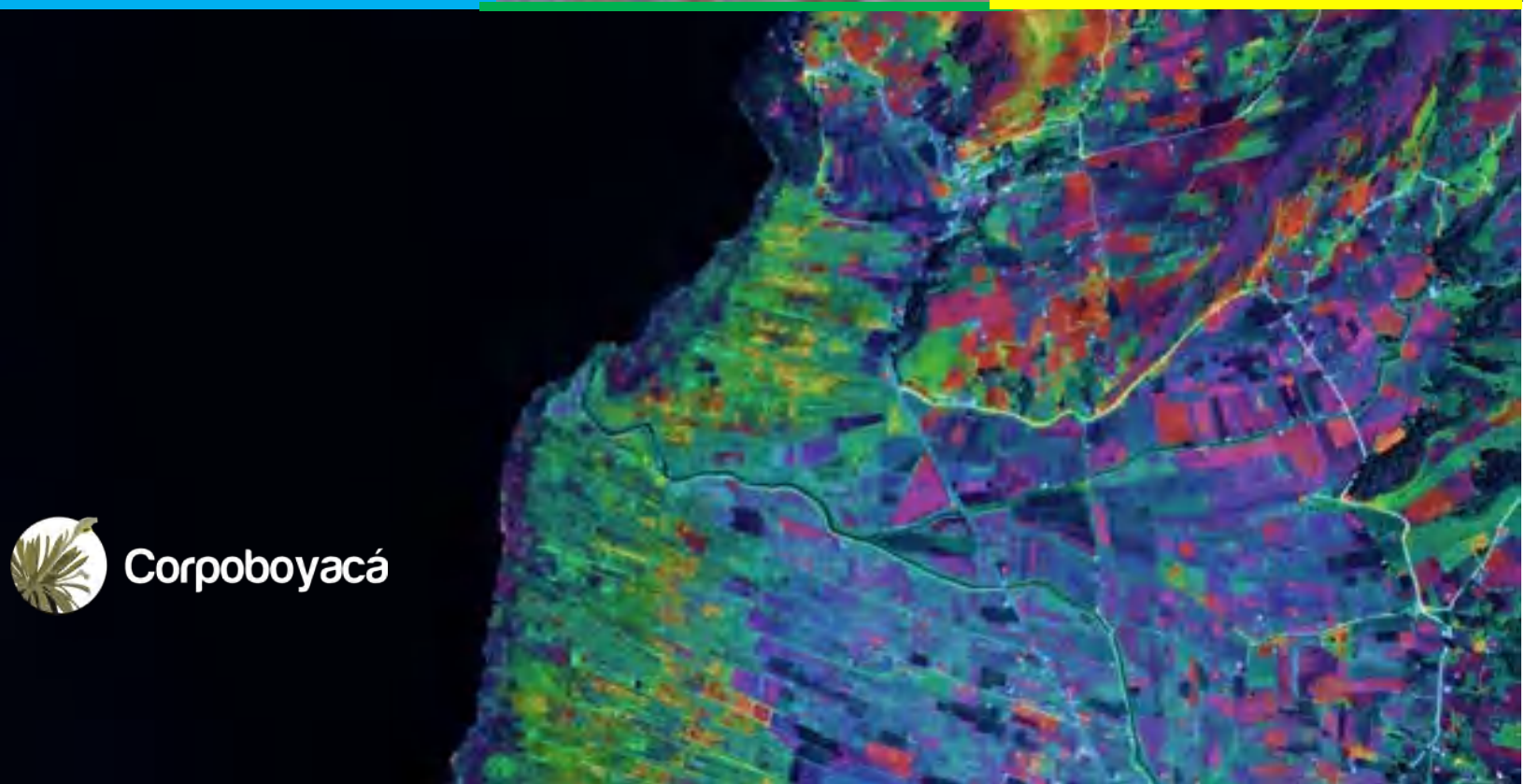
PORH LAGO DE TOTA

Formulación del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico - PORH del Lago de Tota y Ríos Tobal, Olarte, Hatolaguna y Las Quebradas La Mugre y Los Pozos



Corpoboyacá

Documento:

Producto 1: Declaratoria y Diagnostico

Versión Final

CONSULTORÍA PARA LA FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO - PORH DEL LAGO DE TOTA Y RÍOS TOBAL, OLARTE, HATOLAGUNA Y LAS QUEBRADAS LA MUGRE Y LOS POZOS (EL POZO)",

TABLA DE CONTENIDO

1 FASE 1: DECLARATORIA 10

2 FASE 2: DIAGNÓSTICO 11

2.1 Caracterización inicial 11

2.1.1 Delimitar el área de estudio 11

2.1.1.1 Cartografía básica IGAC (Escala 1:25000) 14

2.1.2 Ubicación del cuerpo de agua 18

2.1.3 Revisión de las Topo-batimetrías realizadas en el lago. 19

2.1.3.1 Topobatimetría para el Lago de Tota en el marco del proyecto regional "adaptación a los impactos del cambio climático en recursos hídricos en los andes" (AICCA) (2019-2020) 20

Afectación por factores climáticos: 26

2.1.3.2 Batimetría del Lago de Tota realizada por el IDEAM en 2014 27

2.1.3.3 Conclusiones 29

2.1.4 Definición preliminar de tramos o sectores de análisis 30

2.1.4.1 Análisis a escala de unidad hidrográfica 31

2.1.4.2 Características hidrográficas y morfométricas 31

2.1.4.3 Características geomorfológicas 50

2.1.4.4 Coberturas y uso del suelo 62

2.1.4.5 Uso del agua y permisos ambientales 78

2.1.4.6 Régimen de precipitación 92

2.1.4.7 Definición de zonas con características homogéneas 96

2.1.4.8 Análisis a escala de cuerpo de agua priorizado 104

2.1.4.9 Pendiente del cauce 104

2.1.4.10 Topobatimetría 113

2.1.4.11 Calidad del agua 114

2.1.4.12 Definición de los tramos y zonas homogéneas 124

2.1.5 Inventario de obras hidráulicas 214

2.1.6 Identificación y revisión de instrumentos de planificación ambiental e información existente 131

2.1.6.1 Análisis fuentes de información secundaria 131
2.1.6.2 Análisis a partir de la información secundaria 142
3 BIBLIOGRAFÍA 214

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Copia de resolución 421 de marzo del 2022 10
Figura 2. Ubicación político administrativa de la subzona hidrográfica y área de estudio 11
Figura 3. Ubicación del área de estudio. 13
Figura 4. Distribución planchas cartografía base IGAC 14
Figura 5.Delimitación del área de estudio y ubicación de los cuerpos de agua objeto de ordenamiento 16
Figura 6. Localización de los niveles subsiguientes donde se ubican los cuerpos de agua en ordenamiento 19
Figura 7 Ortomosaico ronda emergida del lago con resolución espacial de 6cm/px 22
Figura 8 Modelo de terreno integrado Lago de Tota 23
Figura 9 Ejemplo de no coincidencia de la curva de nivel con el ortomosaico. Borde del lago y curvas de nivel (CN) vs ortomosaico. CN verde=3015 m.s.n.m.; CN rosada=3015.4 m.s.n.m.; Línea amarilla=Borde Lago determinada inicialmente; Línea Roja gruesa=Borde límite Lago ajustado. 24
Figura 10 Curvas de capacidad del Lago de Tota obtenidas por AICCA 25
Figura 11 Curva de capacidad del Lago de Tota 28
Figura 12. Subzona hidrográfica Lago de Tota 32
Figura 13. Curva hipsométrica subzona hidrográfica Lago de Tota 34
Figura 14. Unidad hidrográfica de Nivel I Río Hatolaguna 35
Figura 15. Curva hipsométrica unidad hidrográfica de Nivel I río Hatolaguna 37
Figura 16. Desembocadura del río Olarte en el Lago de Tota 37
Figura 17. Unidad hidrográfica de Nivel I Quebrada Los Pozos 38
Figura 18. Curva hipsométrica unidad hidrográfica de Nivel I Quebrada Los Pozos 40
Figura 19. Unidad hidrográfica de Nivel I río Tobal 41
Figura 20. Curva hipsométrica unidad hidrográfica de Nivel I río Tobal 42
Figura 21. Unidades hidrográficas de Nivel II río Tobal 43
Figura 22. Unidad hidrográfica de Nivel I Quebrada La Mugre 45
Figura 23. Curva hipsométrica unidad hidrográfica de Nivel I Quebrada La Mugre 47
Figura 24. Unidad hidrográfica de Nivel I río Olarte 48
Figura 25. Curva hipsométrica unidad hidrográfica de Nivel I río Olarte 50
Figura 26. Unidades geomorfológicas presentes en la subzona hidrográfica Lago de Tota 52
Figura 27. Unidades geomorfológicas presentes en la unidad hidrográfica de nivel I río Hatolaguna 54
Figura 28. Unidades geomorfológicas presentes en la unidad hidrográfica de nivel I Quebrada Los Pozos 56

Figura 29. Unidades geomorfológicas presentes en la unidad hidrográfica de nivel I río Tobal 58
Figura 30. Unidades geomorfológicas presentes en la unidad hidrográfica de nivel I quebrada La Mugre . 60
Figura 31. Unidades geomorfológicas presentes en la unidad hidrográfica de nivel I río Olarte 62
Figura 32. Coberturas de la tierra para la subzona hidrográfica del Lago de Tota 65
Figura 33. Usos del suelo identificados en la subzona hidrográfica del Lago de Tota..... 67
Figura 34. Usos del suelo identificados en la Unidad hidrográfica de nivel I río Hatolaguna 69
Figura 35. Usos del suelo identificados en la Unidad hidrográfica de nivel I Quebrada Los Pozos 71
Figura 36. Usos del suelo identificados en la Unidad hidrográfica de nivel I río Tobal 73
Figura 37. Usos del suelo identificados en la Unidad hidrográfica de nivel I Quebrada La Mugre 75
Figura 38. Usos del suelo identificados en la Unidad hidrográfica de nivel I río Olarte 77
Figura 39. Concesiones de agua identificadas en el Lago de Tota 81
Figura 40. Distribución porcentual del uso del agua en la subzona del Lago de Tota de acuerdo con el caudal asignado mediante Resolución 1539 de 2012 82
Figura 41. Vertimientos identificados en la subzona hidrográfica del Lago de Tota 83
Figura 42. Concesiones de agua identificadas en la unidad hidrográfica de nivel I del río Hatolaguna..... 84
Figura 43. Concesiones de agua identificadas en la unidad hidrográfica de nivel I la quebrada Los Pozos 86
Figura 44. Concesiones de agua identificadas en la unidad hidrográfica de nivel I río Tobal..... 87
Figura 45. Concesiones de agua identificadas en la unidad hidrográfica de nivel I quebrada La Mugre..... 89
Figura 46. Vertimientos presentes en la unidad hidrográfica de Nivel I de la quebrada La Mugre 91
Figura 47. Concesiones de agua identificadas en la unidad hidrográfica de nivel I río Olarte 92
Figura 48. Régimen mensual multianual de precipitación para las estaciones analizadas..... 94
Figura 49. Polígonos de Thiessen obtenidos para la subzona hidrográfica del Lago de Tota 95
Figura 50. Vista panorámica de un sector de la unidad hidrográfica de Nivel I río Hatolaguna 97
Figura 51. Vista panorámica de un sector de la unidad hidrográfica de Nivel I Quebrada Los Pozos 98
Figura 52. Vista panorámica de un sector de la unidad hidrográfica de Nivel I Río Tobal..... 99
Figura 53. Vista panorámica de un sector de la unidad hidrográfica de Nivel I Quebrada La Mugre 100
Figura 54. Vista panorámica de un sector de la unidad hidrográfica de Nivel I Río Olarte 101
Figura 55.Zonas con características físicobióticas homogéneas identificadas en la subzona del Lago de Tota 103
Figura 56. Perfil del cauce principal río Hatolaguna 105
Figura 57. Sector del río Hatolaguna 105
Figura 58. Perfil del cauce principal Quebrada Los Pozos 106
Figura 59. Sector de la Quebrada Los Pozos..... 107
Figura 60. Perfil del cauce principal del río Tobal..... 108
Figura 61. Sector del río Tobal 109
Figura 62. Perfil del cauce principal Quebrada La Mugre..... 110
Figura 63. Sector de la quebrada La Mugre 111
Figura 64. Perfil del cauce principal Quebrada La Mugre..... 112
Figura 65. Desembocadura del río Olarte en el Lago de Tota..... 112

Figura 66. Topobatimetría del Lago de Tota 113
Figura 67. Ubicación y polígonos de Thiessen de las estaciones de calidad del agua ubicadas en el Lago de Tota 114
Figura 68. Resultados de monitoreo de calidad del agua para julio de 2020 en las estaciones del Lago de Tota 115
Figura 69. Resultados de monitoreo de calidad del agua para septiembre de 2020 en las estaciones del Lago de Tota 116
Figura 70. Resultados de monitoreo de calidad del agua para diciembre de 2020 en las estaciones del Lago de Tota 117
Figura 71. Resultados de monitoreo de calidad del agua para julio de 2021 en las estaciones del Lago de Tota 118
Figura 72. Resultados de monitoreo de calidad del agua para julio de 2021 en las estaciones del Lago de Tota 119
Figura 73. Resultados de monitoreo de calidad del agua para septiembre de 2021 en las estaciones del Lago de Tota 120
Figura 74. Resultados de monitoreo de calidad del agua para diciembre de 2021 en las estaciones del Lago de Tota 121
Figura 75. Resultados de monitoreo de calidad del agua para marzo de 2022 en las estaciones del Lago de Tota 122
Figura 76. Áreas homogéneas propuestas para el Lago de Tota 124
Figura 77. Áreas homogéneas propuestas para el Lago de Tota 125
Figura 78. Tramos propuestos para el río Hatolaguna 126
Figura 79. Tramos propuestos para la quebrada Los Pozos 127
Figura 80. Tramos propuestos para el río Tobal 128
Figura 81. Tramos propuestos para la quebrada La Mugre 129
Figura 82. Tramos propuestos para el río Olarte 130
Figura 83. Localización de las estructuras identificadas en el área de estudio 216
Figura 84 Numero de documentos consultados por fuente de información 136
Figura 85 Escala de cobertura territorial de las fuentes de información 137
Figura 86 Tipo de documento 138
Figura 87 Actualidad de la información 139
Figura 88 Pertinencia de la información 140
Figura 80 Fiabilidad de la información 141
Figura 90 Calidad de la información 142
Figura 91 Conflicto de uso de suelo cuenca Lago de Tota 173
Figura 92. Conservación del recurso hídrico cuenca del Lago de Tota 174
Figura 93 Zonificación Cobertura Uso de suelo en la cuenca del Lago de Tota 175
Figura 94 Resultados de analisis pH. 179
Figura 95 Resultados de analisis Turbiedad. 180

Figura 96 Resultados de analisis Dureza total 180
Figura 97 Delimitación del litoral del Lago de Tota, ubicación de los puntos de georreferencia límites de la macròfita 196
Figura 98. Localización del área de estudio y los puntos de colectas de muestras de las fuentes tributarias del Lago de Tota y algunas zonas lacustres 197
Figura 99 Análisis de componentes principales entre las variables fisicoquimicas e hidrobiologicos (macroinvertebrados) en dos puntos del Lago de Tota 201
Figura 100 Análisis de componentes entre las variables fisicoquímicas e hidrobiológicos (macroinvertebrados) en la quebrada Olarte de la cuenta del Lago de Tota 202
Figura 101 Análisis de componentes entre las variables fisicoquimicas e hidrobiologicas (macroinvertebrados) del río tobal de la cuenca del Lago de Tota 203
Figura 102 Análisis de componentes entre las variables fisicoquímicas e hidrobiológicas de la quebrada hato laguna de la cuenca del Lago de Tota 204
Figura 103 Variación cota de nivel (2020 - 2021) y ubicación de muestreos. Datos Corpoboyacá 207
Figura 104 Análisis Expresión de Fósforo Total (PT) en los períodos de muestreo. 208
Figura 105 Análisis Expresión de la Clorofila a (Chl-a) en los períodos de muestreo. 209
Figura 106 Análisis Expresión de Nitrógeno Total (NT) en los períodos de muestreo. 210
Figura 107 Resultados del Índice de contaminación trófico (ICOTRO), puntos de muestreo - tributarios . 211

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Sistema de codificación de unidades hidrográficas 12
Tabla 2 Codificación Cuenca Lago de Tota 12
Tabla 3 Planchas cartografía base 14
Tabla 4 Resumen de áreas municipal 17
Tabla 5 Resumen de áreas veredas 17
Tabla 6. Unidades hidrográficas dentro de las cuales se ubican los cuerpos de agua en ordenamiento ... 18
Tabla 7. Características morfométricas de la subzona hidrográfica Lago de Tota 33
Tabla 8. Características morfométricas de la unidad hidrográfica de Nivel I río Hatolaguna 36
Tabla 9. Características morfométricas de la unidad hidrográfica de Nivel I Quebrada Los Pozos 39
Tabla 10. Características morfométricas de la unidad hidrográfica de Nivel I río Tobal 42
Tabla 11. Unidades hidrográficas de Nivel II río Tobal 44
Tabla 12. Características morfométricas de la unidad hidrográfica de Nivel I Quebrada La Mugre 46
Tabla 13. Características morfométricas de la unidad hidrográfica de Nivel I río Olarte 49
Tabla 14. Unidades geomorfológicas presentes en la subzona hidrográfica Lago de Tota 50
Tabla 15. Unidades geomorfológicas presentes en la unidad hidrográfica de nivel I río Hatolaguna 53
Tabla 16. Unidades geomorfológicas presentes en la unidad hidrográfica de nivel I quebrada Los Pozos . 55
Tabla 17. Unidades geomorfológicas presentes en la unidad hidrográfica de nivel I río Tobal 57
Tabla 18. Unidades geomorfológicas presentes en la unidad hidrográfica de nivel I quebrada La Mugre .. 59
Tabla 19. Unidades geomorfológicas presentes en la unidad hidrográfica de nivel I río Olarte 61

Tabla 20. Coberturas de la tierra 63
Tabla 21. Usos del suelo identificados en la subzona hidrográfica del Lago de Tota 66
Tabla 22. Usos del suelo identificados en la Unidad hidrográfica de nivel I río Hatolaguna 68
Tabla 23. Usos del suelo identificados en la Unidad hidrográfica de nivel I Quebrada Los Pozos 70
Tabla 24. Usos del suelo identificados en la Unidad hidrográfica de nivel I río Tobal 72
Tabla 25. Usos del suelo identificados en la Unidad hidrográfica de nivel I Quebrada La Mugre 74
Tabla 26. Usos del suelo identificados en la Unidad hidrográfica de nivel I río Olarte 76
Tabla 27. Concesiones de agua actuales en la subzona hidrográfica del Lago de Tota 78
Tabla 28. Concesiones actuales en la subzona hidrográfica del Lago de Tota 79
Tabla 29. Vertimientos asociados a los puntos de descarga del sistema de alcantarillado sanitario de la zona urbana del municipio de Aquitania 90
Tabla 30. Precipitación Total Anual asociada a cada estación meteorológica 93
Tabla 31. Zonas con características físicobióticas homogéneas identificadas en la subzona del Lago de Tota 101
Tabla 32. Resultados de monitoreo de calidad del agua para julio de 2020 en las estaciones del Lago de Tota 115
Tabla 33. Resultados de monitoreo de calidad del agua para septiembre de 2020 en las estaciones del Lago de Tota 116
Tabla 34. Resultados de monitoreo de calidad del agua para diciembre de 2020 en las estaciones del Lago de Tota 117
Tabla 35. Resultados de monitoreo de calidad del agua para marzo de 2021 en las estaciones del Lago de Tota 118
Tabla 36. Resultados de monitoreo de calidad del agua para junio de 2021 en las estaciones del Lago de Tota 119
Tabla 37. Resultados de monitoreo de calidad del agua para septiembre de 2021 en las estaciones del Lago de Tota 120
Tabla 38. Resultados de monitoreo de calidad del agua para diciembre de 2021 en las estaciones del Lago de Tota 121
Tabla 39. Resultados de monitoreo de calidad del agua para marzo de 2022 en las estaciones del Lago de Tota 122
Tabla 38. Resultados de monitoreo de calidad del agua para junio de 2022 en las estaciones del Lago de Tota 123
Tabla 41. Tramos propuestos para el río Hatolaguna 126
Tabla 42. Tramos propuestos para la quebrada Los Pozos 127
Tabla 43. Tramos propuestos para el río Tobal 128
Tabla 44. Tramos propuestos para la quebrada La Mugre 129
Tabla 45. Tramos propuestos para el río Olarte 130
Tabla 46. Estructuras hidráulicas identificadas por expedientes activos en la corporación 214

Tabla 47. Modelo de la matriz empleada para el registro, caracterización y valoración de la información secundaria recopilada 132
Tabla 48 Guía para el diligenciamiento del modelo de la matriz empleada para el registro, caracterización y valoración de la información secundaria recopilada 132
Tabla 49 Fuentes de información 135
Tabla 50. Microcuencas del páramo Siscuensí en las veredas Las Cintas y Las Cañas 160
Tabla 51. Parámetros fisicoquímicos en ecosistemas acuáticos de alta montaña (mg/l) 162
Tabla 52 Fuentes hídricas reglamentadas o en proceso de reglamentación, en la jurisdicción de Corpoboyacá. 167
Tabla 53 Oferta y demanda de recurso hídrico por cuenca 168
Tabla 54 Fuentes hídricas reglamentadas o en proceso de reglamentación, en la jurisdicción de Corpoboyacá. 169
Tabla 55 Oferta Cobertura de Uso de suelo cuenca del Lago de Tota 175
Tabla 56 Resultados análisis físico – químicos de agua, acueducto Chacón. 181
Tabla 57 Cuadro resumen de los análisis físico químicos, sector rural. 181
Tabla 58 Coordenadas de los puntos de monitoreo hidrobiológico de las fuentes loticas y lenticas de la Cuenca del Lago de Tota 198
Tabla 48 Clasificación de calidad de aguas y su significado ecológico según el índice BMWP/Col 199
Tabla 60 Valores del índice BMWP/Col para los ríos y quebradas tributarios de la cuenca del Lago de Tota 200
Tabla 61 Resultados aspectos físicos y químicos para tributarios - marzo 2021 205
Tabla 62 Resultados aspectos físicos y químicos para lago- marzo 2021 206
Tabla 63 Valores del Índice de estado trófico (IETM) - puntos de muestreo 211

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz revisión y valoración

1 FASE 1: DECLARATORIA

La Autoridad Ambiental competente mediante resolución 421 del 2022, declaró en ordenamiento el cuerpo de agua y definió un cronograma de trabajo, de acuerdo con las fases previstas para el proceso.

La declaratoria, incluida dentro del ejercicio como una de las fases del ordenamiento, se realizó mediante resolución motivada por Corpoboyacá, conforme a las competencias y tiene por objeto dar inicio al proceso de ordenamiento por medio de la cual se declara en ordenamiento el recurso hídrico del Lago de Tota y ríos Tobal, Olarte, Hato laguna, y las quebradas La Mugre y Los Pozos (El Pozo), en jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá – Corpoboyacá.

Figura 1. Copia de resolución 421 de marzo del 2022

Corpoboyacá

República de Colombia
Corporación Autónoma Regional de Boyacá
Secretaría General y Jurídica

RESOLUCIÓN No.

2 MAR 2022 - - 0 0 4 2 1

Por medio de la cual se declara en ordenamiento el recurso hídrico del Lago de Tota y ríos Tobal, Olarte, Hato Laguna y las Quebradas La Mugre y Los Pozos (El Pozo), en jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá – Corpoboyacá.

EL DIRECTOR GENERAL DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE BOYACÁ - CORPOBOYACÁ, EN USO DE SUS FACULTADES LEGALES Y ESTATUTARIAS, CONFERIDAS ESPECIALMENTE POR LAS LEYES 99 DE 1993 Y 1450 DE 2011, Y

CONSIDERANDO:

Que la Constitución Política de Colombia en su artículo 8°, consagra deberes compartidos entre el Estado y los particulares como la obligación de proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación, obligaciones exclusivas que convergen en proteger los recursos naturales del país y velar por la conservación del ambiente sano.

Que la Constitución Política de Colombia en sus artículos 79 y 80 establece que es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación ambiental para garantizar el derecho de todas las personas a gozar de un ambiente sano; así como la de planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución; debiendo igualmente, prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

Que, por su parte, el artículo 7° de la Ley 99 de 1993, define el ordenamiento ambiental del territorio como: "(...) la función atribuida al Estado de regular y orientar el proceso de diseño y planificación de uso del territorio y de los recursos naturales renovables de la nación, a fin de garantizar su adecuada explotación y su desarrollo sostenible. (...)"

Que el numeral 2 del artículo 31 de la Ley 99 de 1993, señala que, dentro de las funciones de las Corporaciones Autónomas Regionales, estará la de "(...) Ejercer la función de máxima autoridad ambiental en el área de su jurisdicción, de acuerdo con las normas de carácter superior y conforme a los criterios y directrices trazados por el Ministerio del Medio Ambiente (...)"

Que asimismo la norma ella... establece que las Corporaciones Autónomas Regionales ejercen las funciones de evaluación, control y seguimiento ambiental de los usos del agua y demás recursos naturales renovables; asignándoles en los numerales 10 y 12 ibídem, la competencia para fijar en el área de su jurisdicción, los límites permisibles de descarga, transporte o depósito de sustancias, productos, compuestos o cualquier otra materia que puedan afectar el medio ambiente o los recursos naturales renovables y prohibir, restringir o regular la fabricación, distribución, uso, disposición o vertimiento de sustancias causantes de degradación ambiental.

Que en el año 2010, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), expidió la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH), cuyo objetivo general es "Garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, mediante la gestión y el uso eficiente y eficaz del agua, gestión que se debe articular a los procesos de ordenamiento y uso del territorio y a la conservación de los ecosistemas que regulan la oferta hídrica, considerando el agua como factor de desarrollo

Fuente: Corpoboyacá 2022, Consorcio PORH Lago de Tota 21

2 FASE 2: DIAGNÓSTICO

2.1 Caracterización inicial

2.1.1 Delimitar el área de estudio

En el marco del decreto 1076 de 2015 por medio del cual se expide el decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible, y en el que se encuentra entre los instrumentos técnicos para la administración del recurso hídrico el plan de ordenamiento del recurso hídrico como primera instancia, por el que se orienta y se brinda soporte técnico para aplicar otros instrumentos de control de la contaminación y gestión de demanda de agua; se propone la formulación del plan de ordenamiento del recurso hídrico Lago de Tota, que comprende los municipios de Tota, Sogamoso, Aquitania y Cuitiva, los cuales se encuentran bajo la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá - Corpoboyacá.

Figura 2. Ubicación político administrativa de la subzona hidrográfica y área de estudio

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

Estableciendo que según el decreto No. 1729 de 2002 se aclara, “Entiéndese por cuenca u hoya hidrográfica el área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red natural con uno o

varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar." Y que está delimitada por una línea de divorcio de las aguas según el mismo decreto.

En el contexto inmediato, la cuenca del Lago de Tota se encuentra delimitada y codificada según codificación del IDEAM a partir del área hidrográfica, la zona y la subzona hidrográficas como se muestra a continuación.

Tabla 1 Sistema de codificación de unidades hidrográficas

CODIFICACIÓN DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS					
2	3	08	03	05	16
Área Hidrográfica	Zona Hidrográfica	Subzona Hidrográfica	Nivel I Unidades Hidrográficas	Nivel II Unidades Hidrográficas	Nivel III Unidades Hidrográficas

Fuente: Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidro ecológicas de Colombia

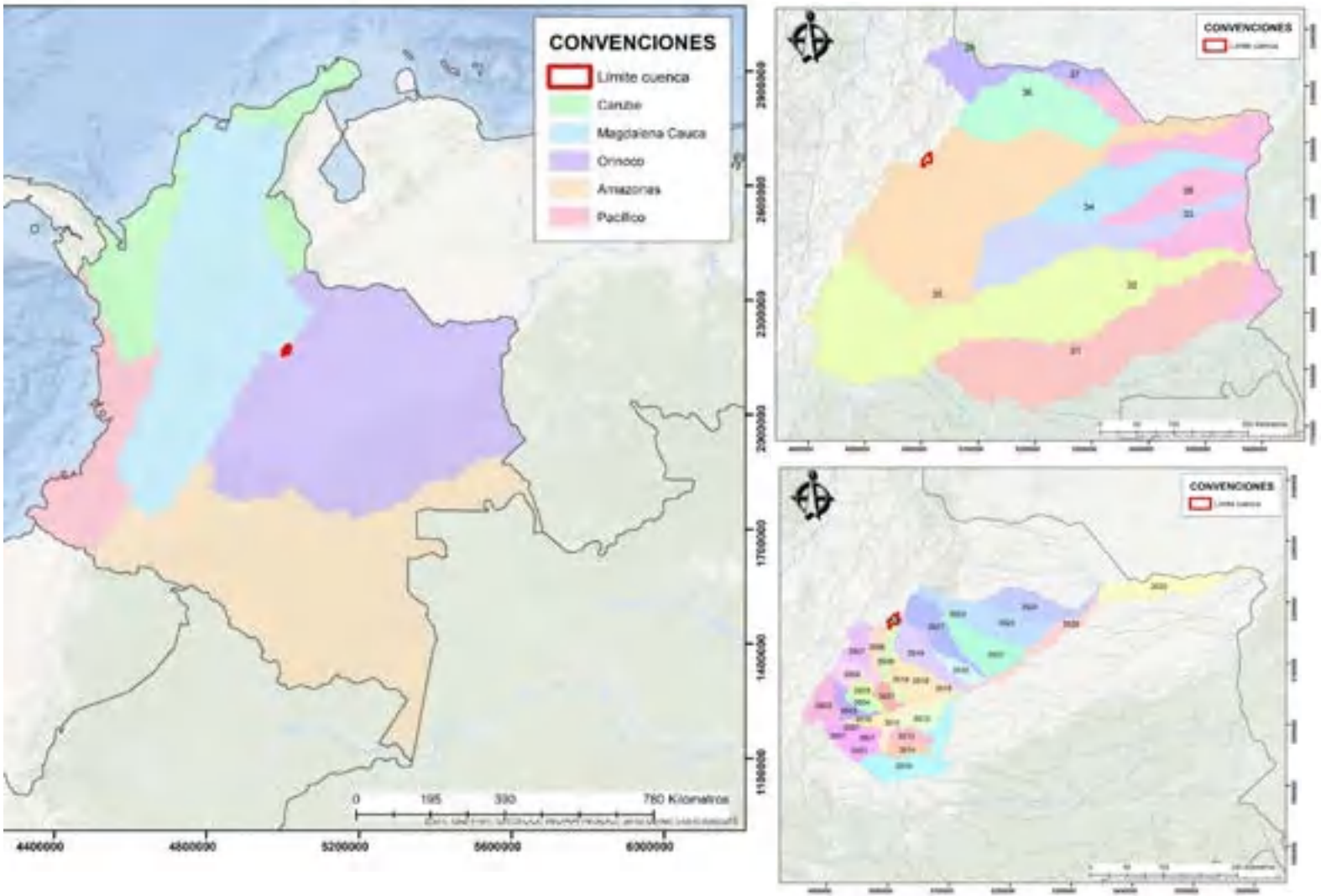
Y para la cuenca Lago de Tota corresponde a:

Tabla 2 Codificación Cuenca Lago de Tota

Codificación Cuenca Lago de Tota	
Área Hidrográfica	3
Zona Hidrográfica	5
Subzona Hidrográfica	16

Que hace referencia a el área hidrográfica del Orinoco y a la zona geográfica del meta.

Figura 3. Ubicación del área de estudio.



Fuente: Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidro ecológicas de Colombia

2.1.1.1 Cartografía básica IGAC (Escala 1:25000)

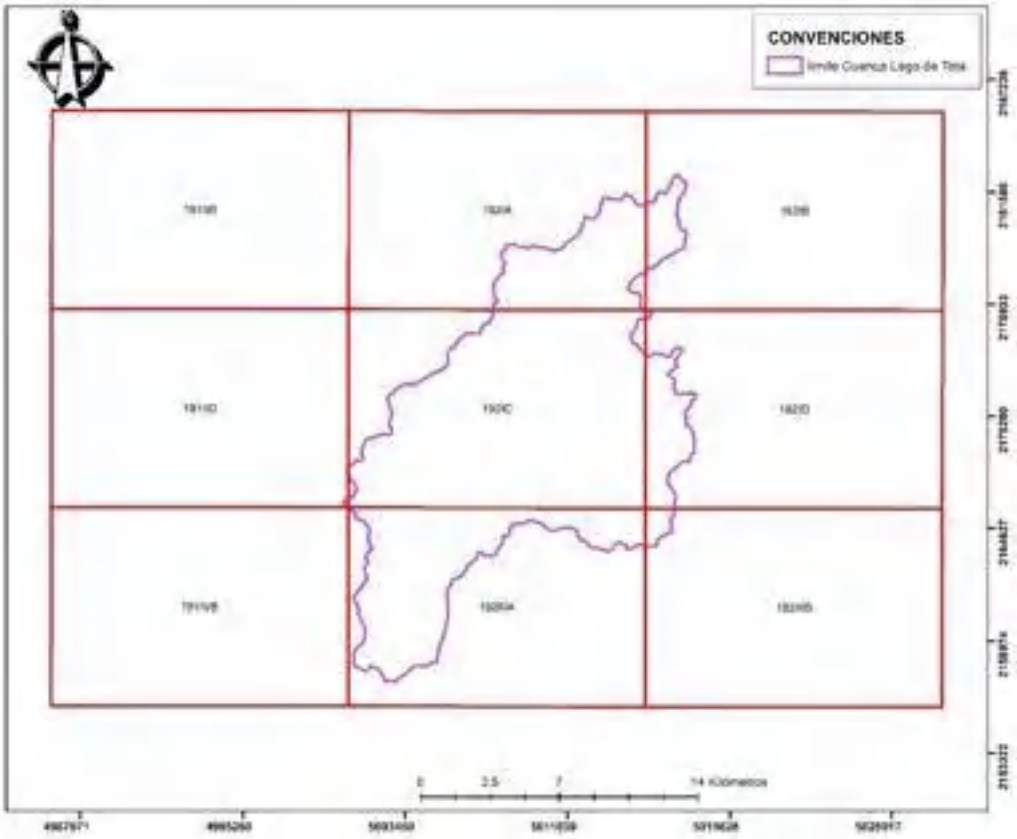
Se adquiere para el consorcio PORH Lago de Tota la cartografía base oficial para la zona de estudio en escala 1:25000 adquirida en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), entidad encargada de producir la cartografía básica de Colombia.

La base cartográfica entregada contiene un total de nueve planchas a escala 1:25.000 con el sistema de coordenadas en origen único nacional CTM 12 las cuales corresponden a las siguientes planchas:

Tabla 3 Planchas cartografía base

191IIB	192IA	192IB
191IID	192IC	192IB
191IVB	192IIIA	192IIIB

Figura 4. Distribución planchas cartografía base IGAC



Fuente: Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidro ecológicas de Colombia

Estas planchas se encuentran compiladas en una base de datos geográfica con el sistema de coordenadas ya especificado.

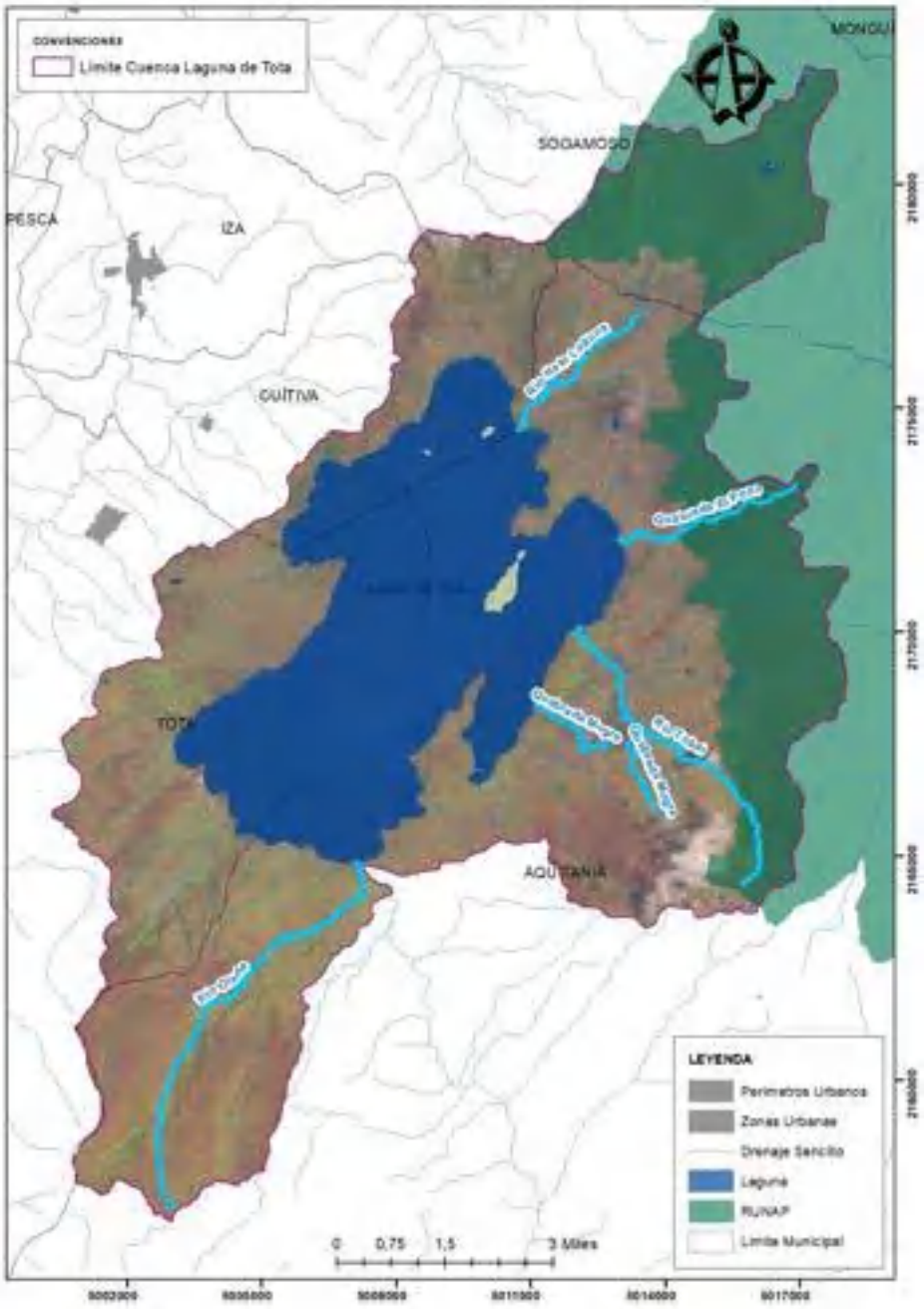
La cartografía básica recopilada incluye datos de:

- Cobertura vegetal
- Edificación obra civil
- Entidades territoriales
- Transporte terrestre
- Transporte aéreo
- Transporte marítimo
- Instalación construcciones para transporte
- Superficies de agua
- Relieve

Los principales criterios que se tuvieron en cuenta para lograr la delimitación del área de trabajo fueron los siguientes:

a) Empalme con las cuencas hidrográficas del Alto Chicamocha y Cusiana delimitadas a escala 1:25.000 puesto que se contaba con los limites concertados.
b) Empalme con la cuenca hidrográfica del Alto Chicamocha eliminando el área ocupada por el municipio de Iza.
c) Modificación del límite IDEAM, como polígono base para la delimitación al Norte y Sur de la cuenca de Lago de Tota.
d) Cota máxima de las curvas de nivel.
e) Se procura no cortar curvas de nivel ni drenajes y se verifica el flujo del drenaje con respecto al punto máximo; los cuerpos de agua lenticos y loticos se tienen en cuenta en el límite de la cuenca.
f) Limite suministrado por Corpoboyacá en los estudios previos

Figura 5.Delimitación del área de estudio y ubicación de los cuerpos de agua objeto de ordenamiento



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

Es necesario tener en cuenta la división político-administrativa municipal de la cuenca al momento de llevar a cabo la ordenación del territorio debido a la participación de los diferentes entres de control y planeación en las diversas actividades a ejecutar. Teniendo en cuenta lo anteriormente dicho, se trabaja con información base a escala 1:25.000 asociada a la división político-administrativa tanto departamental como municipal

para todo el desarrollo temático del proyecto, información obtenida del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, entidad encargada de producir la cartografía base del país a escalas 1:500000, 1:100000 y 1:2500000 para su libre descarga.

De igual forma se muestra la relación de las áreas de cada municipio y veredas, y el porcentaje que ocupa la cuenca del Lago de Tota en cada una de estas.

Tabla 4 Resumen de áreas municipal

MUNICIPIO	***ÁREA TOTAL MUNICIPIO (ha)***	***ÁREA DEL MUNICIPIO EN LA CUENCA (ha)***	***PORCENTAJE QUE OCUPA CADA MUNICIPIO EN LA CUENCA (%)***
Aquitania	*94214,66032*	*13944,449251*	*61,77*
Tota	*19604,609627*	*4707,174234*	*20,85*
Sogamoso	*20892,637697*	*1857,959751*	*8,23*
Cuitiva	*4413,319367*	*2061,653089*	*9,13*

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

Tabla 5 Resumen de áreas veredas

MUNICIPIO	**VEREDA**	**ÁREA TOTAL VEREDA (ha)**	**ÁREA VEREDA EN LA CUENCA LAGO DE TOTA (ha)**
AQUITANIA	PÉREZ	1340,210	1024,928
	QUEBRADAS	20,093	20,093
	VARGAS	181,878	181,878
	HATO VIEJO	2228,942	1995,890
	EL CAJÓN	758,637	735,779
	SUSACA	1055,548	829,652
	TOBAL	536,430	507,105
	HIRVA	11713,975	0,000
	SORIANO	6404,423	1,063
	TOQUILLA	16648,652	24,560
	HATO LAGUNA	5020,260	4321,363
	SUSE	12446,284	3016,613
	DAITO	2885,196	1105,800
CUÍTIVA	BOQUERÓN	232,184	83,447
	ARBOLOCOS	139,700	53,376
	BUITREROS	678,687	639,377
	CORDONCILLOS	252,841	0,997
	AMARILLOS	362,303	319,020
SOGAMOSO	LAS CINTAS	1827,375	1728,190
	LAS CAÑAS	4100,005	10,337
	MORTIÑAL	2347,931	112,416

MUNICIPIO	VEREDA	ÁREA TOTAL VEREDA (ha)	ÁREA VEREDA EN LA CUENCA LAGO DE TOTA (ha)
	PILAR Y CEIBITA	1428,360	0,244
	SEGUNDA CHORRERA	1570,764	5,937
	PRIMERA CHORRERA	1420,401	3,974
TOTA	GUAQUIRA	1119,143	668,070
	TOTA	1102,904	501,235
	LA PUERTA	1505,533	1489,034
	TOBAL	1207,323	82,455
	TOQUECHA	1603,611	158,532
	RANCHERIA	1067,066	0,268

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

2.1.2 Ubicación del cuerpo de agua

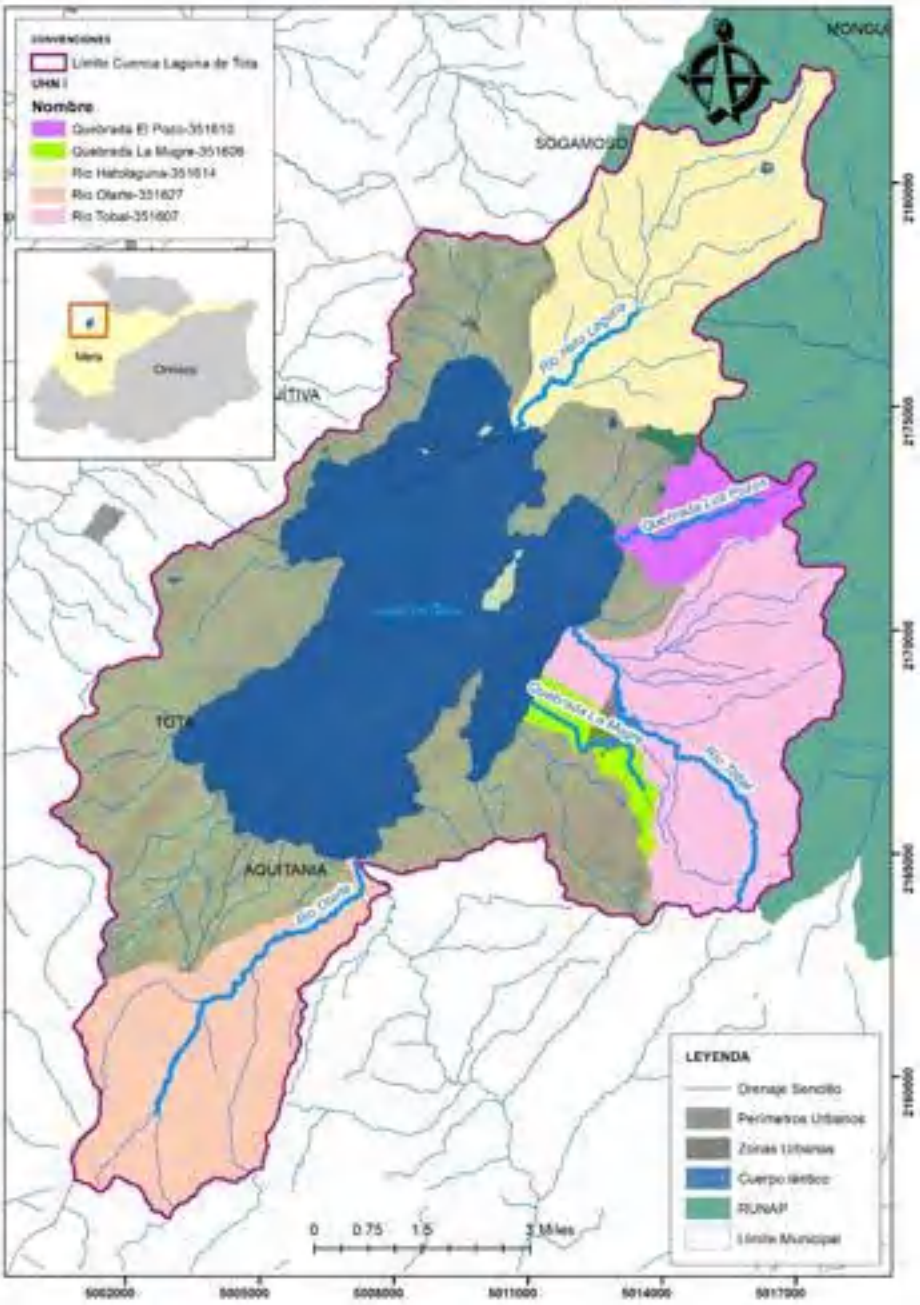
De acuerdo con la Zonificación y Codificación de Unidades Hidrográficas e Hidrogeológicas de Colombia (IDEAM, 2013), al subzona hidrográfica del Lago de Tota se ubica dentro del área Hidrográfica del Orinoco y la zona hidrográfica del río Meta, mientras que a su vez, de acuerdo con proyecto AICCA (GEF, CAF, CONDENSAN, 2021) la subzona hidrográfica del Lago de Tota se divide en 27 unidades hidrográficas las cuales fueron revisadas y tomadas como base para la definición de las 5 unidades hidrográficas de Nivel I en donde se ubican los cuerpos de agua en ordenamiento. La codificación de dichas unidades se presenta en la Tabla 6, mientras que su ubicación se presenta en la Figura 6.

Tabla 6. Unidades hidrográficas dentro de las cuales se ubican los cuerpos de agua en ordenamiento

Área Hidrográfica		Zona Hidrográfica		Subzona Hidrográfica		Unidad Hidrográfica de Nivel I	
Código	Nombre	Código	Nombre	Código	Nombre	Código	Nombre
3	Orinoco	35	Meta	3516	Lago de Tota	351614	Río Hatolaguna
						351610	Quebrada Los Pozos
						351607	Río Tobal
						351606	Quebrada La Mugre
						351627	Río Olarte

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

Figura 6. Localización de los niveles subsiguientes donde se ubican los cuerpos de agua en ordenamiento



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

2.1.3 Revisión de las Topo-batimetrías realizadas en el lago.

Conforme a lo establecido en el Anexo Técnico para la "Consultoría para la Formulación del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico - PORH del Lago de Tota y Ríos Tobal, Olarte, Hatolaguna y las Quebradas La Mugre y los pozos (el pozo)", en el presente documento se muestra la revisión de las topobatimetrías realizadas en el Lago de Tota, correspondientes a la topobatimetría realizada por el IDEAM

en el año 2020, en el marco del proyecto AICCA "Adaptación a los Impactos del Cambio Climático en Recursos Hídricos en los Andes, y la batimetría realizada por el IDEAM en el año 2014; realizando una comparación entre las dos.

Para ello, se exponen aspectos de la metodología de levantamiento entre los que se incluyen el nivel de precisión de cada producto, los equipos empleados, la resolución del levantamiento, el procedimiento de posicionamiento de los puntos geodésicos analizados, y en dado caso las ventajas y desventajas de cada una, y demás elementos de interés que sean útiles para evaluar las limitaciones del estudio hidrodinámico del lago. Además, se realiza una comparación de los volúmenes y tasas de sedimentación entre las batimetrías.

Existe otra batimetría para el Lago de Tota, realizada por el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH), sin embargo, no se encuentra información o documentación disponible para ésta, por lo que no se pudo realizar la comparación con dicho estudio.

2.1.3.1 Topobatimetría para el Lago de Tota en el marco del proyecto regional "adaptación a los impactos del cambio climático en recursos hídricos en los andes" (AICCA) (2019-2020)

Para el levantamiento topobatimétrico de la red de drenaje de la cuenca se propusieron dos etapas:

1. Levantamiento batimétrico del lecho del lago, la determinación de la cota de lámina de agua del lago para los días en que se hizo el levantamiento batimétrico y el posprocesamiento de la información medida en campo
2. Levantamiento topográfico de la ronda perimetral del lago y la consolidación de un modelo digital de terreno que une bajo un mismo sistema de coordenadas tanto el lecho del lago (parte sumergida) como su ronda perimetral (parte seca o emergida)

2.1.3.1.1.1 Primera etapa

2.1.3.1.1.1.1 Levantamiento batimétrico:

Se realizaron 76 líneas transversales (sureste-noroeste) distanciadas una a otras cada 150 m y 23 líneas longitudinales (suroeste-noreste) distanciadas una a otras cada 300 m. El total de kilómetros navegados, en las líneas tanto longitudinales como transversales y también en las líneas perimetrales de lago grande, lago chico y las islas, fue de más de 550 km. Se registraron y almacenaron más de 320000 datos de profundidad en el Software RiverSurveyor V.4.1

De otra parte, para darle cota a cada uno de los puntos de profundidad registrados con el perfilador acústico de corrientes Doppler o ADCP por sus siglas en inglés, una comisión de topógrafos de la firma Aquabiósfera realizó la nivelación de la lámina de agua del lago, usando como amarre los puntos BM o CVH de la red existente en el área.

2.1.3.1.1.1.2 Posprocesamiento:

En un procedimiento necesario para realizar una depuración de los datos medidos por el perfilador acústico de corrientes Doppler o ADCP, tomados en campo, ya que algunos de estos contienen errores por el movimiento de las lanchas y el oleaje. Esta labor consiste en seleccionar los datos medidos que son útiles para el cálculo de las curvas de capacidad del lago.

Para determinar si un dato medido se considera correcto no se ejecutó un código programado. Este análisis consiste en hacer un primer filtro de los datos crudos (datos recopilados en el trabajo de campo sin procesar) calculando las diferencias en el cambio de la cota de los puntos vecinos y sacando los puntos que se salen de un umbral definido. Posteriormente, para refinar la búsqueda de datos indeseados en las zonas con mayor densidad de puntos, se filtran los datos que no tienen tendencia (ascendente o descendente) y con un histograma de frecuencias se agrupan los datos en un rango de cotas y se aplica un filtro (basado también en diferencias en el cambio de la cota de los puntos vecinos) más fino en el rango de cotas que tiene mayor frecuencia de ocurrencia.

Se obtuvieron 47 perfiles para el lago, cada uno analizado con los datos crudos y con los datos resultantes del posprocesamiento. El porcentaje de datos procesados en promedio para los perfiles obtenidos es de 23,0%, presentándose un valor máximo de 47,1% de datos filtrados y un mínimo de 1,2%.

Posteriormente, con los datos seleccionados (aquellos que se consideran correctamente medidos tras aplicar el filtro mencionado anteriormente), se obtuvo una nube puntos XYZ con la que se genera un *shape* de datos que contiene información de latitud, longitud y cota real.

2.1.3.1.1.2 Segunda etapa

2.1.3.1.1.2.1 Topografía ronda emergida e integración de productos:

En esta etapa se obtuvo un ortomosaico de la ronda perimetral del Lago de Tota en una franja de 50m, con la posterior generación de productos necesarios para obtener un modelo de terreno, que posteriormente se integró como producto final con la información batimétrica.

Esta etapa se realizó en tres fases:

Actividades previas de oficina

Salida de campo

Análisis y procesamiento de información

Se realizaron 36 vuelos fotogramétricos con el DRON, tomando las fotografías que sirvieron de base para la realización del ortomosaico, el cual se realiza a través de, primero, un modelo de alturas para el ajuste de la referencia vertical calculando alturas niveladas para cada uno de los puntos de control fotogramétrico (GCP), y segundo, un procesamiento fotogramétrico para generar la información XYZ a partir de las imágenes aéreas traslapadas y capturadas por el sensor remoto del DRON. Este procesamiento consistió en la alineación de las fotografías, marcación de puntos de control (GCP), generación de la nube de puntos, generación del modelo digital de elevación DEM que se utiliza para orto rectificar las imágenes y determinar

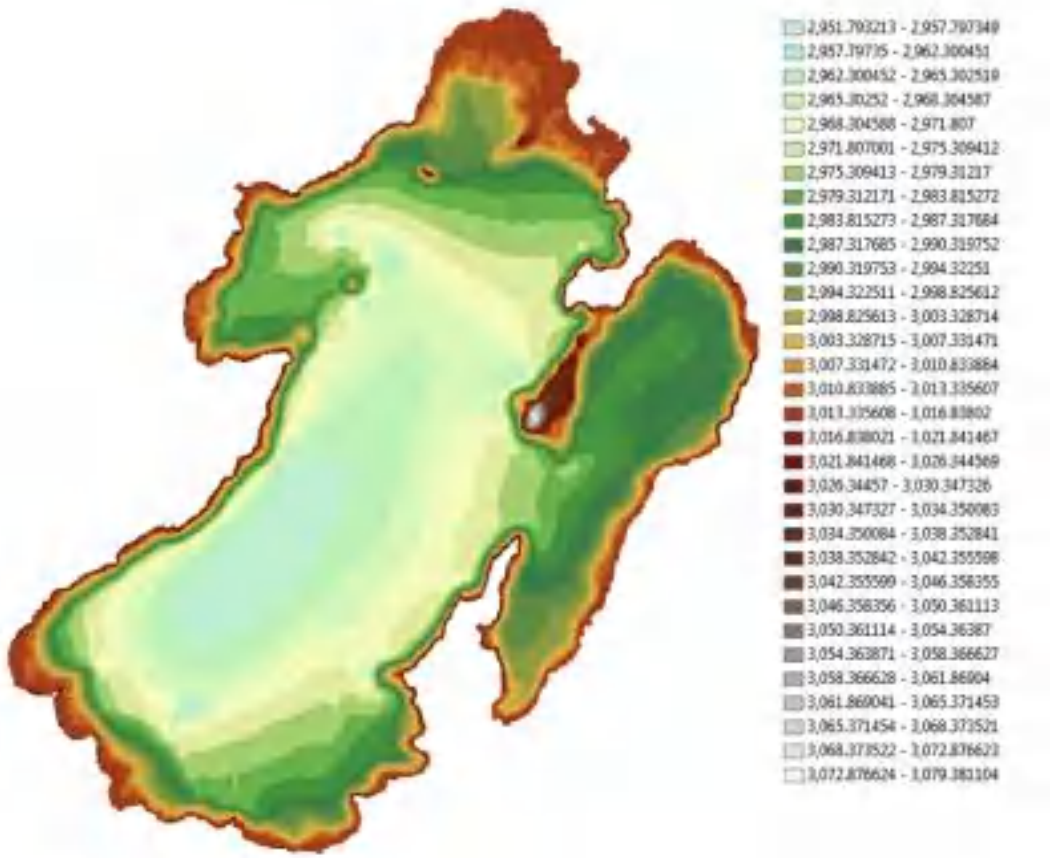
las líneas de costura del ortomosaico de acuerdo con las características del terreno interpretadas del modelo y finalmente la generación del ortmosaico (Figura 7).

Figura 7 Ortomosaico ronda emergida del lago con resolución espacial de 6cm/px

Fuente: (Consorcio Sostenible para la Ecoregión Andina, CONDESAN; 2020)

Posteriormente, se generó el modelo de terreno integrado (topobatimetría) y se realizó una revisión y procesamiento de la información batimétrica entregada por IDEAM. Finalmente se hace la integración en un solo modelo de terreno (Figura 8).

Figura 8 Modelo de terreno integrado Lago de Tota



Fuente: (Consorcio Sostenible para la Ecoregión Andina, CONDESAN; 2020)

A partir de los productos obtenidos, se realizaron algunos ajustes en aspectos como la nube de puntos para poder identificar estos por categorías (terreno y superficie), una revisión de las cotas de los puntos GPC 01, 08, 10, 11, 15, 16, 17, las cuales parecieran estar sobreestimando la altitud en el modelo digital de terreno y así mismo, el posprocesamiento de los productos entregados, también se realizó la revisión de la topografía de la Isla San Pedro la cual presenta un pico en la zona sur que sobre sale como uno de los puntos más altos del modelo de terreno, y el ajuste más importante de todos, fue el realizado para definir el límite de la zona sumergida y la zona emergida en la elaboración de las curvas de capacidad del lago el cual consistió en ajustar la capa espacial del borde del Lago de Tota, a partir de la curva de nivel 3015.212 m.s.n.m y que a su vez coincida con el límite que se observe en el ortomosaico. En la Figura 9 se muestra un ejemplo de dos casos en los que la curva de nivel 3015,2 m.s.n.m. no coincide con el ortomosaico. Si se deja por el borde de la imagen estaría representando una altura de 3017 m.s.n.m., casi 2 m por encima.

Figura 9 Ejemplo de no coincidencia de la curva de nivel con el ortomosaico. Borde del lago y curvas de nivel (CN) vs ortomosaico. CN verde=3015 m.s.n.m.; CN rosada=3015.4 m.s.n.m.; Línea amarilla=Borde Lago determinada inicialmente; Línea Roja gruesa=Borde límite Lago ajustado.

Fuente: (Consorcio Sostenible para la Ecoregión Andina, CONDESAN; 2020)

De acuerdo con lo anterior, se obtiene como producto un *shape* con el borde ajustado del Lago de Tota.

2.1.3.1.1.3 Curvas de capacidad del lago

A partir del modelo de terreno integrado (Figura 8) y del shape con el borde ajustado del Lago de Tota, se generaron las curvas de capacidad del lago.

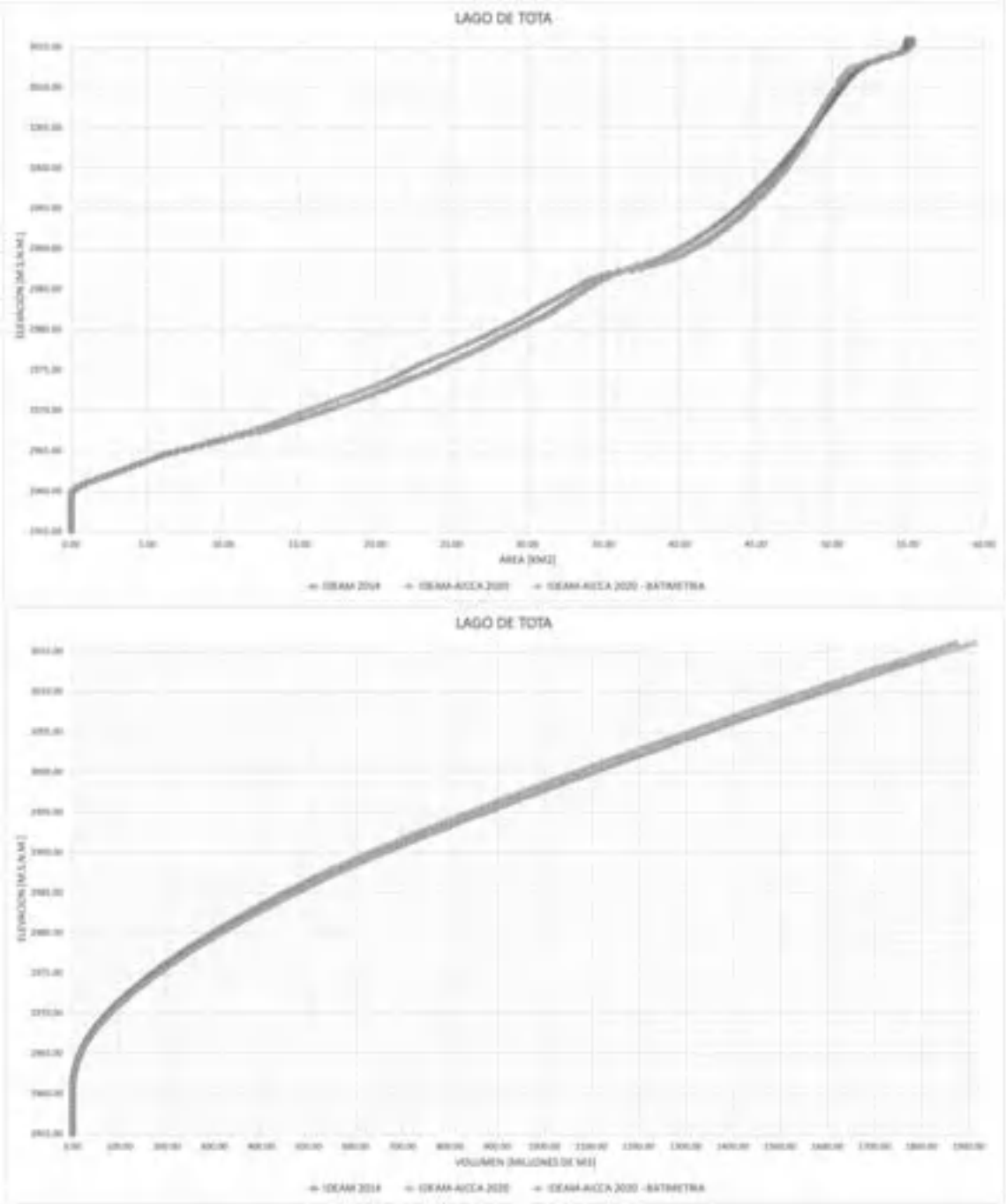
Además, con el fin de comparar los resultados de la batimetría realizada por el IDEAM EN 2014 y la topobatimetría del proyecto AICCA, se calcularon las variables Cota- Área espejo del agua- Volumen almacenado entre las cotas 2955 y 3016 m.s.n.m a intervalos de 0.25 m. En la Figura 4 se observa la comparación del volumen de almacenamiento del lago y el área espejo de agua de cada de las dos topobatimetrías respecto a la cota.

Como resultado de la comparación realizada entre las dos topobatimetrías (IDEAM y AICCA) se tiene que se presentan valores cercanos de la topobatimetría obtenida por AICCA con relación a los obtenidos por la batimetría del IDEAM en 2014. Sin embargo, se presentan valores mayores de volumen de almacenamiento y del área del espejo de agua en la topobatimetría del proyecto AICCA respecto a los valores reportados por el IDEAM, y a partir de la cota 3013,75 m.s.n.m, los valores se incrementan en mayor medida en la topobatimetría de AICCA.

En resumen, con la actual topobatimetría se obtienen los siguientes datos sobre la capacidad del lago:

- Volumen del lago a la cota 3015 m.s.n.m.: 1854,81 × 10^6 m^3
- Área del espejo de agua a la cota 3015 m.s.n.m.: 55,15 km^2

Figura 10 Curvas de capacidad del Lago de Tota obtenidas por AICCA



Fuente: (Consorcio Sostenible para la Ecoregión Andina, CONDESAN; 2020)

2.1.3.1.2 Nivel de precisión

Las medidas de profundidad del lecho del lago obtenidas con el ADCP RiverSurveyor M9 tienen una precisión del 1 % en un rango de profundidades de 0,20 a 80 m.

2.1.3.1.3 Equipos

- Sensor del Perfilador Acústico – ADCP (ADCP, por sus siglas en inglés) RiverSurveyor M9 para el levantamiento batimétrico.
- GPS RTK (4) para el levantamiento topográfico de precisión.
- DRON ebee plus para los vuelos fotogramétricos y captura de fotografías.
- Phanton4 PRO RTK para los vuelos fotogramétricos y toma de coordenadas en los puntos de control fotogramétricos.
- Cámara de modelo FC6310 con distancia focal de 8,8 mm para la toma de fotografías.

2.1.3.1.4 Resolución de levantamiento

Las líneas transversales (SE-NW) estaban distanciadas unas de otras 150 m, y las líneas longitudinales (SW-NE) tenían un distanciamiento de 300 m unas de otras.

En cuanto a las imágenes de tres bandas obtenidas de los vuelos fotogramétricos, se tiene que las imágenes de tres bandas obtenidas se realizaron con una resolución inicial de terreno entre 5,08 y 7,14 cm/px, variando de acuerdo con la altura media de vuelo en cada una de las áreas de trabajo, dada esta altura entre 100 m y 120 m.

En lo referente al Ortomosaico de ronda emergida del lago, éste se obtuvo con resolución espacial de 6 cm/px.

2.1.3.1.5 Procedimiento de posicionamiento de los puntos geodésicos analizados

Para asignarle una cota a cada uno de los puntos de profundidad registrados con el ADCP, se llevó a cabo la nivelación de la lámina de agua del lago por parte de una comisión de topógrafos, usando como amarre los puntos BM o CVH de la red existente en el área.

2.1.3.1.6 Ventajas

Este estudio topobatimétrico es el más detallado que se ha realizado a la fecha en el Lago de Tota. Las medidas de profundidad del lecho del lago obtenidas con el ADCP RiverSurveyor M9 tienen una precisión del 1 % en un rango de profundidades de 0.20 a 80 m.

Los transectos con barridos longitudinales y transversales definidos para la batimetría permiten reducir la incertidumbre por irregularidades del lecho como la vegetación acuática y el cabeceo de la embarcación.

2.1.3.1.7 Desventajas

Afectación por factores climáticos: Una de las dificultades encontradas durante el levantamiento batimétrico fue el viento cruzado de Este a Oeste y factores climáticos de la zona que afectaron el oleaje. Al registrarse incremento en la velocidad del viento, que en ocasiones superaba los 36 km/h, se incrementaba de manera

peligrosa el oleaje lo que naturalmente ocasionaba un riesgo para la embarcación y la pérdida de datos de profundidad en el Sensor del Perfilador Acústico – ADCP RiverSurveyor M9. Como consecuencia, se tuvo que modificar la distancia de las líneas longitudinales que inicialmente se habían planeado cada 150 m.

Red para amarres de las lecturas de cota en condiciones inadecuadas: Algunos puntos de la red planteada para el proceso de amarre de las lecturas de cota de lámina de agua, ya que algunos no se pudieron localizar y otros estaban deteriorados. Además, en el proceso de nivelación geométrica, se encontró una diferencia entre las cotas de 12 cm entre dos CHV de la red (CHV13 y CHV14) con un punto en común. Lo anterior, generó un proceso adicional que consistió en hacer una nivelación y contranivelación desde el NP de Aquitania (NP 19 ATC-5 del IGAC) de todos los puntos utilizados como amarre de las lecturas de lámina de agua del lago.

2.1.3.1.8 Otros elementos de interés

- Para los vuelos fotogramétricos con DRON se planearon en total 36 vuelos de 15 minutos cada uno.
- En total se capturaron 8448 fotografías cubriendo el 100 % del área de estudio.
- La altura media de vuelo del DRON osciló entre 100 m y 120 m.
- Área del espejo de agua a la cota 3015 m.s.n.m.: 55,15 km^2

2.1.3.1.9 Volumen y Tasa de sedimentación

- Volumen del lago a la cota 3015 m.s.n.m.: 1854,81 × 10^6 m^3
- No se menciona la tasa de sedimentación en el informe.

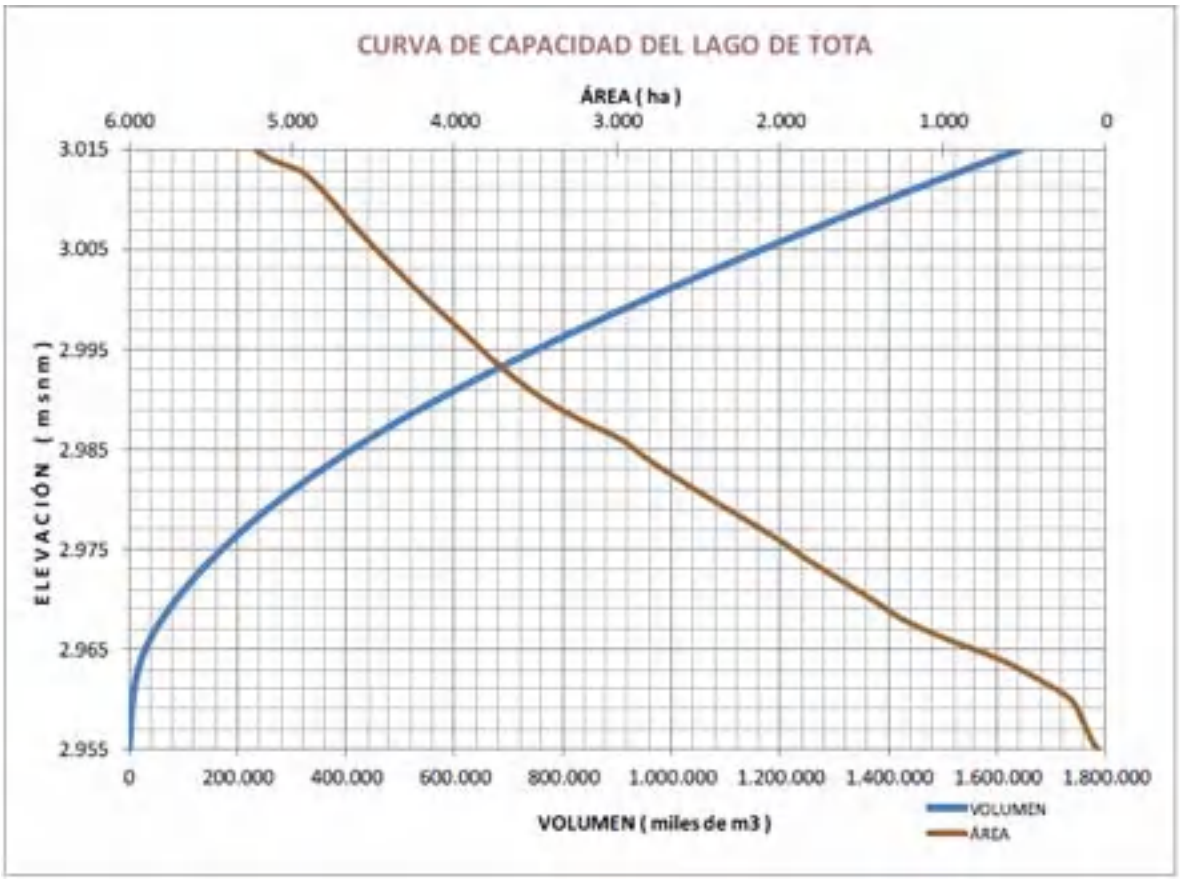
2.1.3.2 Batimetría del Lago de Tota realizada por el IDEAM en 2014

Se realizó el levantamiento batimétrico del lago con un perfilador acústico de efecto doppler (ADCP, por sus siglas en inglés). Haciendo barridos longitudinales y transversales cada 250 m se obtuvo el modelo digital de la batimetría. Luego, a partir de los datos de profundidad y de volumen, Nuñez et al. (2014) construyó las curvas de capacidad del lago (Figura 11). En este estudio se obtuvieron los siguientes datos sobre la capacidad del lago:

- Volumen del lago a la cota 3015 m.s.n.m.: 1650 × 10^6 m^3
- Área del espejo de agua a la cota 3015 m.s.n.m.: 52 km^2
- Profundidad máxima medida: 65.5 m

-

Figura 11 Curva de capacidad del Lago de Tota



Fuente: (IDEAM, 2014)

2.1.3.2.1 Nivel de precisión

No se hace referencia a éste en el informe.

2.1.3.2.2 Equipos

Perfilador acústico de efecto doppler (ADCP, por sus siglas en inglés)

2.1.3.2.3 Resolución de levantamiento

El distanciamiento entre unas y otras de las líneas longitudinales y así mismo de las transversales fue de 250 m.

2.1.3.2.4 Procedimiento de posicionamiento de los puntos geodésicos analizados:

No se hace referencia a éste en el informe.

2.1.3.2.5 Ventajas

Se tuvieron en cuenta aspectos adicionales además de la batimetría, tales como variables climatológicas, análisis hidrológico de las microcuencas del Lago de Tota divididas en 5 zonas, las cuales se basaron en la subdivisión establecida en el POMCA del Lago de Tota.

2.1.3.2.6 Desventajas

No se cuenta con todos los datos de la metodología empleada para la realización de la batimetría en el Lago de Tota, por lo que se presentan dificultades a la hora de hacer comparación con otros estudios realizados en la zona.

2.1.3.2.7 Otros elementos de interés

Se evalúa el área del espejo de agua a la cota 3015 m.s.n.m. la cual es de 52 km^2.

2.1.3.2.8 Volumen y Tasa de sedimentación

- Volumen del lago a la cota 3015 m.s.n.m.: 1650×10^6 m^3
- No se menciona la tasa de sedimentación en el informe.

2.1.3.3 Conclusiones

Al realizar la comparación entre la topobatimetría realizada por el proyecto AICCA en 2020 y la batimetría hecha por el IDEAM en 2014, se tiene que los valores obtenidos son muy cercanos, sin embargo, los datos arrojados por AICCA tienen un incremento mayor a partir de la cota 3013,75 m.s.n.m., lo cual podría tener explicación en el hecho de que la batimetría del IDEAM (2014) integró un modelo de terreno para la parte emergida a partir de información secundaria.

Por otro lado, el estudio topobatimétrico del proyecto AICCA es el más detallado que se ha realizado a la fecha en el Lago de Tota, ya que las medidas de profundidad del lecho del lago obtenidas con el ADCP RiverSurveyor M9 tienen una precisión del 1 % en un rango de profundidades de 0.20 a 80 m. Además, los transectos con barridos longitudinales y transversales definidos para la batimetría permiten reducir la incertidumbre por irregularidades del lecho como la vegetación acuática y el cabeceo de la embarcación.

En cuanto a la profundidad medida, para la topobatimetría del proyecto AICCA, como se menciona en el párrafo anterior, la profundidad máxima medida es de 80m y en la batimetría realizada por el IDEAM en 2014 la máxima profundidad medida fue de 65,5 m, mostrando un mayor alcance y detalle la topobatimetría realizada por el proyecto AICCA.

Por otra parte, en ninguno de los informes se hace alusión a las tasas de sedimentación para el Lago de Tota. El anterior parámetro puede influir tanto en el volumen almacenado como en el área del espejo de agua, por lo que es necesario determinarlo para evidenciar cambios a lo largo del tiempo en el Lago de Tota. Sin embargo, aunque se esperaría que tanto el volumen almacenado como el área del espejo de agua disminuyeran con el tiempo por efecto en la variación de las tasas de sedimentos y otras variables, con los

datos obtenidos por el proyecto AICCA en 2020 y el IDEAM para 2014 para el volumen del lago y para el área del espejo de agua a la cota 3015 m.s.n.m., se deduce que hasta el momento esas variaciones no han alcanzado un orden de magnitud que las haga evidentes en el cambio del volumen de almacenamiento y/o el área del espejo de agua para el Lago de Tota.

Finalmente, es importante destacar que no se realizó una comparación con la batimetría del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH), ya que no se encuentra documentación o información disponible de este estudio.

2.1.4 Definición preliminar de tramos o sectores de análisis

Para la definición de tramos (segmentos homogéneos a lo largo de los sistemas lóticos) o sectores (áreas homogéneas en las superficies de los sistemas lénticos) se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- Características similares desde el punto de vista hidrológico, hidráulico, geomorfológico, ecológico, de usos del agua y del suelo y/o de la calidad del recurso hídrico. Para lo anterior, se debe tener en cuenta el resultado del censo de usuarios
- Cuando el cuerpo de agua en ordenamiento esté dividido en niveles subsiguientes o microcuencas, se deberán considerar los límites de dichos niveles como punto de cierre en la definición de tramos.
- Se debe tener en cuenta una caracterización hidromorfológica desde una visión jerárquica de procesos, la cual permita encontrar las relaciones entre las características hidráulicas, gemorfológicas, de calidad del agua e hidrobiológicas en sitios no monitoreados dentro de la red de drenaje. Esta caracterización deberá ser compatible con la usada para la estimación de caudales ambientales, de acuerdo con los lineamientos que se establezcan para dicho fin.

De acuerdo con Silva (1999), no existe un método universal para dividir una cuenca en alta, media y baja. Sin embargo, existen características como la hipsometría que son útiles para plantear una división satisfactoria desde un punto de vista hidrográfico.

2.1.4.1 Análisis a escala de unidad hidrográfica

La dependencia del río con su cuenca vertiente se pone de manifiesto analizando el origen de las aguas y de los sedimentos que circulan por lo cauces, ya que, por ejemplo, el régimen de caudales que circula por un tramo de río es consecuencia del ordenamiento hidrológico de la cuenca vertiente al tramo y de la regulación de los mismos en el tramo situado aguas arriba. Asimismo, los sedimentos que transporta, junto a las sales disueltas, materia orgánica etc. proceden de actividades o usos del suelo en las laderas vertientes que implican erosión del suelo, lavado de nutrientes, contaminación en general que llega a las aguas del cuerpo de agua a través de las escorrentías (González del Tánago & García de Jalón, 1995).

Teniendo en cuenta lo anterior, antes de proceder a realizar la delimitación de tramos y zonas homogéneas es necesario realizar el análisis desde el punto de vista de cuenca vertiente con el fin de identificar condiciones que incidan directamente sobre el comportamiento del cuerpo de agua en partes específicas del mismo. A continuación, se presenta el análisis de diferentes componentes a escala de cuenca que influyen en las condiciones bióticas, hidrológicas y geomorfológicas de los cuerpos de agua priorizados.

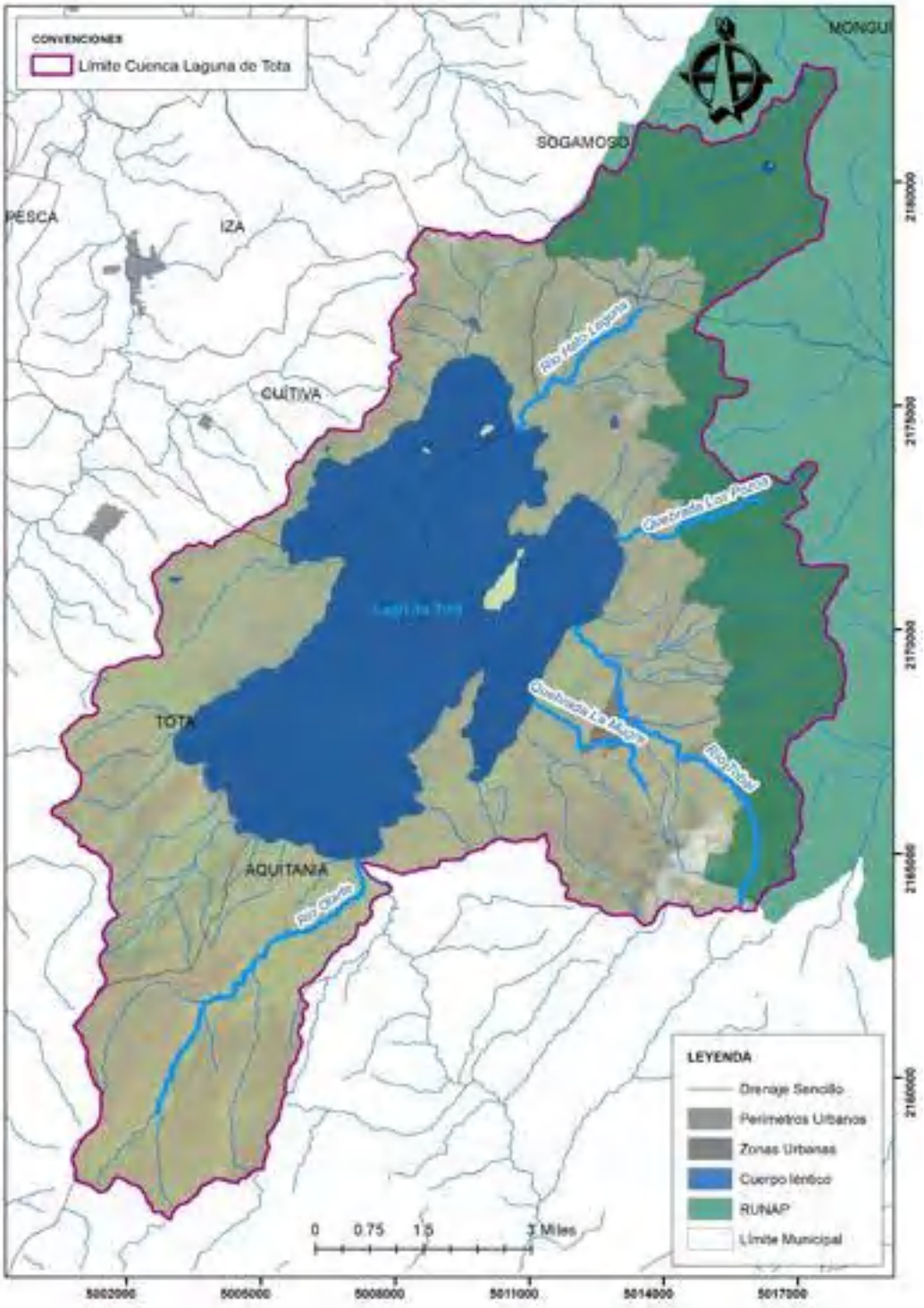
2.1.4.2 Características hidrográficas y morfométricas

2.1.4.2.1 Subzona hidrográfica Lago de Tota

La subzona hidrográfica Lago de Tota (3516) pertenece a la gran área hidrográfica del Orinoco y a su vez a la zona hidrográfica del Meta, siendo una de las 34 cuencas o subzona hidrográficas que drenan al río Meta. Cuenta con un área de 22479.13 ha de acuerdo con la delimitación realizada mediante el proyecto Adaptación a los impactos del cambio climático en recursos hídricos en los Andes (GEF, CAF, CONDENSAN, 2021)a través de las cuales múltiples cuerpos de agua lóticos en su mayoría directos como los 5 priorizados para el presente plan y que se concentran hacia el sur y este del Lago de Tota tal y como se presenta en la Figura 12.

Teniendo en cuenta que la subzona hidrográfica en general influye en el Lago de Tota, esta unidad hidrográfica será la unidad de análisis respecto a este cuerpo de agua a escala de cuenca.

Figura 12. Subzona hidrográfica Lago de Tota



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

De acuerdo con la morfometría, se trata de una cuenca pequeña, de forma alargada, razón por la cual podría considerarse poco susceptible a la concentración de agua y por lo tanto a las avenidas torrenciales, lo que indica que podría presentarse poco arrastre de sedimentos en comparación con otro tipo de cuencas.

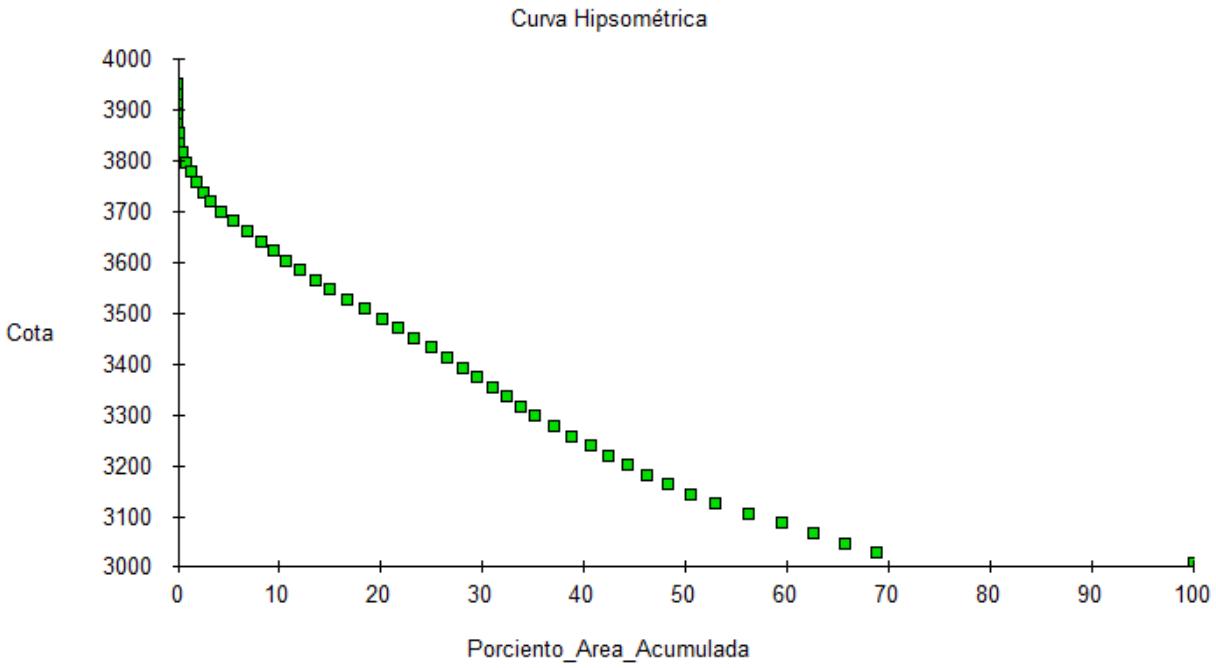
Tabla 7. Características morfométricas de la subzona hidrográfica Lago de Tota

Parámetro	Unidades	Variable	Descripción
Parámetros de forma			
Área	km2	225.24	Pequeña
Perímetro de la cuenca	km	96.10	--
Longitud axial	km	20.64	--
Índice de forma	-	0.529	Alargada
Coeficiente de compacidad	-	1.806	Rectangular-muy lobuladas
Parámetros de relieve			
Elevación mínima	msnm	3011.58	--
Elevación máxima	msnm	3969.79	--
Elevación media	msnm	3240.34	--
Pendiente media de la cuenca	%	19.81	--
Parámetros relativos al drenaje			
Patron de drenaje		Centrípeto	
Patrón de alineamiento		No aplica	
Orden Horton-Sthraler	--	6	--
Densidad de drenaje	Km/km2	13.827	--
Densidad de corrientes	--	26.656	--

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

Respecto a la curva hipsométrica, presenta un comportamiento típico de una cuenca vieja de tipo sedimentario, a pesar de presentar una curva en la pendiente a partir de los 3490 m.s.n.m. y el 20.15% del área acumulada que se normaliza nuevamente aproximadamente a los 3318 m.s.n.m. con el 33, 74% del área acumulada lo cual puede relacionarse con controles tectónicos o litológicos. Adicionalmente, se resalta que más del 30% del área de la subzona hidrográfica presenta elevaciones inferiores a los 3030 m.s.n.m., estas áreas corresponden principalmente al área del Lago de Tota y las llanuras de inundación donde se depositan los sedimentos provenientes de las partes más altas y que podrían formarse de forma lenta teniendo en cuenta la baja probabilidad de presentarse avenidas torrenciales.

Figura 13. Curva hipsométrica subzona hidrográfica Lago de Tota



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

La subzona hidrográfica del Lago de Tota de acuerdo con el proyecto AICCA (GEF, CAF, CONDENSAN, 2021) se subdivide en 27 unidades hidrográficas de Nivel I, de las cuales 5 traslapan con los cuerpos de agua lóticos objeto de ordenación del presente plan tal y como se describe a continuación.

2.1.4.2.2 Unidad Hidrográfica de Nivel I río Hatolaguna

Esta unidad hidrográfica con código 351614 cuenta con un área de 3111.22 ha por las que discurren algunos cuerpos de agua lóticos permanentes siendo Q. Martinera el afluente más largo, el cual recibe otros afluentes de orden 1 como la Q. La Colorada, Zanjón Carbonera, Q. El Vino y Cañada el Potrero, para posteriormente en el mismo punto donde desemboca la Quebrada Carbonera que recibe as u vez el agua de la Q. Las Cintas, conformar el río Hatolaguna. Posteriormente, el río Hatolaguna recibe las aguas de la Qda Montoso y posteriormente de la Qda El Rocal, puntos en donde se podrían ocurrir cambios significativos en el río Hatolaguna en cuanto al aporte de sedimentos, caudal líquido y respecto a la calidad del agua, tal y como se analizará más adelante. Hacia las partes más bajas de la unidad hidrográfica no se identifican tributarios de ningún tipo.

Adicionalmente, se identifican dos cuerpos de agua lóticos correspondientes a lagunas naturales, siendo la Laguna Colorada la que nace en la parte más alta de la cuenca y que posteriormente mediante un cuerpo de agua intermitente entrega sus aguas a la Quebrada Martinera, mientras que el otro cuerpo de agua de

mayor tamaño, pero sin toponimia permite la conexión de un cuerpo de agua intermitente con la quebrada La Colorada, afluente de la Qda Martinera.

Figura 14. Unidad hidrográfica de Nivel I Río Hatolaguna

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

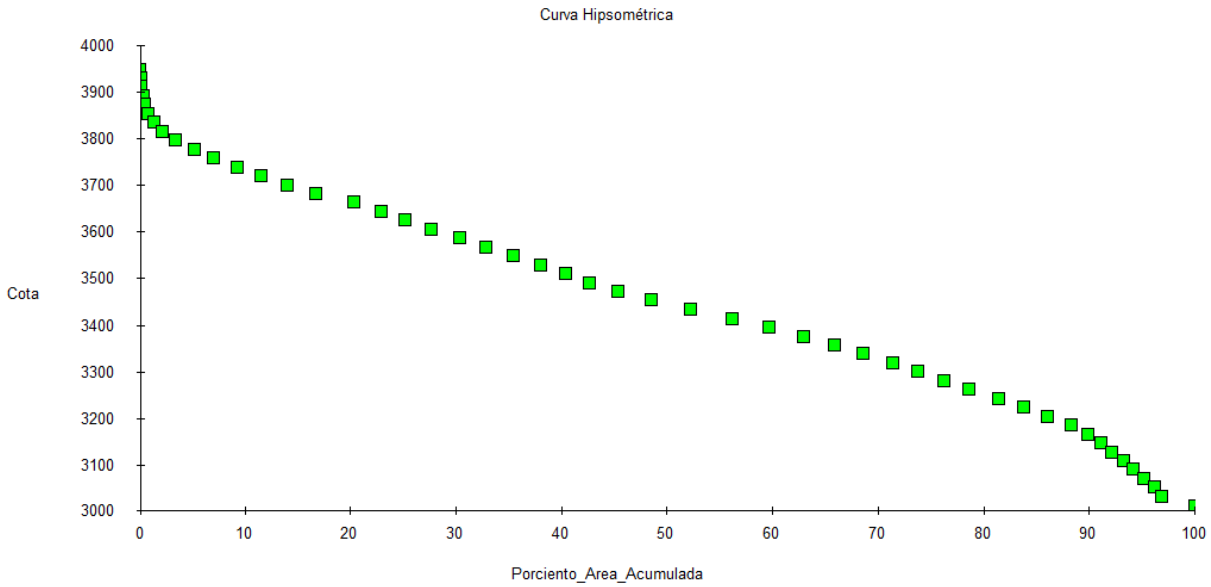
En cuantos sus características morfométricas, se trata de unidad hidrográfica pequeña y alargada, lo que podría disminuir la probabilidad de ocurrencia de eventos torrenciales y por lo tanto de alto flujo de caudal líquido y sólido, lo que corresponde con la forma sigmoidal de la curva hipsométrica la cual permite inducir que esta cuenca se encuentra en su fase de madurez o equilibrio respecto a procesos erosivos.

Tabla 8. Características morfométricas de la unidad hidrográfica de Nivel I río Hatolaguna

Parámetro	Unidades	Variable	Descripción
Parámetros de forma			
Área	km2	31.11	Pequeña
Perímetro de la cuenca	km	31.58	--
Longitud axial	km	10.61	--
Índice de forma	-	0.2764	Alargada
Coeficiente de compacidad	-	1.596	Oval oblonga a Rectangular
Parámetros de relieve			
Elevación mínima	msnm	3014.86	--
Elevación máxima	msnm	3969.79	--
Elevación media	msnm	3451.01	--
Pendiente media de la cuenca	%	29.33	--
Parámetros relativos al drenaje			
Patrón de drenaje	Dendrítico		
Patrón de alineamiento	Serpenteado		
Orden Horton-Sthraler	--	6	--
Densidad de drenaje	Km/km2	4.65	--
Densidad de corrientes	--	25.32	--

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

Figura 15. Curva hipsométrica unidad hidrográfica de Nivel I río Hatolaguna



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

Figura 16. Desembocadura del río Olarte en el Lago de Tota

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

2.1.4.2.3 Unidad Hidrográfica de Nivel I Quebrada Los Pozos

Esta unidad hidrográfica con código 351610 cuenta con un área de 661.44 ha por las que discurren diferentes tributarios de tipo en su mayoría de intermitentes de orden 2 que alimentan el cauce principal de la Quebrada Los Pozos en las zonas más altas, mientras que, hacia la parte que podría considerar preliminarmente media baja recibe algunos permanentes denominados Chorro Las Peñas y Chorro Las Hoyaditas donde as u vez tributa el Chorro El Encenillo. Hacia las partes más bajas de la unidad hidrográfica no se identifican tributarios de ningún tipo.

Figura 17. Unidad hidrográfica de Nivel I Quebrada Los Pozos

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

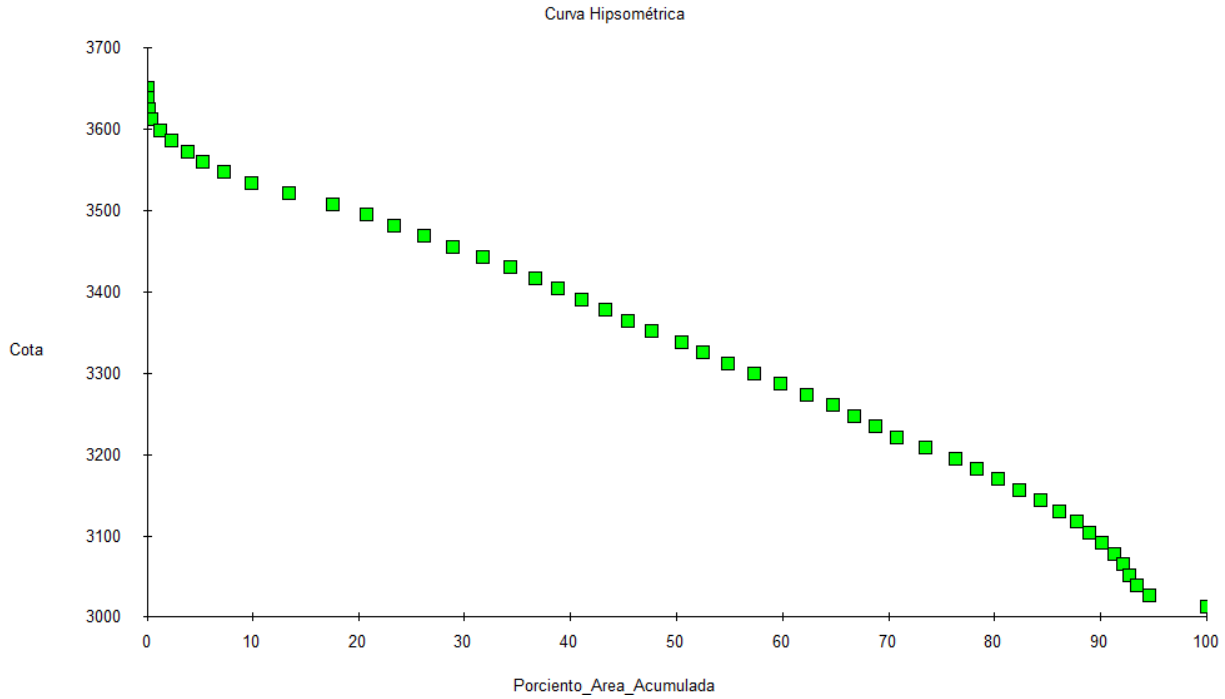
En cuantos sus características morfométricas, se trata de unidad hidrográfica muy pequeña y alargada, lo que podría disminuir la probabilidad de ocurrencia de eventos torrenciales y por lo tanto de alto flujo de caudal líquido y sólido, lo que corresponde con la forma sigmoidal de la curva hipsométrica la cual permite inducir que esta cuenca se encuentra en su fase de madurez, indicando un bajo potencial erosivo.

Tabla 9. Características morfométricas de la unidad hidrográfica de Nivel I Quebrada Los Pozos

Parámetro	Unidades	Variable	Descripción
Parámetros de forma			
Área	km2	6.61	Muy Pequeña
Perímetro de la cuenca	km	13.82	--
Longitud axial	km	4.68	--
Índice de forma	-	0.302	Alargada
Coeficiente de compacidad	-	1.51	Oval oblonga a Rectangular
Parámetros de relieve			
Elevación mínima	msnm	3014.86	--
Elevación máxima	msnm	3664.60	--
Elevación media	msnm	3330.49	--
Pendiente media de la cuenca	%	30.48	--
Parámetros relativos al drenaje			
Patrón de drenaje	Serpenteado		
Patrón de alineamiento	Dendrítico		
Orden Horton-Sthraler	--		--
Densidad de drenaje	Km/km2	4.869	--
Densidad de corrientes	--	23.43	--

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

Figura 18. Curva hipsométrica unidad hidrográfica de Nivel I Quebrada Los Pozos



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

2.1.4.2.4 Unidad Hidrográfica de Nivel I río Tobal

Esta unidad hidrográfica con código 351607 cuenta con un área de 3159.94 ha, siendo la subcuenca más grande definida dentro de la subzona hidrográfica del Lago de Tota, por cuya área discurren diferentes tributarios siendo los principales las quebradas Los Colorados, El Airico, El Machito, El Tejar (Borracheral), y Hato Viejo, cuyo patrón de drenaje se dispone de forma dendrítica típica de zonas de montaña.

Adicionalmente, se identifican algunos cuerpos de agua lénticos como la Laguna Chueca que presenta conectividad superficial con un afluente directo del río Tobal entre otros sin toponimia que por su parte parecen no conectar de forma superficial con ningún cuerpo de agua lótico.

Figura 19. Unidad hidrográfica de Nivel I río Tobal

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

En cuantos sus características morfométricas, se trata de unidad hidrográfica pequeña y alargada, lo que podría disminuir la probabilidad de ocurrencia de eventos torrenciales y por lo tanto de alto flujo de caudal líquido y sólido, lo que corresponde con la forma de la curva hipsométrica la cual permite inducir que esta

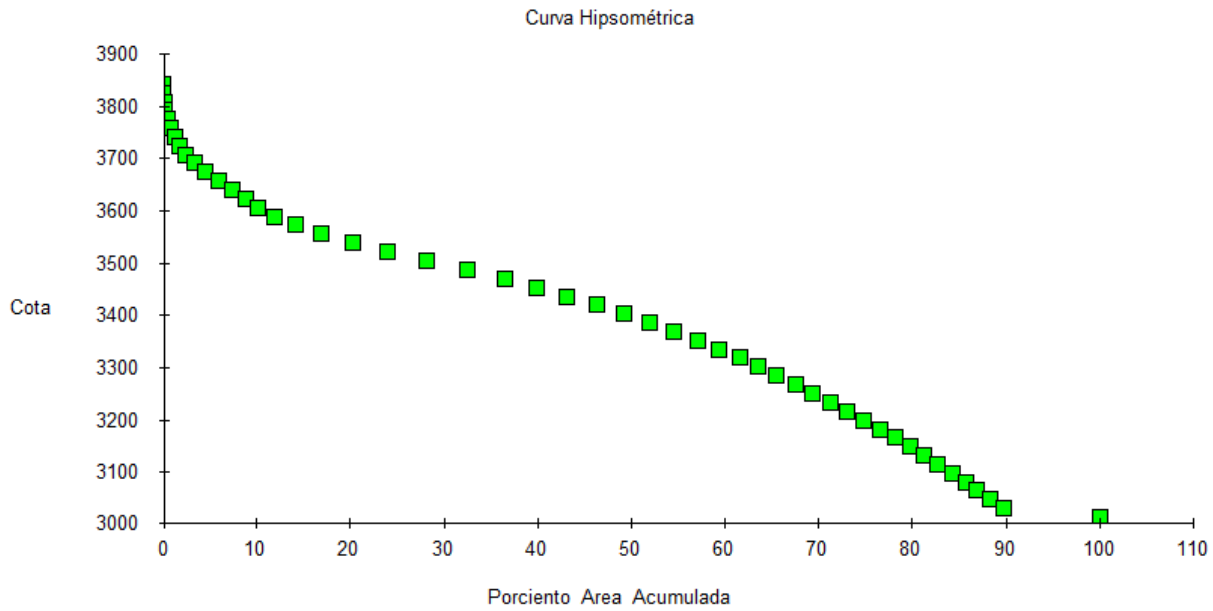
cuenca se encuentra en su fase de madurez, sin embargo, se resalta que un 10% de la unidad hidrográfica presenta las más bajas elevaciones tal y como lo refleja la curva hipsométrica lo cual puede deberse al proceso de avance de la frontera agrícola sobre el espejo de agua del Lago de Tota.

Tabla 10. Características morfométricas de la unidad hidrográfica de Nivel I río Tobal

Parámetro	Unidades	Variable	Descripción
Parámetros de forma			
Área	km2	31.60	Pequeña
Perímetro de la cuenca	km	28.73	--
Longitud axial	km	6.93	--
Índice de forma	-	0.657	Alargada
Coeficiente de compacidad	-	1.44	Oval redonda a Oval oblonga
Parámetros de relieve			
Elevación mínima	msnm	3014.86	--
Elevación máxima	msnm	3860.55	--
Elevación media	msnm	3363.19	--
Pendiente media de la cuenca	%	24.42	--
Parámetros relativos al drenaje			
Patrón de drenaje	Serpenteado		
Patrón de alineamiento	Dendrítico		
Orden Horton-Sthraler	--	6	--
Densidad de drenaje	Km/km2	5.512	--
Densidad de corrientes	--	24.84	--

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

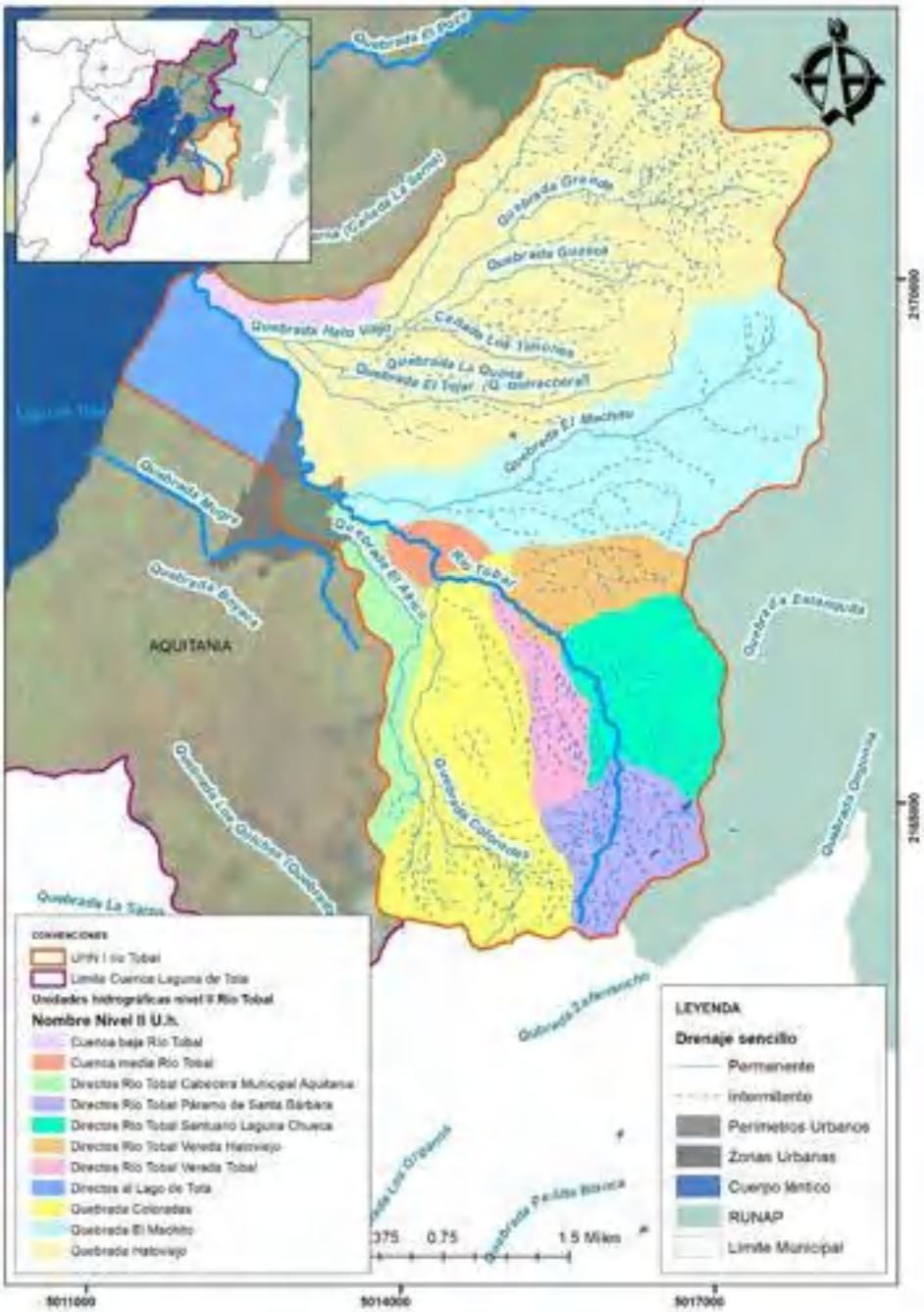
Figura 20. Curva hipsométrica unidad hidrográfica de Nivel I río Tobal



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

Teniendo en cuenta las condiciones de la unidad hidrográfica de nivel I del río Tobal, mediante el proyecto AICCA se subdividió en 11 niveles subsiguientes los cuales se presenta en la Figura 21.

Figura 21. Unidades hidrográficas de Nivel II río Tobal



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en (GEF, CAF, CONDENSAN, 2021)

Tabla 11. Unidades hidrográficas de Nivel II río Tobal

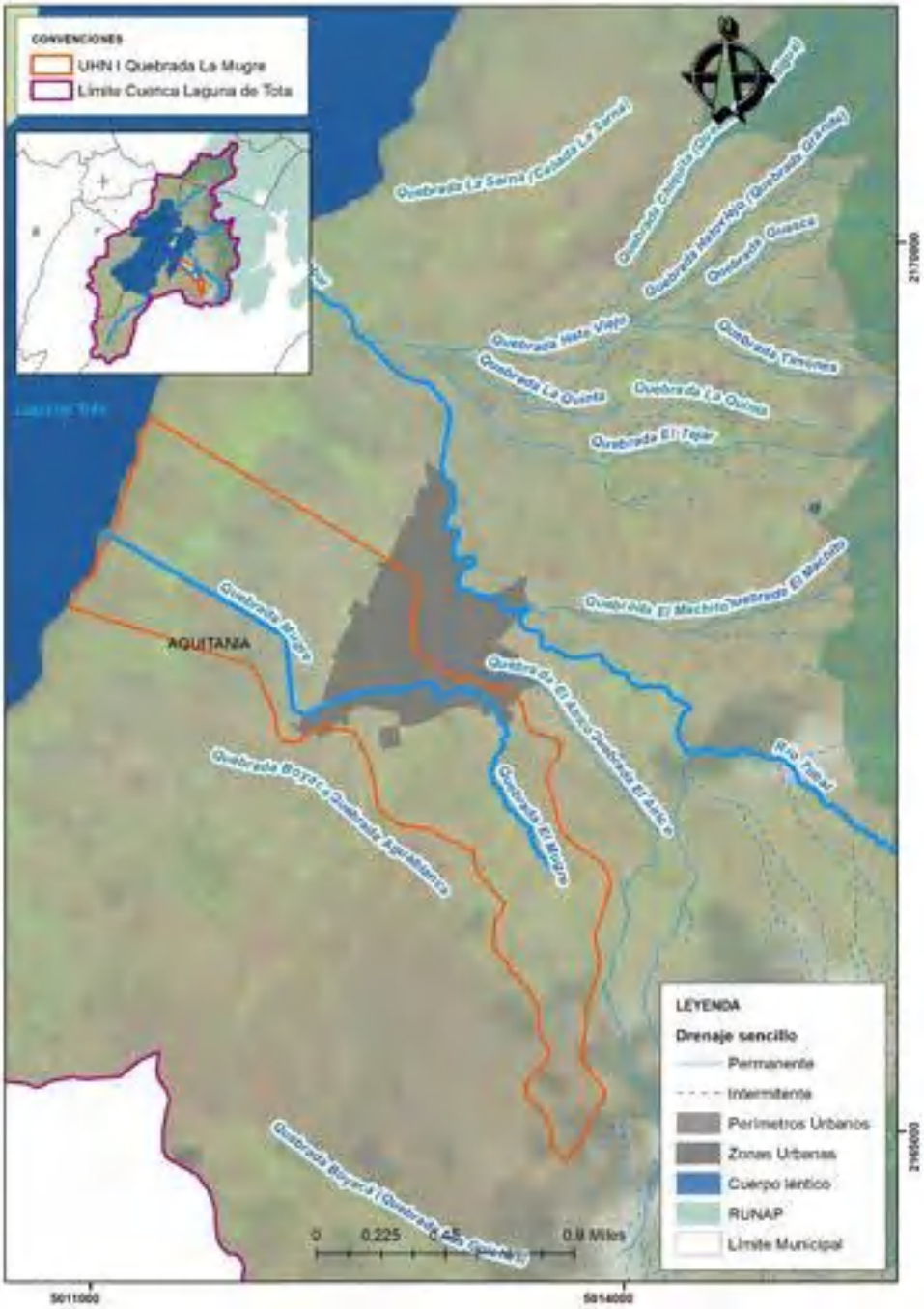
Código	Nombre UHN II	Área (Ha)
35160701	Directos Río Tobal Cabecera Municipal Aquitania	147.97
35160702	Quebrada Coloradas	418.87
35160703	Directos Río Tobal Páramo de Santa Bárbara	158.38
35160704	Directos Río Tobal Santuario Laguna Chueca	213.91
35160705	Directos Río Tobal Vereda Hatoviejo	122.18
35160706	Quebrada El Machito	549.76
35160707	Quebrada Hatoviejo	1181.43
35160708	Cuenca baja Río Tobal	58.49
35160709	Cuenca media Río Tobal	43.83
35160710	Directos Río Tobal Vereda Tobal	87.77
35160711	Directos al Lago de Tota	177.37

Fuente: (GEF, CAF, CONDENSAN, 2021)

2.1.4.2.5 Unidad Hidrográfica de Nivel I Quebrada La Mugre

Esta unidad hidrográfica con código 351606 cuenta con un área de 344.75 ha, por las que discurre solo un tributario intermitente identificado teniendo en cuenta las dimensiones del cuerpo de agua y el grado de intervención del área asociada a las actividades agrícolas que se realizan en la zona y a la presencia de una parte de la zona urbana del municipio de Aquitania dentro de la unidad hidrográfica, por la cual atraviesa la quebrada La Mugre, recibiendo a su paso las aguas residuales de dicha zona urbana.

Figura 22. Unidad hidrográfica de Nivel I Quebrada La Mugre



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

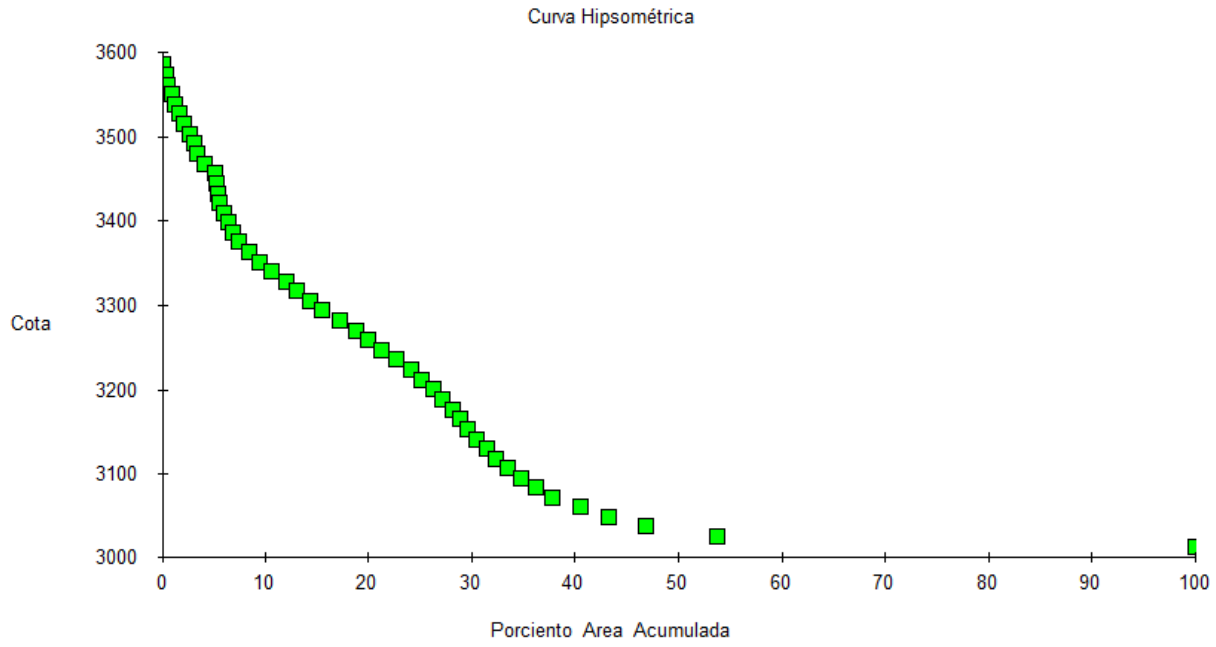
En cuantos sus características morfométricas, se trata de unidad hidrográfica muy pequeña y alargada, lo que podría disminuir la probabilidad de ocurrencia de eventos torrenciales y por lo tanto de presentarse una tasa alta de caudal líquido y sólido, lo que corresponde con la forma de la curva hipsométrica que se asocia a una cuenca sedimentaria o en fase de vejez, resaltando que, aproximadamente el 45% de la cuenca presenta las más bajas elevaciones cercanas a los 3119.55 m.s.n.m., lo que se relaciona a su vez posiblemente con la intervención antrópica que se presenta en la parte baja de la cuenca y que incide en el patrón de alineamiento de tipo recto que se presenta también en la parte baja del cauce principal de la Quebrada La Mugre.

Tabla 12. Características morfométricas de la unidad hidrográfica de Nivel I Quebrada La Mugre

Parámetro	Unidades	Variable	Descripción
Parámetros de forma			
Área	km2	3.45	Muy Pequeña
Perímetro de la cuenca	km	12.16	--
Longitud axial	km	4.33	--
Índice de forma	-	0.183	Alargada
Coeficiente de compacidad	-	1.847	Rectangular-muy lobuladas
Parámetros de relieve			
Elevación mínima	msnm	3014.86	--
Elevación máxima	msnm	3596.95	--
Elevación media	msnm	3119.55	--
Pendiente media de la cuenca	%	12.78	--
Parámetros relativos al drenaje			
Patrón de drenaje	Paralelo		
Patrón de alineamiento	Serpenteado hacia la parte alta y recto en la parte baja		
Orden Horton-Sthraler	--	3	--
Densidad de drenaje	Km/km2	5.37	--
Densidad de corrientes	--	21.75	--

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

Figura 23. Curva hipsométrica unidad hidrográfica de Nivel I Quebrada La Mugre

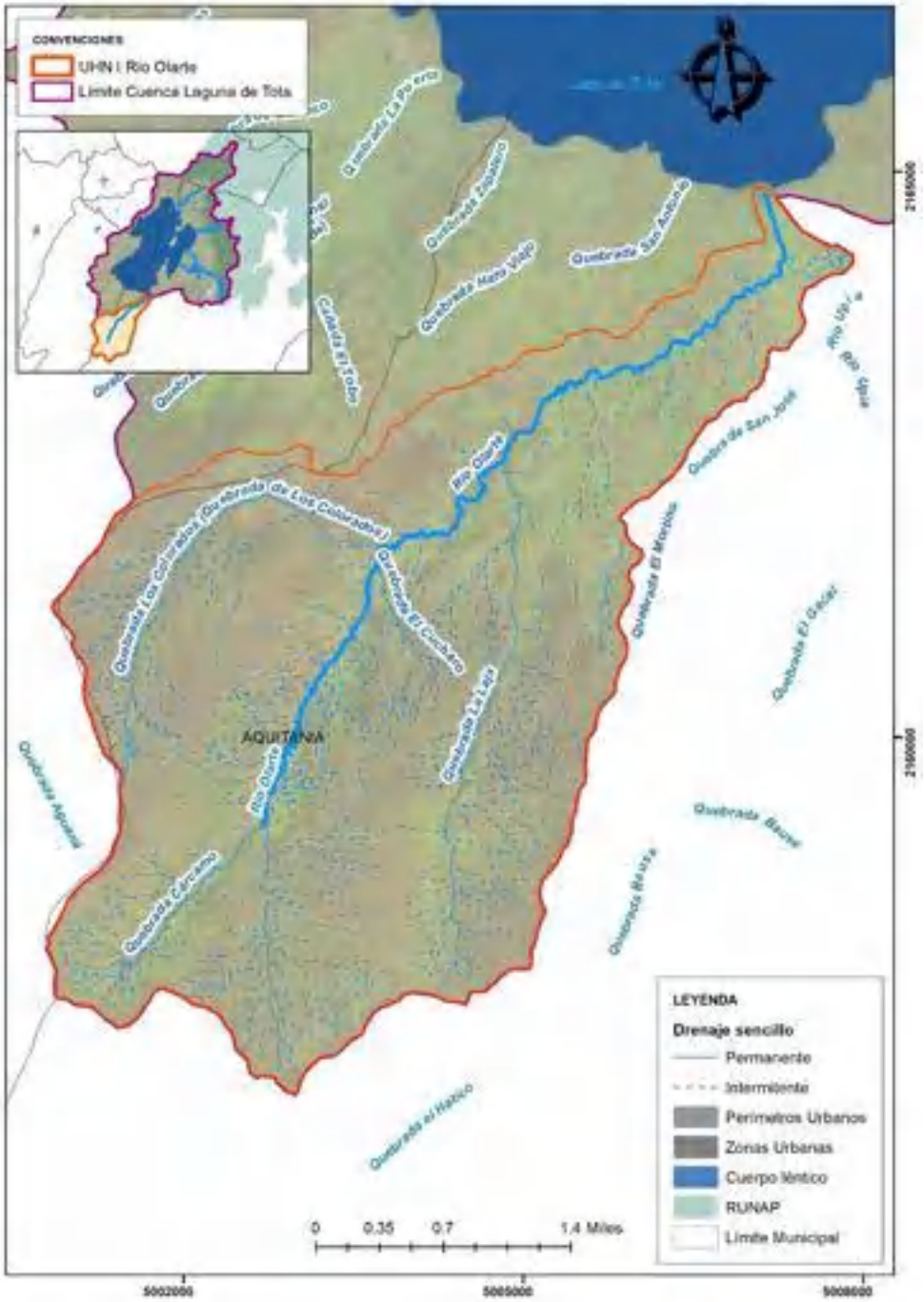


Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

2.1.4.2.6 Unidad Hidrográfica de Nivel I río Olarte

Esta unidad hidrográfica con código 351627 cuenta con un área de 2566.60 ha por cuya área discurren diferentes tributarios siendo los principales las quebradas Los Colorados, Cárcamo, Las Ortigas y La Laja cuyo patrón de drenaje se dispone de forma dendrítica típica de zonas de montaña.

Figura 24. Unidad hidrográfica de Nivel I río Olarte



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

En cuantos sus características morfométricas, se trata de unidad hidrográfica pequeña y alargada, lo que podría disminuir la probabilidad de ocurrencia de eventos torrenciales y por lo tanto de presentarse una alta

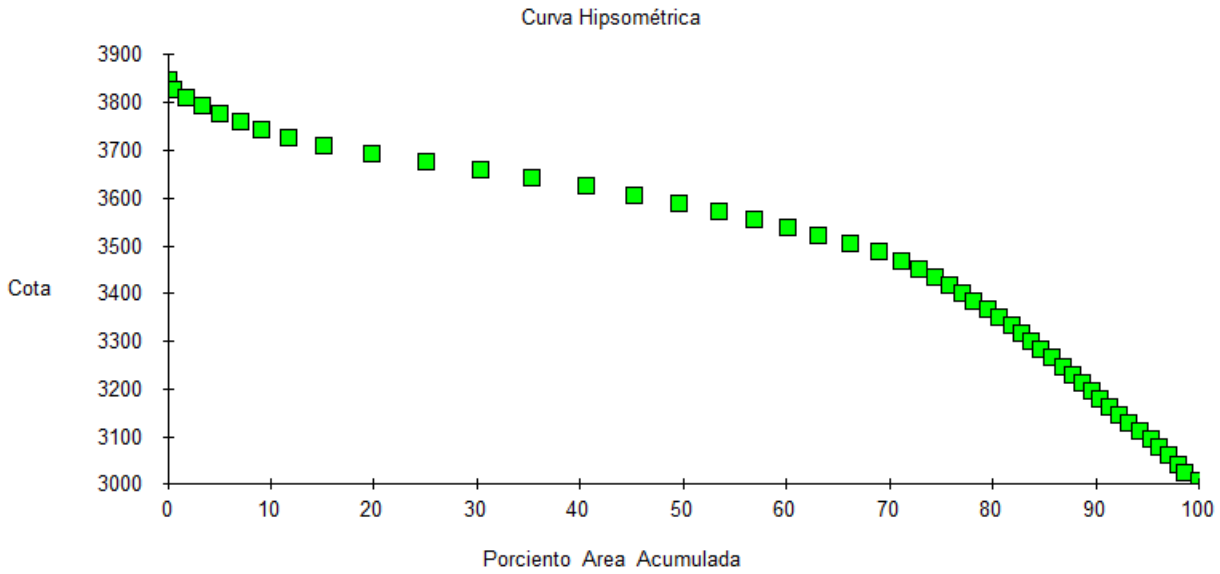
afluencia de caudal líquido y sólido, lo que corresponde con la forma de la curva hipsométrica que se asocia a una cuenca en fase de madurez debido a su forma sigmoidal.

Tabla 13. Características morfométricas de la unidad hidrográfica de Nivel I río Olarte

Parámetro	Unidades	Variable	Descripción
Parámetros de forma			
Área	km2	25.85	Pequeña
Perímetro de la cuenca	km	27.17	--
Longitud axial	km	9.57	--
Índice de forma	-	0.282	Alargada
Coeficiente de compacidad	-	1.506	Oval oblonga a Rectangular
Parámetros de relieve			
Elevación mínima	msnm	3011.37	--
Elevación máxima	msnm	3862.48	--
Elevación media	msnm	3530.02	--
Pendiente media de la cuenca	%	27.58	--
Parámetros relativos al drenaje			
Patrón de drenaje	Dendrítico		
Patrón de alineamiento	Serpenteado		
Orden Horton-Sthraler	--	5	--
Densidad de drenaje	Km/km2	5.275	--
Densidad de corrientes	--	28.85	--

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

Figura 25. Curva hipsométrica unidad hidrográfica de Nivel I río Olarte



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

2.1.4.3 Características geomorfológicas

La geomorfología influye directamente en el comportamiento de cada uno de los cuerpos de agua priorizados respecto a la producción, transporte y almacenamiento de sedimentos, lo cual configura algunas características del cauce que definen la geometría hidráulica, razón por la cual resulta fundamental analizar este componente a escala de unidad hidrográfica.

2.1.4.3.1 Subzona hidrográfica Lago de Tota

A nivel general, la subcuenca del Lago de Tota presente unidades geomorfológicas de origen estructural erosional , correspondientes a montañas estructurales erosionales subdivididas a su vez en diferentes en 6 subunidades geormofológicas que mezclan diferentes y que en conjunto con las unidades urbanas y la unidad correspondiente al lago propiamente dicho conforman la subzona hidrográfica,tal y como se resume en la Tabla 14.

Tabla 14. Unidades geomorfológicas presentes en la subzona hidrográfica Lago de Tota

Símbolo subunidad geomorfológica	Descripción	Área (ha)	Área (%)
Ca	Cuerpo de agua	5592.13	24.88
EMfeC2rc	Extremadamente frío, húmedo y muy húmedo. Crestas y crestones homoclinales, pendientes superiores a 50%. Rocas sedimentarias clásticas arenosas con intercalaciones de lomoarcillosas	1134.26	5.05

Símbolo subunidad geomorfológica	Descripción	Área (ha)	Área (%)
EMffM1rd	Muy frío y frío húmedo. Vigas, lomas y glacis, pendientes 12 - 25%, 25- 50% y 50- 75%. Rocas sedimentarias clásticas mixtas y depósitos superficiales piroclásticos de ceniza volcánica	95.60	0.43
EMfhC2rc	Muy frío, húmedo. Crestas y crestones homoclinales, pendientes superiores a 50%. Rocas sedimentarias clásticas arenosas con intercalaciones de lomoarcillosas	6649.79	29.58
EMfhM1db	Muy frío, húmedo. Vigas, lomas y glacis, pendientes 12 - 25%, 25-50% y 50- 75%. Depósitos superficiales de ceniza volcánica sobre rocas sedimentarias clásticas mixtas	6333.83	28.18
EMfhV1dc	Muy frío, húmedo. Vallecitos, pendientes de 1-3% y 3- 7%. Depósitos superficiales clásticos hidrogravigénicos.	1271.18	5.65
EMfmC3rc	Muy frío, muy húmedo. Crestas homoclinales abruptas, pendientes superiores a 50%. Rocas sedimentarias clásticas arenosas con intercalaciones de lomoarcillosas	1308.87	5.82
ZU	Zona urbana	93.48	0.42
Total general		22479.13	100.00

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en (Corpoboyacá, 2009)

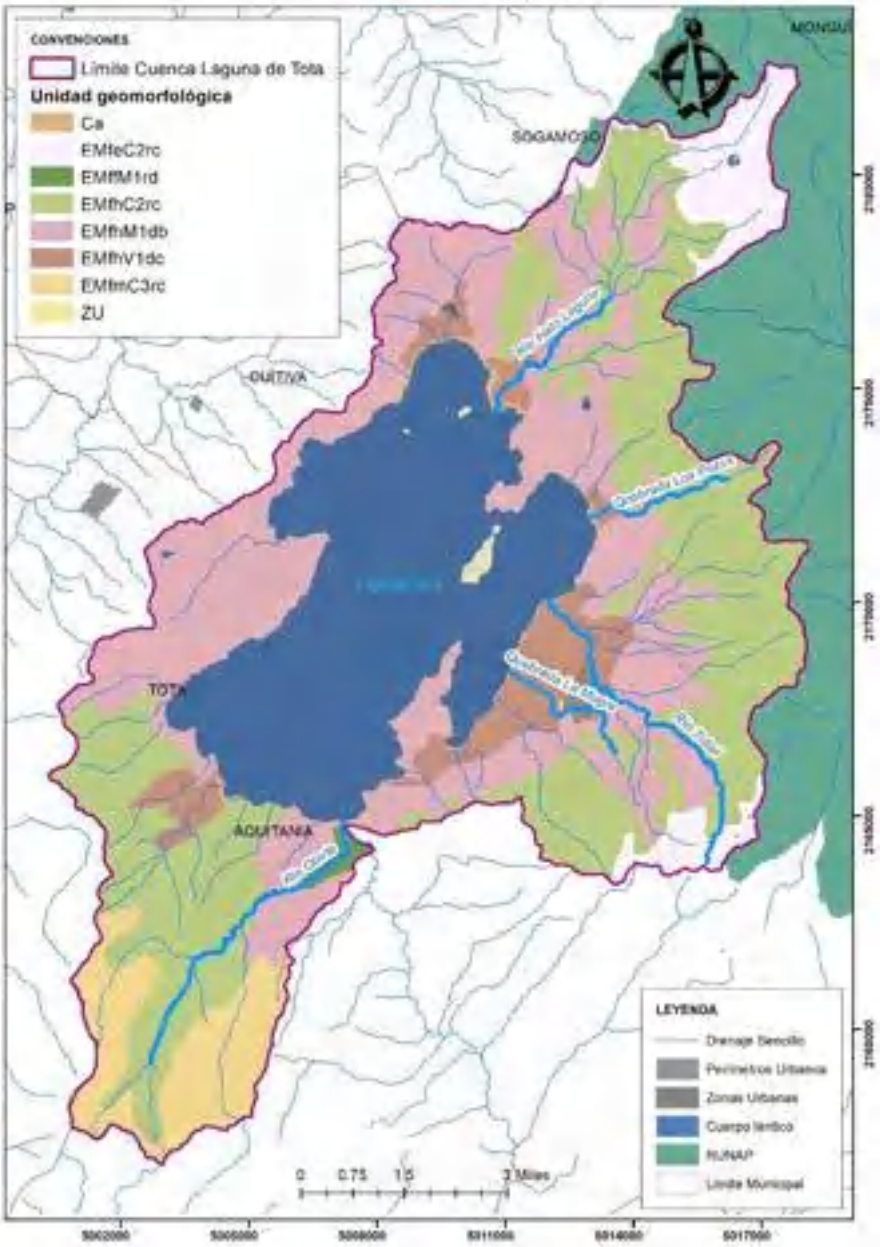
Se resalta que alrededor del espejo de agua del Lago de Tota predomina la unidad geomorfológica EMfhM1db que en conjunto con la subunidad EMffM1rd ubicada en la parte baja del río Olarte se caracterizan por presentar filas y vigas que podrían asociarse a la producción de sedimentos, mientras que en la parte baja presentan relieve de glacís asociado a la acumulación de material coluvial proveniente de las partes altas de las laderas, transportados por el escurrimiento hídrico superficial que han permitido la depositación de piroclastos de ceniza volcánica y rocas sedimentarias clásticas mixtas.

Por otro lado, hacia la parte alta de la unidad hidrográfica I del río Hatolaguna se presentan la unidad EMfeC2rc que en conjunto con la unidad EMfhC2rc presente principalmente en las partes altas de las unidades hidrográficas de los cuerpos de agua lóticos priorizados se caracterizan por presentar crestas y crestones homoclinales, que hacia las partes de menos altitud presentan depósitos de rocas sedimentarias clásticas arenosas con intercalaciones de lomoarcillosas. La subunidad EMfmC3rc presenta características similares, presentando crestas homoclinales con pendientes abruptas; esta subunidad se presenta en las partes más altas de la unidad hidrográfica de nivel I del río Olarte.

Por último, se destaca que la subunidad EMfhV1dc caracterizada por relieve de vallecitos y bajas pendientes que no superan el 7%, constituyéndose como depósitos superficiales clásticos hidrogravigénicos constituidos a partir del escurrimiento del agua asociado al cauce principal de los de los ríos Hatolaguna y

Tobal y de las quebradas Los Pozos y La Mugre, mediante los cuales se transportan sedimentos aluviales y se reciben aportes laterales de naturaleza coluvial.

Figura 26. Unidades geomorfológicas presentes en la subzona hidrográfica Lago de Tota



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en (Corpoboyacá, 2009)

Teniendo en cuenta el análisis anteriormente realizado a nivel general para la subzona hidrográfica del Lago de Tota, a continuación, se presenta un acercamiento por unidad hidrográfica correspondiente a cada uno de los cuerpos de agua lóticos priorizados, considerando las descripciones ya realizadas.

2.1.4.3.2 Unidad Hidrográfica de Nivel I río Hatolaguna

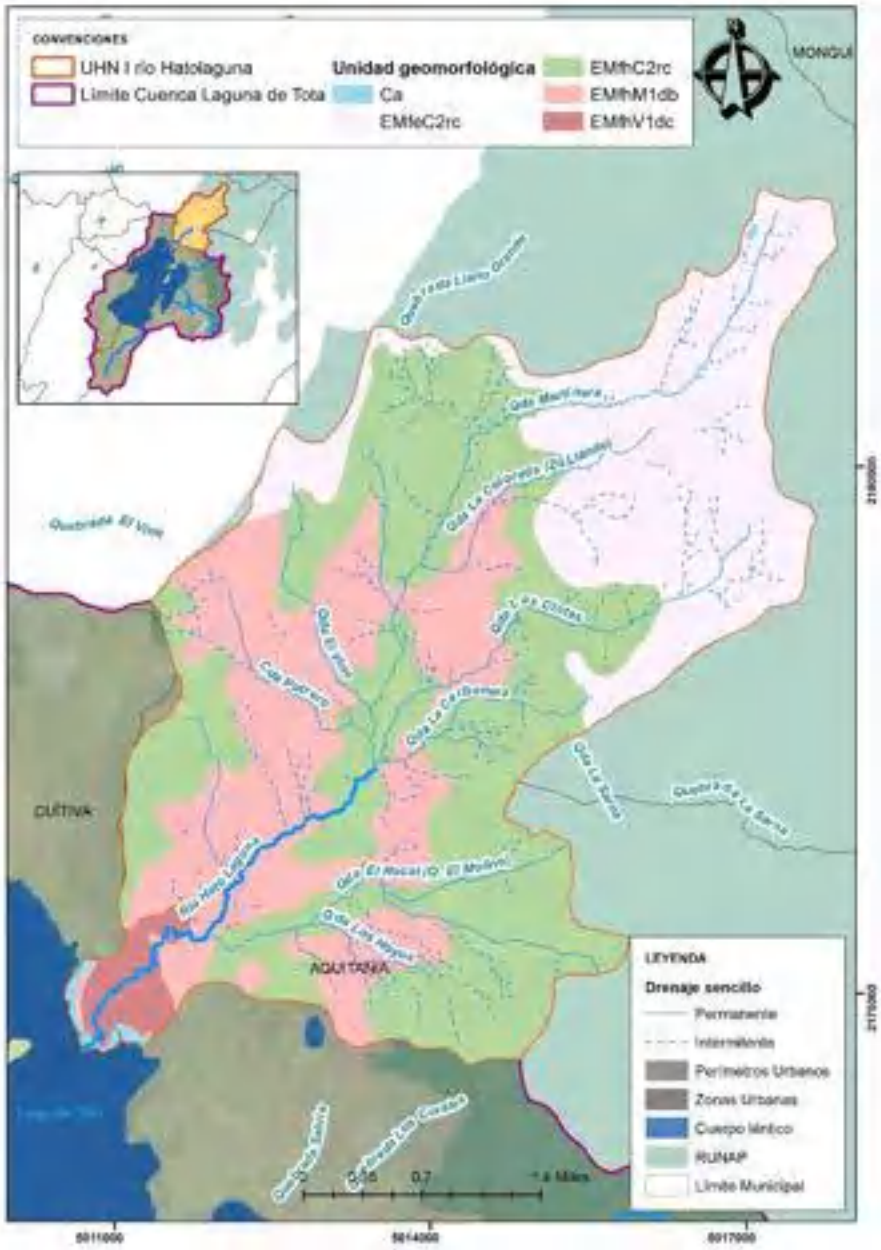
La subunidad geomorfológica predominante en esta unidad hidrográfica de nivel I corresponde a la EMfhC2rc que como se mencionó con anterioridad al igual que la unidad EMfeC2rc presenta crestones con pendientes superiores al 50%, generadores de sedimentos, los cuales son depositados en áreas de glacis que se presentan el cauce principal del río Hatolaguna en una extensión aproximadamente de 2.5 km lineales medidos sobre el cauce principal del mismo seguidos por el relieve de vallecitos localizado en aproximadamente 1.7 km de la parte baja del río Hatolaguna medidos desde su desembocadura en el Lago de Tota hacia aguas arriba.

Tabla 15. Unidades geomorfológicas presentes en la unidad hidrográfica de nivel I río Hatolaguna

Símbolo subunidad geomorfológica	Descripción	Área (ha)	Área (%)
Ca	Cuerpo de agua	13.56	0.44
EMfeC2rc	Extremadamente frío, húmedo y muy húmedo. Crestas y crestones homoclinales, pendientes superiores a 50%. Rocas sedimentarias clásticas arenosas con intercalaciones de lomoarcillosas	822.75	26.50
EMfhC2rc	Muy frío, húmedo. Crestas y crestones homoclinales, pendientes superiores a 50%. Rocas sedimentarias clásticas arenosas con intercalaciones de lomoarcillosas	1330.53	42.85
EMfhM1db	Muy frío, húmedo. Vigas, lomas y glacis, pendientes 12 - 25%, 25-50% y 50- 75%. Depósitos superficiales de ceniza volcánica sobre rocas sedimentarias clásticas mixtas	864.31	27.84
EMfhV1dc	Muy frío, húmedo, Vallecitos, pendientes de 1-3% y 3- 7%. Depósitos superficiales clásticos hidrogravigénicos.	73.73	2.37
Total general		3104.89	100.00

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en (Corpoboyacá, 2009)

Figura 27. Unidades geomorfológicas presentes en la unidad hidrográfica de nivel I río Hatolaguna



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en (Corpoboyacá, 2009)

2.1.4.3.3 Unidad Hidrográfica de Nivel I Quebrada Los Pozos

La subunidad geomorfológica predominante en esta unidad hidrográfica de nivel I corresponde a la EMfhC2rc sobre la cual se ubican la totalidad de los afluentes intermitentes directos de la Quebrada Los Pozos y más del 60% de la extensión del cauce principal, medidos desde aguas arriba. Tal y como se mencionó con anterioridad, esta unidad presenta crestones con pendientes superiores al 50%, generadores

de sedimentos, los cuales son depositados en áreas de glacis que se presentan el cauce principal del río Hatolaguna en una extensión aproximadamente de 2.5 km lineales medidos sobre el cauce principal del mismo seguidos por el relieve de vallecitos localizado en aproximadamente 1.7 km de la parte baja del río Hatolaguna medidos desde su desembocadura en el Lago de Tota hacia aguas arriba.

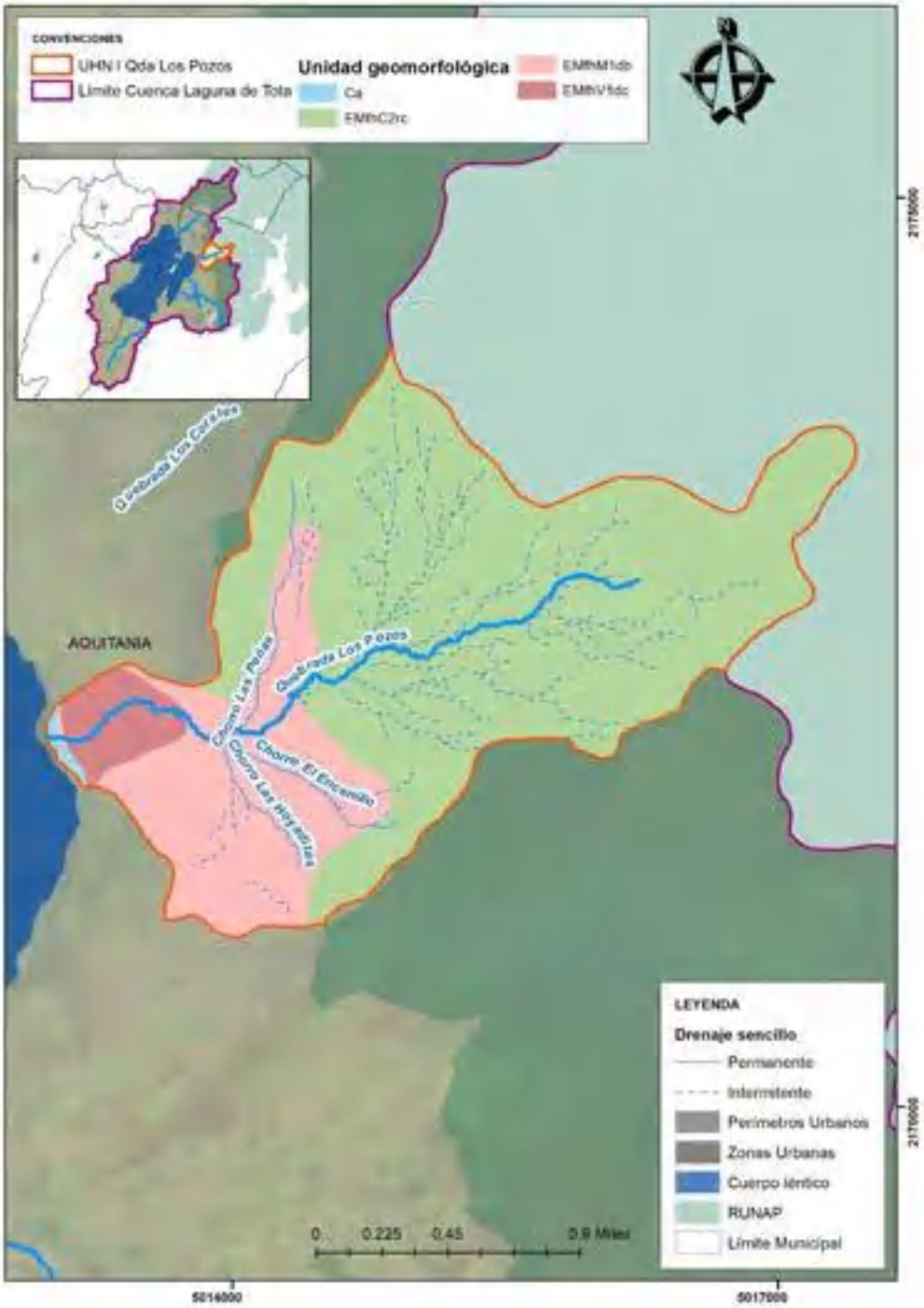
Por otro lado, se presenta la subunidad EMfhM1db que combinas filas y vigas productoras de sedimentos que en parte se depositan en zonas de glacis sobre las cuales se ubican los Chorros Las Peñas, El Encenillo y Las Hoyaditas, así como un tramos aproximadamente 900 metros del cauce principal de la Qda Los Pozos, el cual sucedido por un tramo ubicado sobre la subunidad EMfhV1dc donde presentan vallecitos conformados como depósitos clásticos hidrogravigénicos debido a la baja pendiente de dicha área.

Tabla 16. Unidades geomorfológicas presentes en la unidad hidrográfica de nivel I quebrada Los Pozos

Símbolo subunidad geomorfológica	Descripción	Área (ha)	Área (%)
Ca	Cuerpo de agua	2.84	0.43
EMfhC2rc	Muy frío, húmedo. Crestas y crestones homoclinales, pendientes superiores a 50%. Rocas sedimentarias clásticas arenosas con intercalaciones de lomoarcillosas	474.33	71.86
EMfhM1db	Muy frío, húmedo. Vigas, lomas y glacis, pendientes 12 - 25%, 25-50% y 50- 75%. Depósitos superficiales de ceniza volcánica sobre rocas sedimentarias clásticas mixtas	155.12	23.50
EMfhV1dc	Muy frío, húmedo, Vallecitos, pendientes de 1-3% y 3- 7%. Depósitos superficiales clásticos hidrogravigénicos.	27.81	4.21
Total general		660.10	100.00

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en (Corpoboyacá, 2009)

Figura 28. Unidades geomorfológicas presentes en la unidad hidrográfica de nivel I Quebrada Los Pozos



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en (Corpoboyacá, 2009)

2.1.4.3.4 Unidad Hidrográfica de Nivel I río Tobal

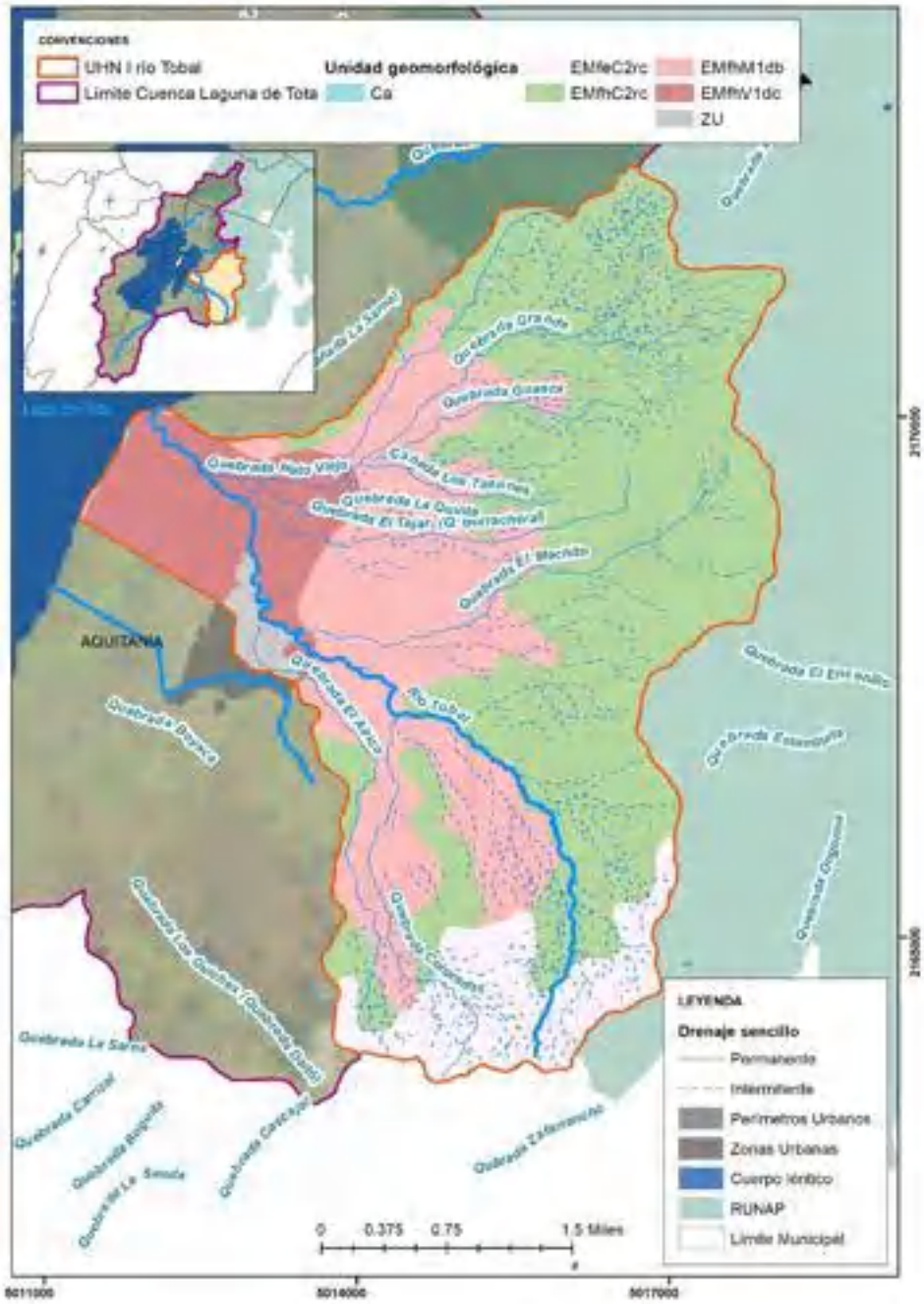
La subunidad geomorfológica predominante en esta unidad hidrográfica de nivel I corresponde a la EMfhC2rc presente en los nacimientos de todos los afluentes del río Tobal a excepción del nacimiento del río como tal y de la Quebrada Coloradas en cuyos nacimientos se presenta la subunidad EMfeC2rc que como se mencionó con anterioridad al igual que la unidad EMfhC2rc presenta crestones con pendientes superiores al 50%, generadores de sedimentos, los cuales son depositados en áreas de glacis que se presentan casi la totalidad del cauce de las quebradas El Alrico, Coloradas, Guasca, Los Timones y La Quinta así como en un tramo de aproximadamente 1 km de longitud línea del río Toba ubicado aguas debajo de la desembocadura de la Quebrada El Alrico, que es sucedido por un relieve de vallecitos localizado en aproximadamente 2 km de la parte baja del río Tobal medidos desde su desembocadura en el Lago de Tota hacia aguas arriba interrumpidos por la zona urbana del municipio de Aquitania.

Tabla 17. Unidades geomorfológicas presentes en la unidad hidrográfica de nivel I río Tobal

Símbolo subunidad geomorfológica	Descripción	Área (ha)	Área (%)
Ca	Cuerpo de agua	2.71	0.09
EMfeC2rc	Extremadamente frío, húmedo y muy húmedo. Crestas y crestones homoclinales, pendientes superiores a 50%. Rocas sedimentarias clásticas arenosas con intercalaciones de lomoarcillosas	287.24	9.11
EMfhC2rc	Muy frío, húmedo. Crestas y crestones homoclinales, pendientes superiores a 50%. Rocas sedimentarias clásticas arenosas con intercalaciones de lomoarcillosas	1639.40	51.99
EMfhM1db	Muy frío, húmedo. Vigas, lomas y glacis, pendientes 12 - 25%, 25-50% y 50- 75%. Depósitos superficiales de ceniza volcánica sobre rocas sedimentarias clásticas mixtas	859.44	27.25
EMfhV1dc	Muy frío, húmedo, Vallecitos, pendientes de 1-3% y 3- 7%. Depósitos superficiales clásticos hidrogravigénicos.	323.92	10.27
ZU	Zona urbana	40.78	1.29
Total general		3153.49	100.00

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en (Corpoboyacá, 2009)

Figura 29. Unidades geomorfológicas presentes en la unidad hidrográfica de nivel I río Tobal



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en (Corpoboyacá, 2009)

2.1.4.3.5 Unidad Hidrográfica de Nivel I Quebrada La Mugre

La subunidad geomorfológica predominante en esta unidad hidrográfica de nivel I corresponde a la EMfhV1dc presente en la parte baja del cuerpo de agua en aproximadamente 1.7 km medidas desde la

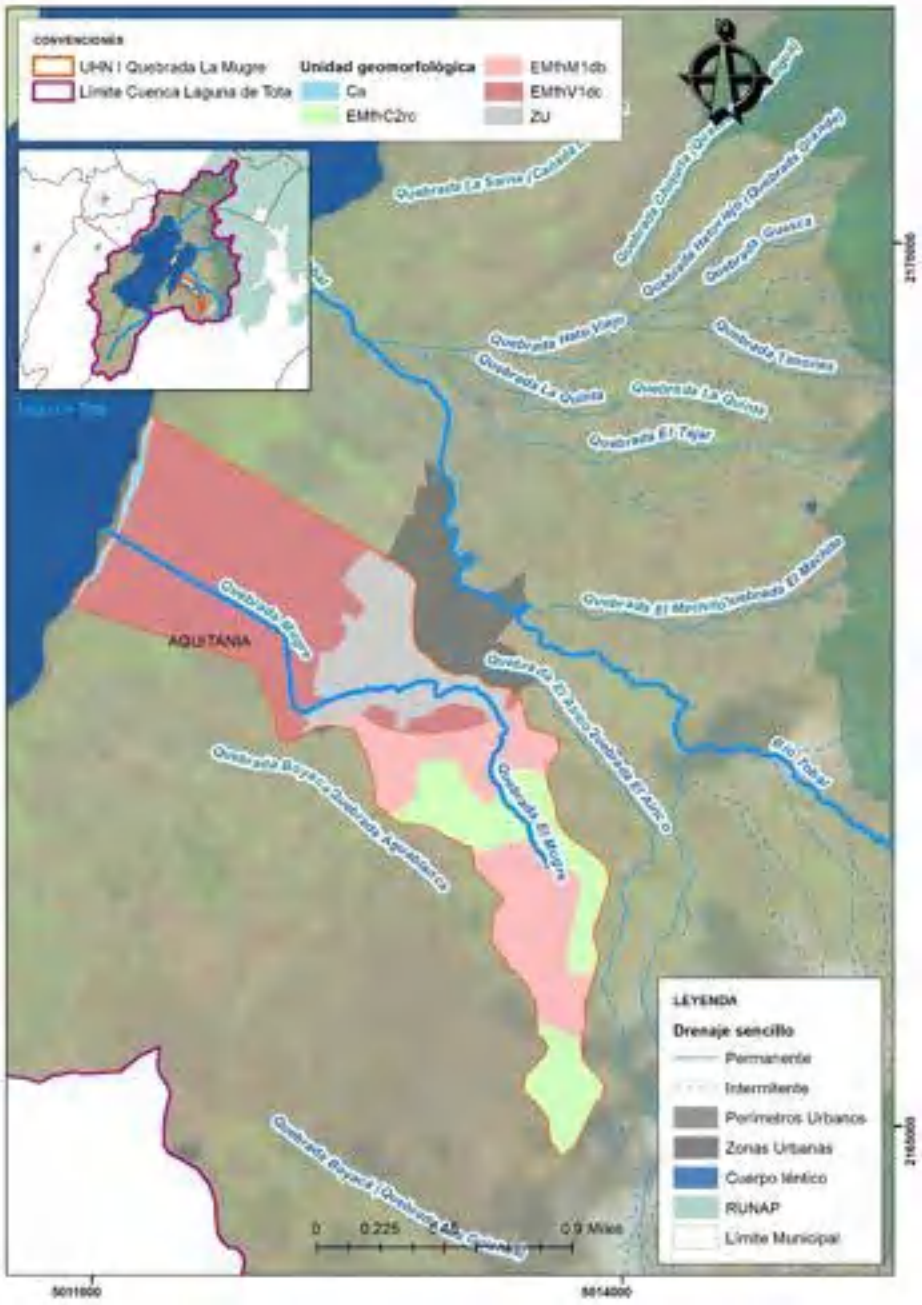
desembocadura del cauce principal de la Quebrada La Mugre hacia aguas arriba, en donde este toma un patrón de alineamiento lineal producto de la intervención antrópica de esta área asociada a la zona urbana del municipio de Aquitania y la producción agrícola característica de la zona y que es precedida por intercalaciones de las subunidades EMfhC2rc y EMfhV1dc lo cual se relaciona con la producción, transporte y acumulación de sedimentos tal y como se identificó en la curva hipsométrica.

Tabla 18. Unidades geomorfológicas presentes en la unidad hidrográfica de nivel I quebrada La Mugre

Símbolo subunidad geomorfológica	Descripción	Área (ha)	Área (%)
Ca	Cuerpo de agua	3.41	0.99
EMfhC2rc	Muy frío, húmedo. Crestas y crestones homoclinales, pendientes superiores a 50%. Rocas sedimentarias clásticas arenosas con intercalaciones de lomoarcillosas	62.04	18.03
EMfhM1db	Muy frío, húmedo. Vigas, lomas y glacis, pendientes 12 - 25%, 25-50% y 50- 75%. Depósitos superficiales de ceniza volcánica sobre rocas sedimentarias clásticas mixtas	74.97	21.79
EMfhV1dc	Muy frío, húmedo, Vallecitos, pendientes de 1-3% y 3- 7%. Depósitos superficiales clásticos hidrogravigénicos.	152.23	44.25
ZU	Zona urbana	51.41	14.94
Total general		344.05	100

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en (Corpoboyacá, 2009)

Figura 30. Unidades geomorfológicas presentes en la unidad hidrográfica de nivel I quebrada La Mugre



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en (Corpoboyacá, 2009)

2.1.4.3.6 Unidad Hidrográfica de Nivel I río Olarte

La subunidad geomorfológica predominante en esta unidad hidrográfica de nivel I corresponde a la EMfmC3rc en la parte más alta de la unidad hidrográfica ye n donde nacen tanto el río Olarte como los principales tributarios del mismo; esta unidad al igual que la EMfhC2rc que precede a la anteriormente mencionada se caracterizan por presentar crestones con pendientes superiores al 50%, generadores de sedimentos, los cuales son depositados en áreas de glacis que se presentan el cauce principal del río Olarte

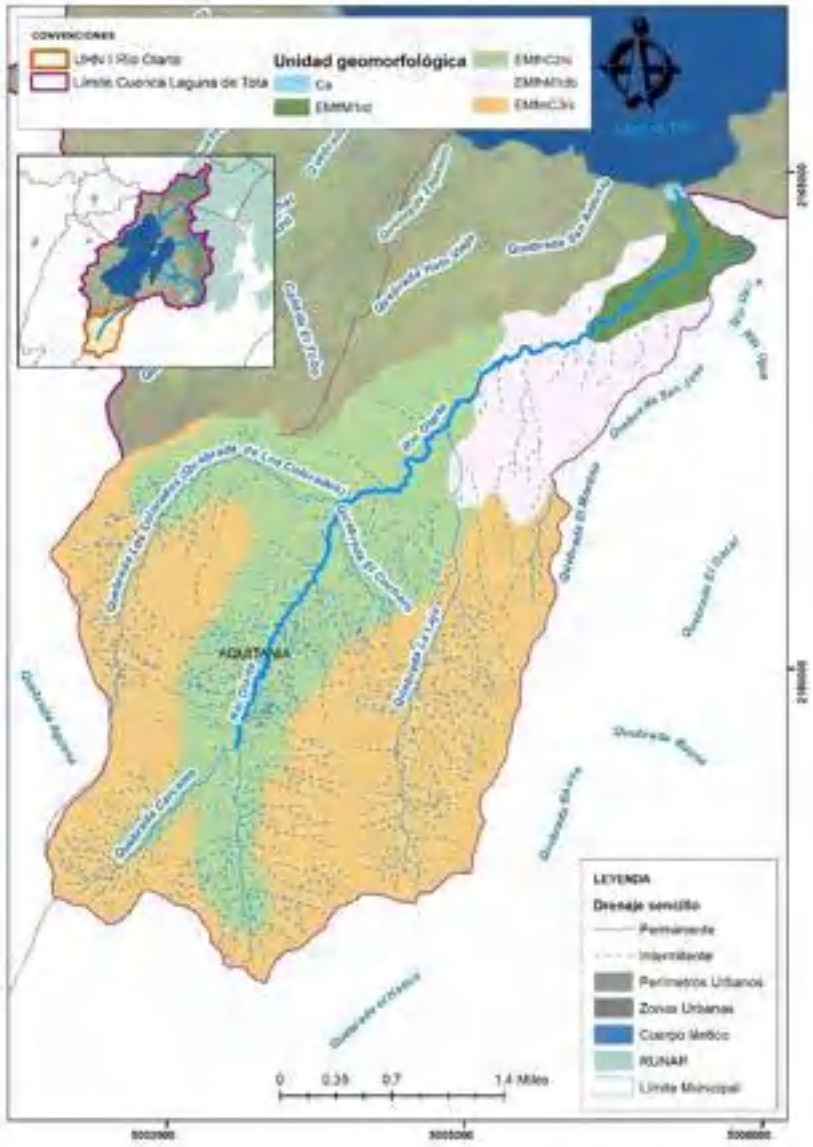
ubicados a partir de 2 km de distancia medidos desde la desembocadura del río en el lago y en un tramo de aproximadamente 1.4km precedido por la subunidad EMffM1rd que presenta características similares a al anteriormente mencionada.

Tabla 19. Unidades geomorfológicas presentes en la unidad hidrográfica de nivel I río Olarte

Símbolo subunidad geomorfológica	Descripción	Área (ha)	Área (%)
Ca	Cuerpo de agua	2.63	0.10
EMffM1rd	Muy frío y frío húmedo. Vigas, lomas y glacis, pendientes 12 - 25%, 25- 50% y 50-75%. Rocas sedimentarias clásticas mixtas y depósitos superficiales piroclásticos de ceniza volcánica	92.55	3.59
EMfhC2rc	Muy frío, húmedo. Crestas y crestones homoclinales, pendientes superiores a 50%. Rocas sedimentarias clásticas arenosas con intercalaciones de lomoarcillosas	921.61	35.71
EMfhM1db	Muy frío, húmedo. Vigas, lomas y glacis, pendientes 12 - 25%, 25-50% y 50- 75%. Depósitos superficiales de ceniza volcánica sobre rocas sedimentarias clásticas mixtas	303.16	11.75
EMfmC3rc	Muy frío, muy húmedo. Crestas homoclinales abruptas, pendientes superiores a 50%. Rocas sedimentarias clásticas arenosas con intercalaciones de lomoarcillosas	1260.65	48.85
ZU	Zona urbana		
Total general		2580.60	100.00

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en (Corpoboyacá, 2009)

Figura 31. Unidades geomorfológicas presentes en la unidad hidrográfica de nivel I río Olarte



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en (Corpoboyacá, 2009)

2.1.4.4 Coberturas y uso del suelo

Las coberturas de le tierra asociadas a uno o varios usos del suelo permiten identificar la dinámica de manejo y tratamiento del suelo, la cual incide en la producción de sedimentos originados a partir de fenómenos erosivos, así como también permite inferir el uso del agua que se puede dar en determinada área y las afectaciones a la calidad de la misma. A continuación, se presenta el análisis de coberturas de la tierra asociadas a los usos actuales del suelo, tomando como base el diagnóstico realizado a partir del proyecto AICCA (GEF, CAF, CONDENSAN, 2021).

2.1.4.4.1 Subzona hidrográfica Lago de Tota

Respecto a la subzona hidrográfica del Lago de Tota, a nivel general y de acuerdo con la Tabla 20 se observa

Respecto al nivel I de la leyenda Corine Land Cover, las coberturas de territorios agrícolas y bosque y áreas seminaturales cubren cada una aproximadamente una tercera parte del área de la cuenca, siendo a nivel más detallado la segunda cobertura predominante en cuanto a extensión después de Lagunas, lagos y ciénagas naturales la Herbazal denso de tierra firme no arbolado con un 22.17% de representatividad espacial, que corresponde a coberturas naturales ubicas principalmente en las zonas más altas de la cuenca donde por pendiente y condiciones naturales del terreno se dificulta el desarrollo de actividades productivas, sin embargo seguida de esta, se identifica la cobertura de Mosaico de pastos y cultivos con 17.85% de representatividad espacial siendo esta una cobertura asociada actividades productivas en donde se realizan actividades de cultivo de cebolla, papa, haba combinada con pastos que en algunos casos son empleados para producción pecuaria.

Las demás coberturas identificadas, presentan una representatividad espacial inferior al 10%, sin embargo se resalta que en cercanías del Lago de Tota, hacia la zona suroeste predomina la cobertura de mosaico de pastos y cultivos previamente mencionada, intercala con pequeñas áreas de vegetación secundaria baja que se ubican sobre el límite del lago, mientras que hacia la zona noroeste esta vegetación secundaria se intercala con pastos limpios, evidenciando allí la predominancia de actividades ganaderas. Hacia la zona norte del lago y muy cerca del espejo de agua, se evidencian arbustales densos y zonas pantanosas, sin embargo también es posible observar algunos polígonos de pastos y cebolla que han sobrepasado la barrera de las coberturas naturales anteriormente mencionadas, situación que se presente a de forma similar hacia el costado este del lago, donde se observa hacia la zona sureste predominancia del cultivo de cebolla que en la mayoría de los casos es separado del espejo de agua por una barrera de cobertura de vegetación secundaria, arbustales y zonas pantanosas de menos de 100 metros de ancho, mientras que hacia la zona noreste se observa la predominancia de la cobertura de zonas pantanosas alrededor del lago que en algunos caso ha sido sobrepasa por la cobertura de pastos.

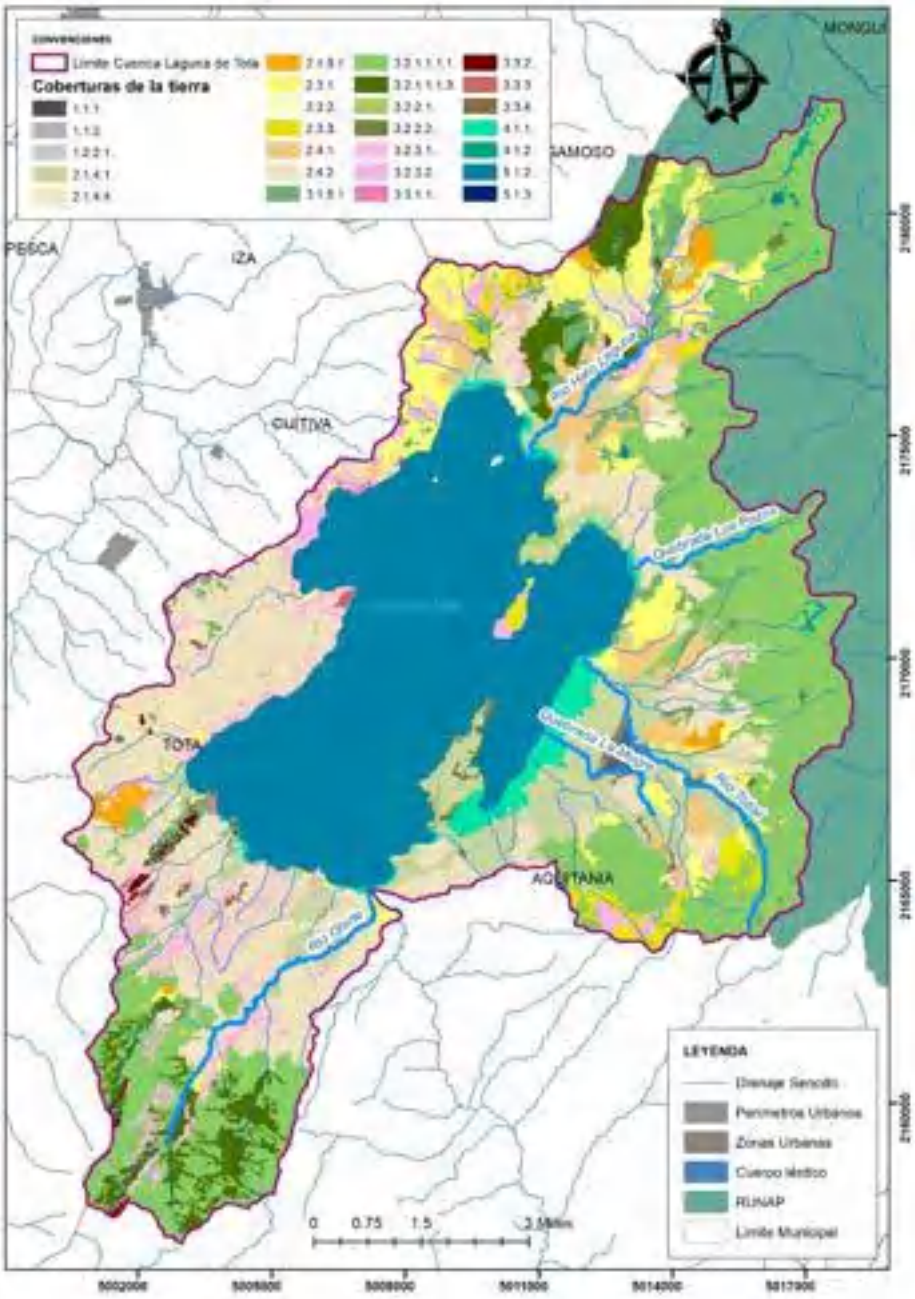
Tabla 20. Coberturas de la tierra

NIVEL 1	NIVEL 2	COBERTURA	ÁREA (HA)	ÁREA (%)
1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	1.1. Zonas urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo	47.17	0.21
		1.1.2. Tejido urbano discontinuo	4.27	0.02
	1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	1.2.2.1. Red vial y territorios asociados	317.84	1.41
2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS	2.1. Cultivos transitorios	2.1.4.1. Cebolla	1580.25	7.02
		2.1.4.4. Haba	5.33	0.02

NIVEL 1	NIVEL 2	COBERTURA	ÁREA (HA)	ÁREA (%)
		2.1.5.1. Papa	193.92	0.86
	2.3. Pastos	2.3.1. Pastos limpios	1307.56	5.81
		3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	61.22	0.27
		2.3.3. Pastos enmalezados	329.46	1.46
	2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.1. Mosaico de cultivos	675.76	3.00
		2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	4020.48	17.85
3. BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES	3.1. Bosques	3.1.5.1. Plantación de coníferas	533.34	2.37
	3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3.2.1.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no arbolado	4993.09	22.17
		3.2.1.1.1.3. Herbazal denso de tierra firme con arbustos	814.72	3.62
		3.2.2.1. Arbustal denso	328.74	1.46
		3.2.2.2. Arbustal abierto	79.83	0.35
		3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	14.46	0.06
		3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	1143.82	5.08
	3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	3.3.1.1. Playas	5.19	0.02
		3.3.2. Afloramientos rocosos	51.58	0.23
		3.3.3. Tierras desnudas y degradadas	27.35	0.12
		3.3.4. Zonas quemadas	49.09	0.22
4. AREAS HÚMEDAS	4.1. Áreas húmedas continentales	4.1.1. Zonas Pantanosas	371.03	1.65
		4.1.2. Turberas	45.61	0.20
5. SUPERFICIES DE AGUA	5.1. Aguas continentales	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	5522.69	24.52
		5.1.3. Canales	0.58	0.003
Total general			22479.12	100

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en (GEF, CAF, CONDENSAN, 2021)

Figura 32. Coberturas de la tierra para la subzona hidrográfica del Lago de Tota



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en (GEF, CAF, CONDENSAN, 2021)

Las coberturas anteriormente descritas, pueden ser agrupadas empleando una clasificación de uso del suelo, en donde es posible observar de forma general el estado de alteración de las características naturales del territorio, de tal forma que, tal y como se presenta en la Tabla 21 y Figura 33, donde se observa que el uso predominante es el natural debido a la influencia que ejerce la cobertura de Lagunas, lagos y ciénagas

naturales sobre la representatividad espacial, sin embargo, seguida a este, se encuentra la cobertura de uso agropecuaria, asociada principalmente a la cobertura de Mosaico de pastos y cultivos anteriormente mencionada.

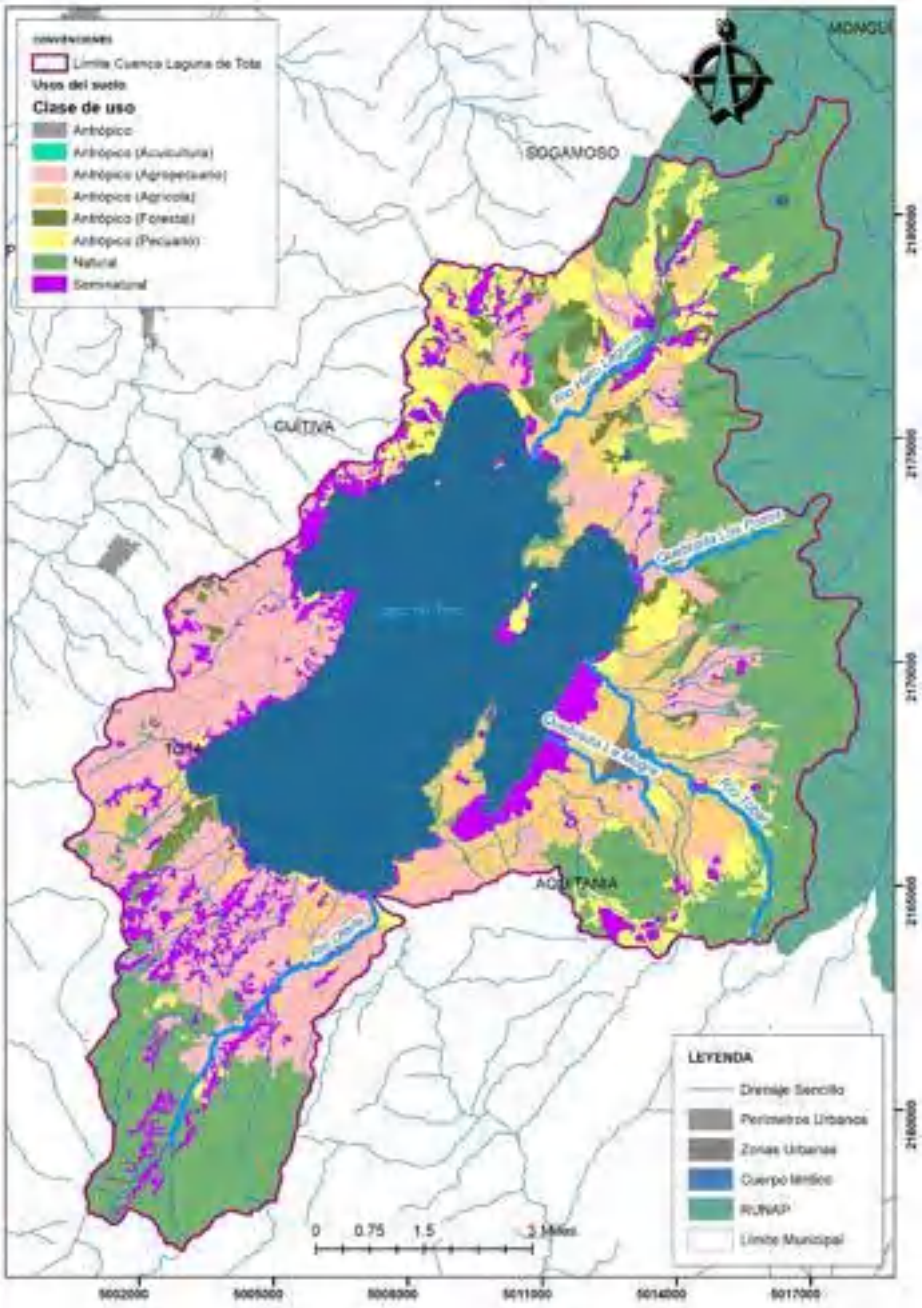
A nivel general respecto a las condiciones del suelo en cercanías al lago, se comprueba lo descrito anteriormente respecto al análisis de coberturas, evidenciando que las coberturas agropecuarias, agrícolas y seminaturales son las más abundantes en cuanto a extensión se refiere.

Tabla 21. Usos del suelo identificados en la subzona hidrográfica del Lago de Tota

Clase de uso	Área (ha)	Área (%)
Antrópico	369.87	1.64
Antrópico (Acuicultura)	6.92	0.03
Antrópico (Agrícola)	2439.43	10.83
Antrópico (Agropecuario)	3967.14	17.61
Antrópico (Forestal)	542.63	2.41
Antrópico (Pecuario)	1663.38	7.38
Natural	11869.46	52.70
Seminatural	1665.54	7.39
Total general	22479.12	100.00

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en (GEF, CAF, CONDENSAN, 2021)

Figura 33. Usos del suelo identificados en la subzona hidrográfica del Lago de Tota



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en (GEF, CAF, CONDENSAN, 2021)

2.1.4.4.2 Unidad Hidrográfica de Nivel I río Hatolaguna

Respecto a esta unidad hidrográfica de Nivel I se identificó que el uso predominante en cuanto a extensión se refiere corresponde al uso natural el cual se distribuye principalmente hacia las partes altas de la cuenca y las periferias de la misma, asociada su distribución a su vez a las áreas que de acuerdo la geomorfología presenta pendiente que superan el 50% siendo inviable el desarrollo de actividades productivas.

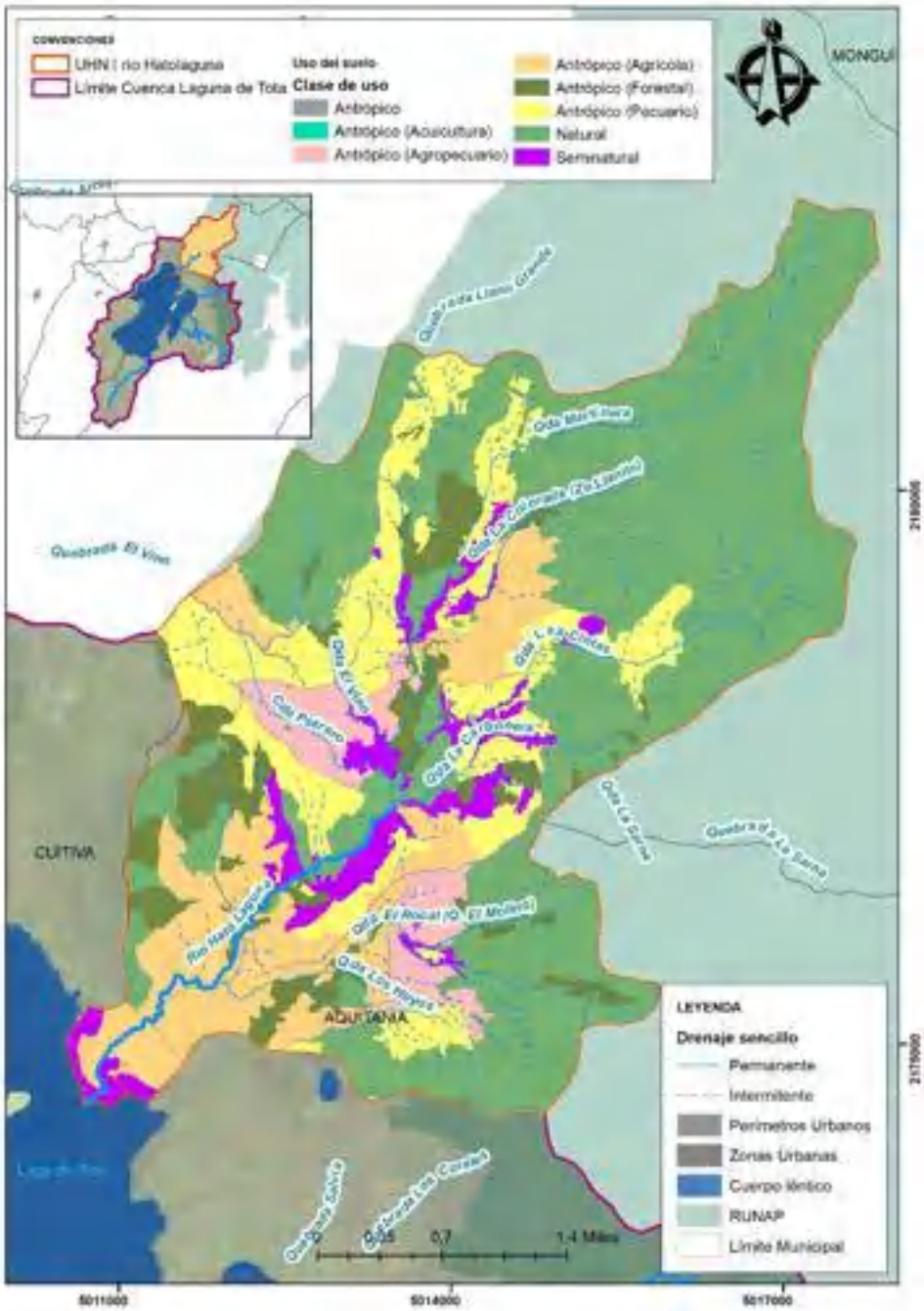
Por otro lado, hacia la parte alta donde ocurre el nacimiento del río Hatolaguna por la confluencia de dos tributarios, se evidencia que hacia la vertiente oriental predominan las coberturas de vegetación secundaria asociadas al uso seminatural teniendo en cuenta que provienen de un proceso de sucesión vegetal, mientras que hacía l vertiente occidental predominan las coberturas de herbazal típicas de la zona y se que se asocian a un uso natural, esto permite concluir que al menos en los primeros 1.2 km del río Hatolaguna medidos desde su nacimiento se presentan coberturas y usos que podrían considerarse naturales, en donde no se esperaría encontrar ninguna actividad productiva, mientras que en el tramo siguiente, hacia aguas abajo, se presentan pequeñas franjas de plantaciones de coníferas inmersas en una gran polígono de cultivos transitorios intensivos, siendo ambos usos de tipo antrópico, su intercalación se extiende en aproximadamente 1 km alrededor del cauce principal del río Hatolaguna. Por último, aguas abajo se presenta una evidente dominancia del uso agrícola hacia ambas laderas del cauce, la cual se mantiene hasta casi unos 500 m aguas arriba de la desembocadura del río en el lago, ya que en la parte más baja del río Hatolaguna la cobertura cambia a zonas pantanosas.

Tabla 22. Usos del suelo identificados en la Unidad hidrográfica de nivel I río Hatolaguna

Clase de uso	Área (ha)	Área (%)
Antrópico	30.85	0.99
Antrópico (Agrícola)	435.00	13.98
Antrópico (Agropecuario)	149.47	4.80
Antrópico (Forestal)	235.99	7.59
Antrópico (Pecuario)	502.66	16.16
Natural	1595.35	51.28
Seminatural	161.90	5.20
Total general	3111.22	100.00

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en (GEF, CAF, CONDENSAN, 2021)

Figura 34. Usos del suelo identificados en la Unidad hidrográfica de nivel I río Hatolaguna



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en (GEF, CAF, CONDENSAN, 2021)

2.1.4.4.3 Unidad Hidrográfica de Nivel I Quebrada Los Pozos

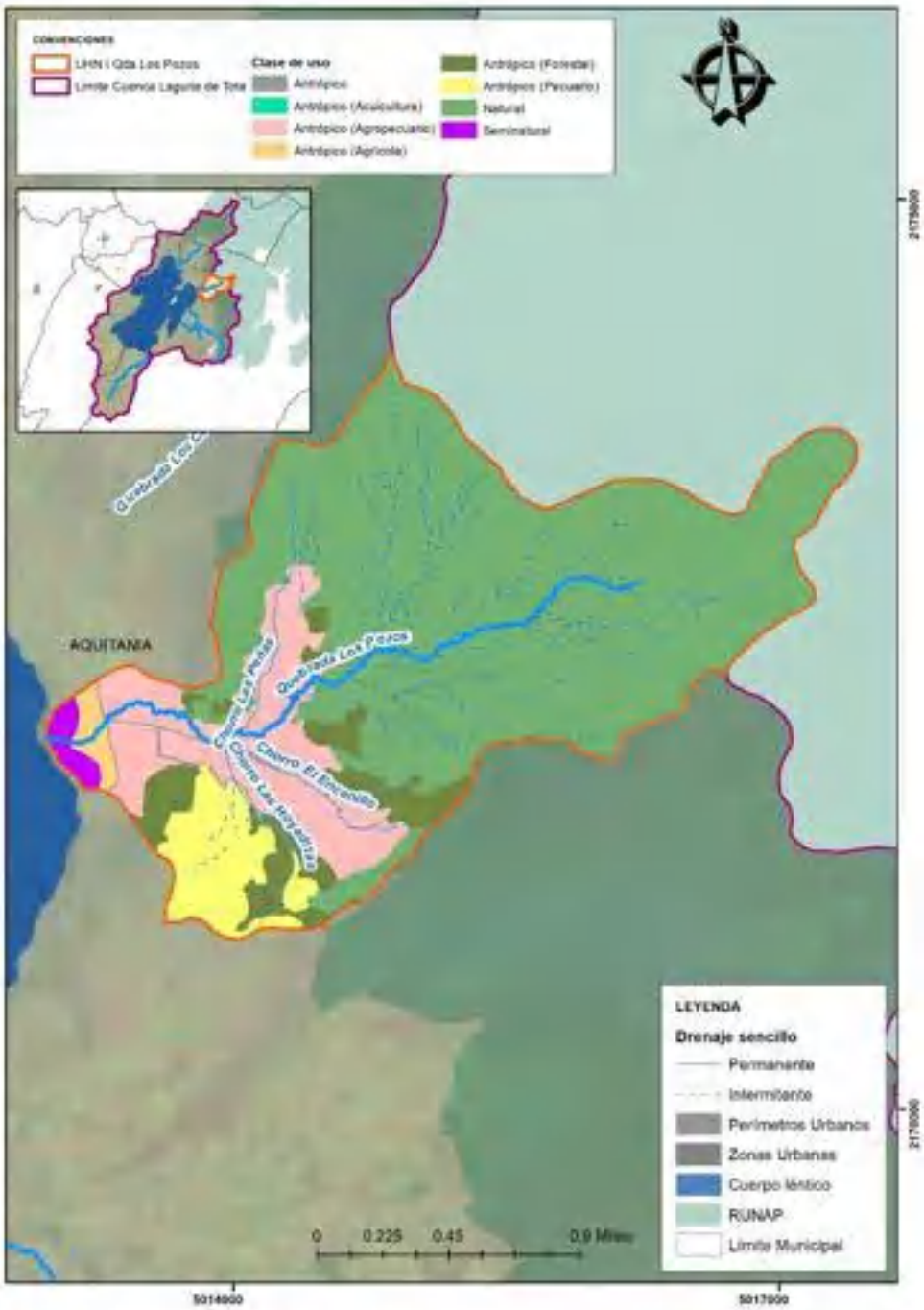
Respecto a esta unidad hidrográfica de Nivel I se identificó que el uso predominante en cuanto a extensión se refiere corresponde al uso natural el cual se distribuye principalmente hacia las partes altas y medias de la cuenca cubriendo aproximadamente el 70% de la misma, y por lo tanto más de un 50% de las laderas del cauce principal de la Quebrada Los Pozos, mientras que en el tramo siguiente hacia aguas abajo, en más de 1 km se presentan coberturas de uso agropecuario correspondientes principalmente a mosaicos de pasos y cultivos, seguido de un polígono homogéneo de uso agrícola correspondiente específicamente a cultivos de cebolla que de forma paralela a la quebrada alcanzan una extensión de aproximadamente 240 metros. Por último, y tal y como sucede en el río Hatolaguna, la parte más baja del cuerpo de agua en donde este desemboca en el Lago de Tota se presenta un uso seminatural asociado a zonas pantanosas.

Tabla 23. Usos del suelo identificados en la Unidad hidrográfica de nivel I Quebrada Los Pozos

Clase de uso	Área (ha)	Área (%)
Antrópico	4.09	0.62
Antrópico (Agrícola)	7.58	1.15
Antrópico (Agropecuario)	97.74	14.78
Antrópico (Forestal)	45.99	6.95
Antrópico (Pecuario)	41.65	6.30
Natural	457.33	69.14
Seminatural	7.06	1.07
Total general	661.44	100.00

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en (GEF, CAF, CONDENSAN, 2021)

Figura 35. Usos del suelo identificados en la Unidad hidrográfica de nivel I Quebrada Los Pozos



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en (GEF, CAF, CONDENSAN, 2021)

2.1.4.4.4 Unidad Hidrográfica de Nivel I río Tobal

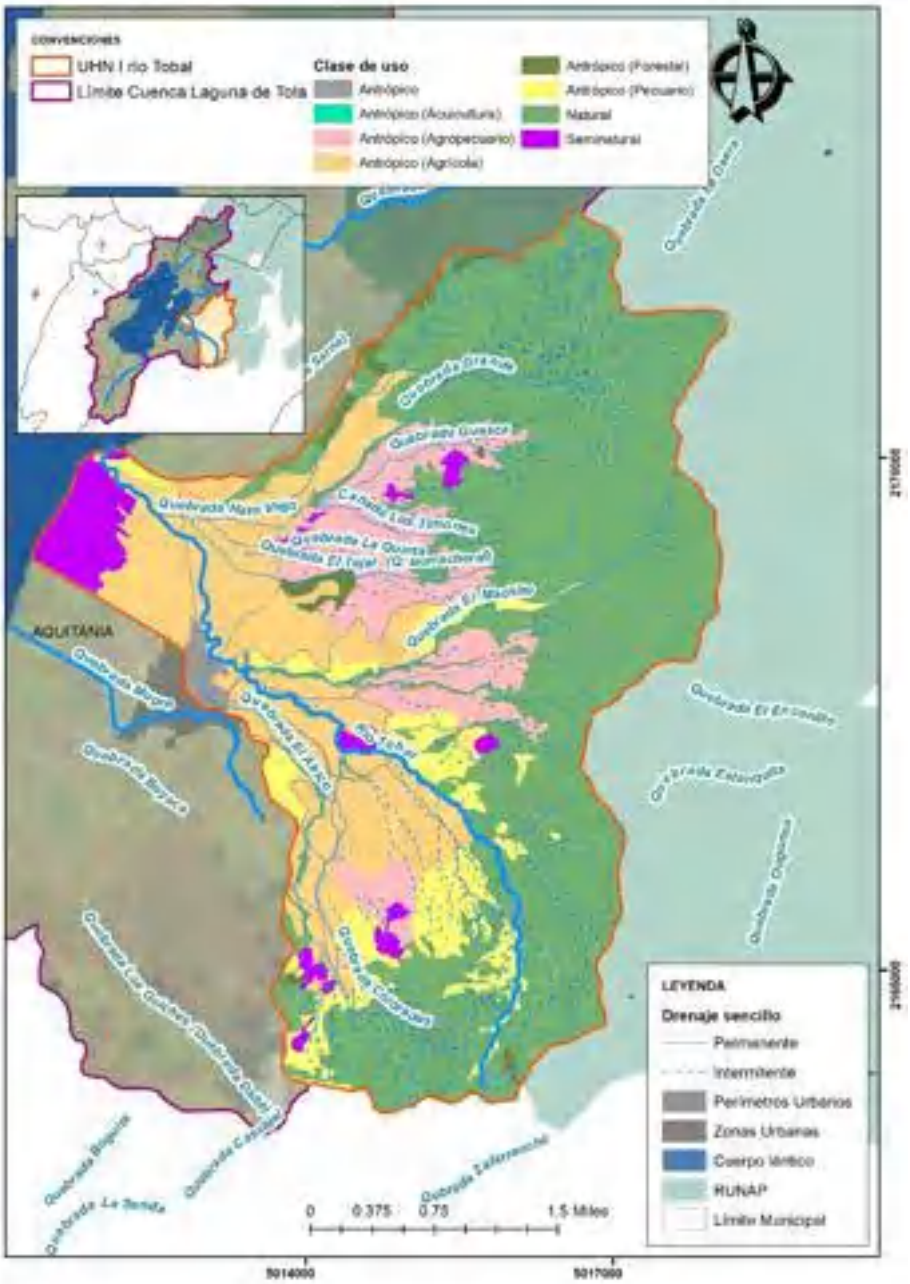
Respecto a esta unidad hidrográfica de Nivel I se identificó que el uso predominante en cuanto a extensión se refiere corresponde al uso natural el cual se distribuye principalmente hacia las partes altas y medias de la cuenca cubriendo aproximadamente el 53% de la misma, sin embargo hacia la parte alta del río Tobal se presenta de forma intercalada con usos del suelo asociados a actividades pecuarias presentándose esta dinámica en al menos 1.7 km en las laderas del río Tobal, seguido, hacia aguas abajo, de un tramo de 1.2. km en donde predomina el uso natural correspondiente a coberturas de herbazales, seguido a su vez del tramo correspondiente al resto del cauce principal del río Tobal en donde predomina el uso agrícola, mezclado con pequeños polígonos de pastos y arbustales y casi en la desembocadura, con zonas pantanosas.

Tabla 24. Usos del suelo identificados en la Unidad hidrográfica de nivel I río Tobal

Clase de uso	Área (ha)	Área (%)
Antrópico	77.40	2.45
Antrópico (Agrícola)	626.98	19.88
Antrópico (Agropecuario)	342.69	10.87
Antrópico (Forestal)	39.23	1.24
Antrópico (Pecuario)	251.56	7.98
Natural	1695.88	53.78
Seminatural	119.75	3.80
Total general	3153.49	100.00

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en (GEF, CAF, CONDENSAN, 2021)

Figura 36. Usos del suelo identificados en la Unidad hidrográfica de nivel I río Tobal



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en (GEF, CAF, CONDENSAN, 2021)

2.1.4.4.5 Unidad Hidrográfica de Nivel I Quebrada La Mugre

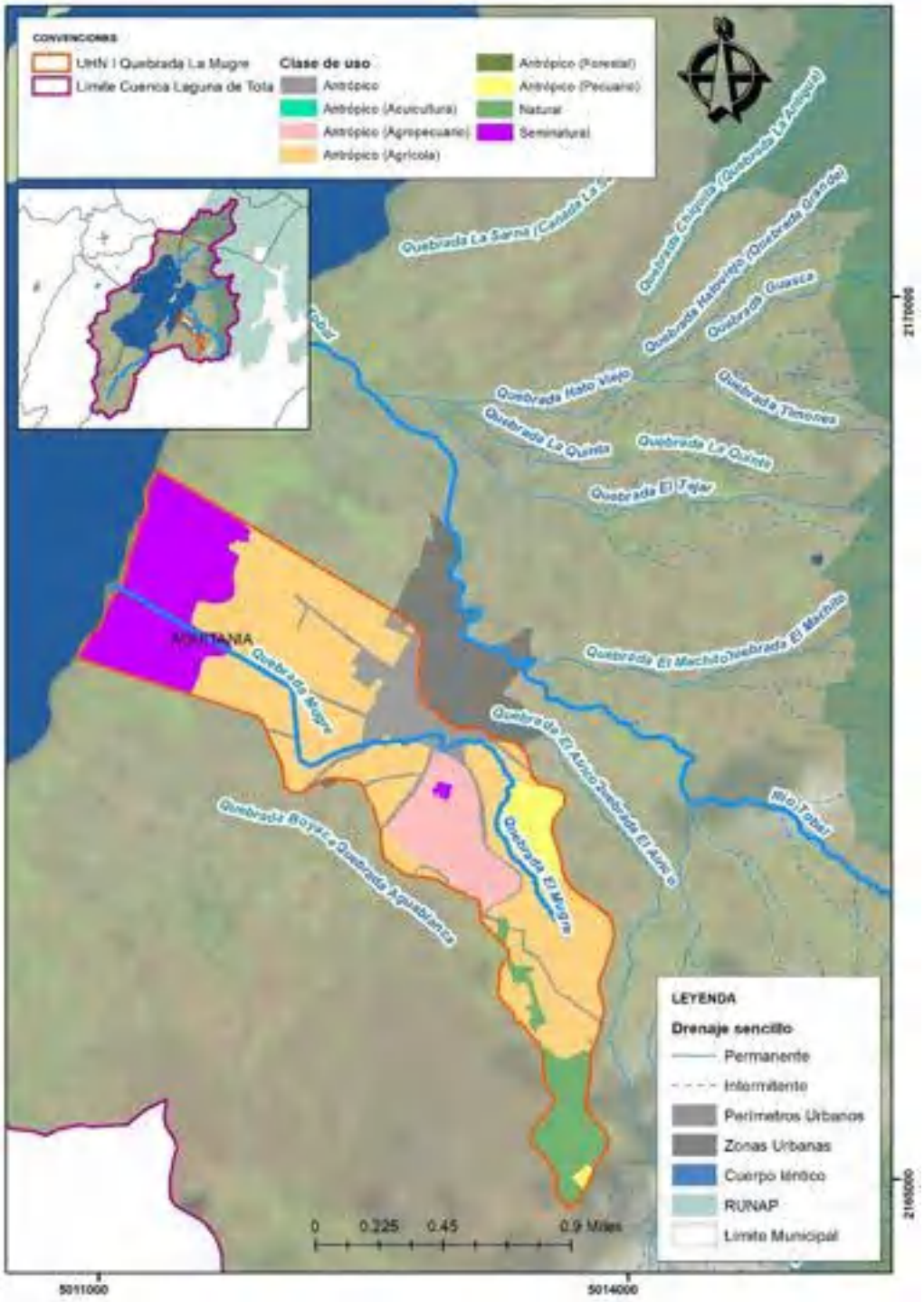
Respecto a esta unidad hidrográfica de Nivel I se identificó que el uso predominante en cuanto a extensión se refiere corresponde al uso agrícola, el cual se distribuye principalmente hacia la parte media de la cuenca y en las zonas de ladera de la Quebrada La Mugre, destacándose además, que hacia la parte alta de la quebrada se presenta solo hacia la vertiente occidental, ya que hacia la oriental se presenta uso pecuario asociado a coberturas de pastos, mientras que hacia la parte media se presenta un comportamiento similar, solo que en vez de pastos se presenta el uso antrópico correspondiente a la zona urbana del municipio de Aquitania. Por otro lado, se destaca que hacia la zona baja de la misma, en un tramo de aproximadamente 600 m se presenta un usos seminatural correspondiente cobertura de zonas pantanosas adyacente a la desembocadura de la quebrada en el Lago de Tota.

Tabla 25. Usos del suelo identificados en la Unidad hidrográfica de nivel I Quebrada La Mugre

Clase de uso	Área (ha)	Área (%)
Antrópico	35.30	10.24
Antrópico (Agrícola)	169.53	49.17
Antrópico (Agropecuario)	31.60	9.17
Antrópico (Pecuario)	17.33	5.03
Natural	25.41	7.37
Seminatural	65.58	19.02
Total general	344.75	100.00

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en (GEF, CAF, CONDENSAN, 2021)

Figura 37. Usos del suelo identificados en la Unidad hidrográfica de nivel I Quebrada La Mugre



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en (GEF, CAF, CONDENSAN, 2021)

2.1.4.4.6 Unidad Hidrográfica de Nivel I río Olarte

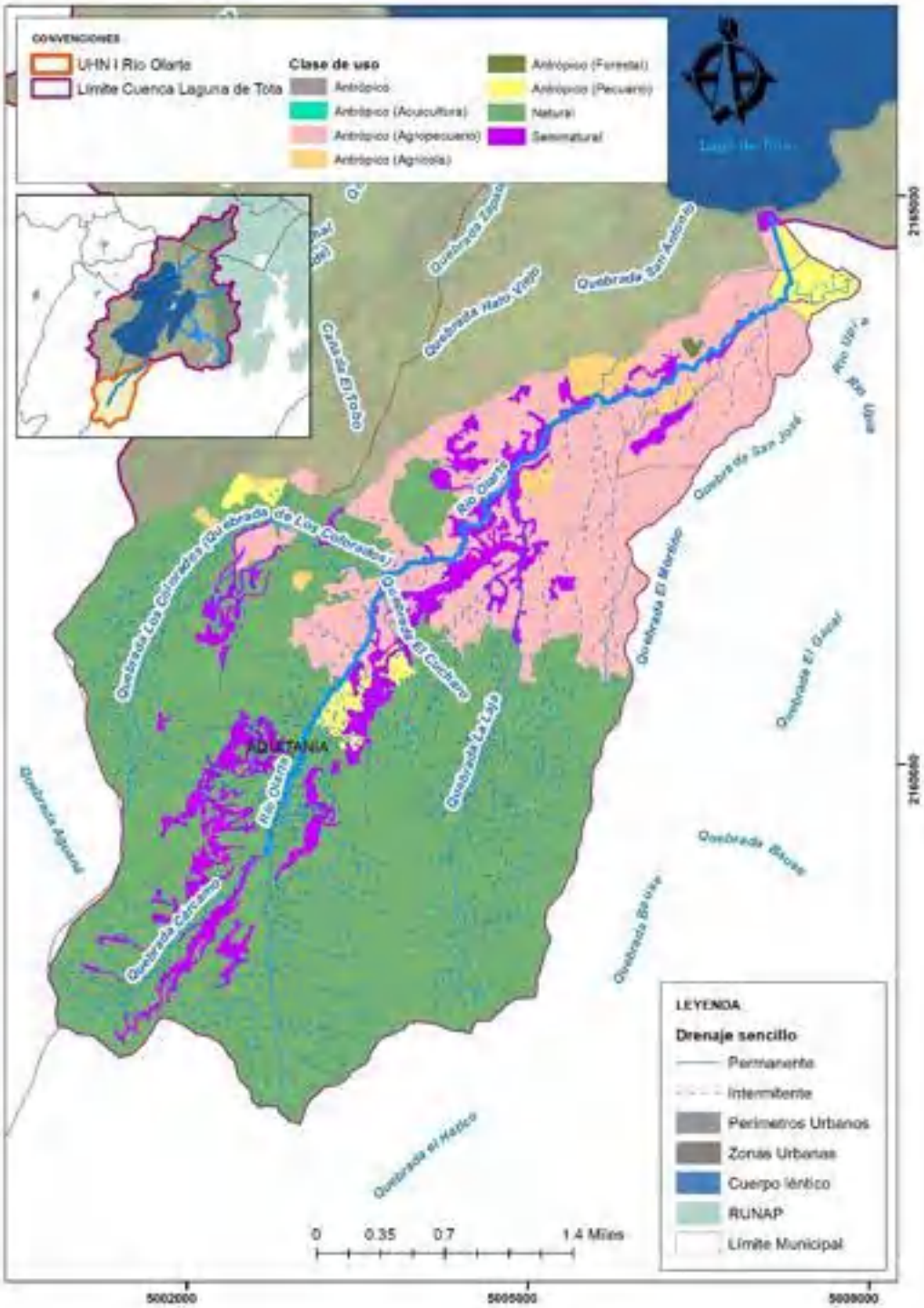
Respecto a esta unidad hidrográfica de Nivel I se identificó que el uso predominante en cuanto a extensión se refiere corresponde al natural, el cual se presentan principalmente en la zona alta de la cuenca en donde nacen la mayoría de los afluentes del Olarte y el río Olarte en sí, en aproximadamente 1.4 km de las laderas paralelas al río, mientras que, aguas abajo de esta zona se presenta en un tramo de aproximadamente 500 metros esta misma cobertura pero solo hacia la vertiente occidental, ya que en la oriental se presentan intercalaciones de coberturas de pastos y vegetación secundaria consideradas usos pecuarios y seminaturales, seguido de un gran polígono de uso agropecuario intercalado con usos seminaturales hasta 800 metros aguas arriba de la desembocadura del río Olarte en el Lago de Tota, donde la cobertura de la tierra ay por lo tanto el uso cambia a uso netamente pecuario, para finalmente, justo de forma adyacente al lago, presentar cobertura de zona pantanosa.

Tabla 26. Usos del suelo identificados en la Unidad hidrográfica de nivel I río Olarte

Clase de uso	Área (ha)	Área (%)
Antrópico	11.28	0.44
Antrópico (Agrícola)	36.00	1.39
Antrópico (Agropecuario)	591.61	22.88
Antrópico (Forestal)	2.08	0.08
Antrópico (Pecuario)	58.52	2.26
Natural	1654.78	64.00
Seminatural	231.43	8.95
Total general	2585.704466	100.00

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en (GEF, CAF, CONDENSAN, 2021)

Figura 38. Usos del suelo identificados en la Unidad hidrográfica de nivel I río Olarte



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en (GEF, CAF, CONDENSAN, 2021)

2.1.4.5 Uso del agua y permisos ambientales

Mediante la Resolución 1539 de 2012 "Por medio de la cual se reglamenta el uso del recurso hídrico de las corrientes pertenecientes a las microcuencas Los Pozos, Hatolaguna, Olarte y Tobal, afluentes del Lago de Tota y las derivaciones del mismo a través de motores eléctricos u otros combustibles" se definieron los usos del recurso hídrico de las corrientes pertenecientes a las microcuencas Los Pozos, Hatolaguna, Olarte y Tobal, afluentes del Lago de Tota y las derivaciones del mismo a través de motores eléctricos u otros combustibles, otorgándose así una serie de concesiones de aguas superficiales a los usuarios los cuales, aunque no se encuentran georreferenciados, presentan el caudal asignado por tipo de uso, permitiendo así obtener una visión del tipo de uso de agua predominante en cada una de las unidades hidrográficas objeto de análisis.

Adicional al análisis de la norma anteriormente mencionada, se revisaron los permisos ambientales otorgados a la fecha en la subzona hidrográfica del Lago de Tota con el fin de conocer a nivel espacial la distribución de los usos dados al agua y al cauce de los cuerpos de agua presente a nivel de cuenca.

2.1.4.5.1 Subzona hidrográfica Lago de Tota

2.1.4.5.1.1 Concesiones de agua

De acuerdo con los expedientes antiguos de Corpoboyacá, mediante la red de información de Geoambiental, se identificaron 24 concesiones de agua, de las cuales 9, que representan el 38% del total corresponden a concesiones de uso doméstico, distribuidas principalmente hacia la zona este de la cuneca, mientras que los usos industrial, piscícola y agrícola presentan cada uno una representatividad del 13%.

Tabla 27. Concesiones de agua actuales en la subzona hidrográfica del Lago de Tota

EXPEDIENTE	USUARIO	ESTADO	FUENTE	USO
OOCA-00085-13	Luz Amanda Sierra Perez	Archivo Definitivo	Geoambiental	Agricola
OOCA-00038-06	Silvia Tovar De Bernal	Definida	Geoambiental	Piscícola
OOCA-00038-06	Silvia Tobar De Bernal	Definida	Geoambiental	Piscícola
OOCA-00094-14	Consorcio Muisca Sogamoso	Archivo Definitivo	Geoambiental	Industrial (Humectacion De Vias)
OOCA-00094-14	Consorcio Muisca Sogamoso	Archivo Definitivo	Geoambiental	Industrial (Humectacion De Vias)
OOCA-00066-14	Conpros	Notificada	Geoambiental	Industrial
OOCA-00160-02	Cementos Argos S.A.	Archivo Definitivo	Geoambiental	Industrial
OOCA-00160-02	Cementos Argos S.A.	Archivo Definitivo	Geoambiental	Industrial

EXPEDIENTE	USUARIO	ESTADO	FUENTE	USO
OOCA-00094-03	Segundo Gutierrez	Archivo Definitivo	Geoambiental	Domestico
OOCA-00108-03	Herederos Gutierrez	Archivo Definitivo	Geoambiental	Domestico
OOCA-00202-03	Alfonso Barbosa	Archivo Definitivo	Geoambiental	Domestico
OOCA-00235-05	Hugo Moreno Vargas	Archivo Definitivo	Geoambiental	Domestico
OOCA-00160-02	Cementos Argos S.A.	Archivo Definitivo	Geoambiental	Domestico
OOCA-00132-04	Luis Angel Rojas	Archivo Definitivo	Geoambiental	Domestico y piscícola
OOCA-00038-06	Silvia Tovar De Bernal	Definida	Geoambiental	Domestico y piscícola
OOCA-00004-11	Victor Hugo Lopez Wanumen	Archivo Definitivo	Geoambiental	Domestico
OOCA-00058-14	Nelsy Aurora Barrera	Notificada	Geoambiental	Domestico
OOCA-00194-15	Municipio De Corrales		SILA	Domestico
OOCA-00024-06	Municipio De Cuitiva	Archivo Definitivo	Geoambiental	Domestico
OOCA-00038-06	Silvia Tobar De Bernal	Definida	Geoambiental	Piscícola
OOCA-00084-13	Ana Pomiana Lemus Barrera	Informe listo	Geoambiental	Agricola y pecuario
OOCA-00066-14	Carlos Cepeda Y Libardo Cepeda	Notificada	Geoambiental	Agricola
OOCA-00114-13	Luz Elvira Rosas Galindo	Informe listo	Geoambiental	Agricola
OOCA-00211-03	Abelardo Perez Perez	Archivo Definitivo	Geoambiental	Agrícola, pecuario y doméstico

Fuente: Geomabiental, sf.

Por su parte. Respecto a las concesiones nuevas, se identificaron 47 concesiones de agua, sin embargo, aunque se cuenta con su ubicación, no se encontró información acerca del uso dado del agua por lo que no resulta útil para este análisis

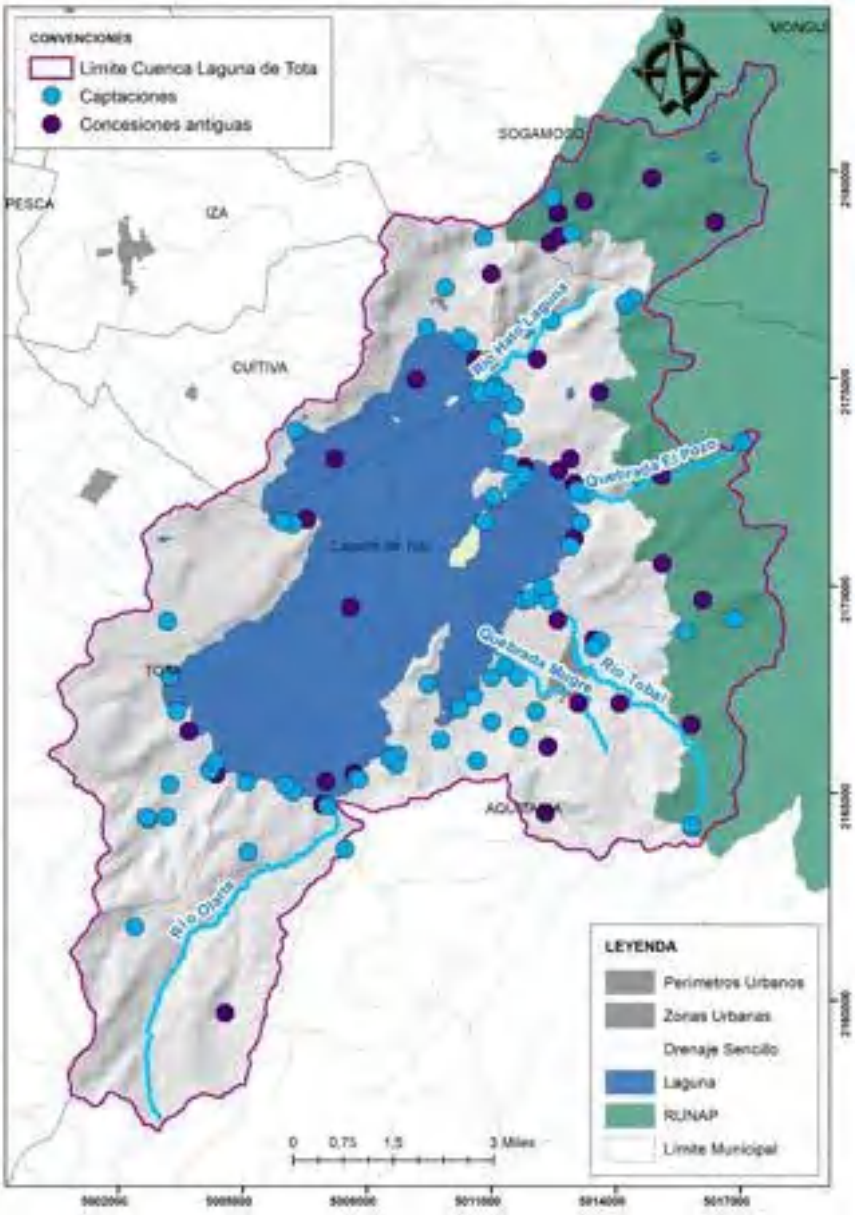
Tabla 28. Concesiones actuales en la subzona hidrográfica del Lago de Tota

N° EXPEDIENTE	ESTADO SOLICITUD	NOMBRE USUARIO	FECHA ULTIMA MODIFICACIÓN
OOCA-00158-09	Renovado	Asociación de productores agropecuarios del oregano- aso-oregano	19/12/2019
OOCA-00178-07	Asignado a Auxiliar de NotificaciNn	Troutco s.a.s	17/12/2019
OOCA-00060-19	Definida	Pedro dirso martinez joya	23/09/2019
OOCA-00001-03	Definida	Municipio de corrales	5/11/2015
OOCA-00124-17	Definida	Rosa elena melo monroy	10/02/2020
OOCA-00083-13	Definida	Marcelino Rialo Riaeo	14/03/2020
OOCA-00059-18	Definida	Omar Franco Torres	1/08/2018
OOCA-00098-13	Definida	ARCENIO DE JESUS MARTINEZ Riauo	29/12/2016
OOCA-00076-15	Definida	Oscar Emilio Castillo Garzon	29/03/2016
OOCA-00059-15	Definida	Julio Laverde Gutierrez	19/02/2020

N° EXPEDIENTE	ESTADO SOLICITUD	NOMBRE USUARIO	FECHA ULTIMA MODIFICACIÓN
OOCA-00058-17	Definida	ASOCIACION DE USUARIOS DEL DISTRITO DE Adecuacian DE TIERRAS DE Pequeta ESCALA ASOLAGO	29/10/2019
OOCA-00098-15	Definida	Mauro Joaquin Florez Acevedo	11/05/2016
OOCA-00143-15	Definida	Julio Anibal Bernal Vega	27/01/2016
OOCA-00138-15	Definida	Luis Antonio Piragauta Rincon	4/05/2016
OOCA-00051-17	Informe listo	Guillermo Florez Acevedo	
OOCA-00187-16	Definida	FELIPE ABSALON CARDOZO Montala	20/06/2019
OOCA-00105-09	Definida	Asociacion De Usuarios Del Distrito De Riego De Chital Asochital	18/11/2016
OOCA-00051-15	Definida	Jose Angel Alarcon Alarcon	17/11/2016
OOCA-00022-15	Archivo Definitivo	Ariolfo Bernal Bohorquez	18/01/2018
OOCA-00075-15	Definida	Sandra Yanibe Rico Mesa	26/09/2018
OOCA-00208-18	Asignado a Auxiliar de Notificación	YUKATAN Cabadas S.A.S.	24/02/2022
OOCA-00066-13	Definida	Carlos Julio Cepeda Cardozo	18/11/2015
OOCA-00254-17	Con requerimiento vencido	Grupo Ruana S.A.S	
OOCA-00090-18	Para informe recurso	Asociación De Usuarios Del Distrito De Adecuación N De Tierras De Pequesa Escala Del Gallinazal-Asogallinazal- Municipio De Aquitania	7/07/2020
OOCA-00162-18	Definida	MANUEL GUILLERMO AREVALO Nuaez	6/11/2019
OOCA-00158-09	Renovado	Asociacijn De Productores Agropecuarios Del Oregano- Aso-Oregano	19/12/2019
OOCA-00097-08	Definida	Asociacion De Usuarios Del Distrito De Adecuacion De Tierras Pia. Escalaca Toquechua Y Tota	4/12/2014
OOCA-00043-16	Definida	Asociación De Usuarios Del Distrito De Adecuaci N De Tierras De Peque A Escala Asosuse	18/08/2017
OOCA-00362-10	Definida	Segundo Roque Cardozo Ariza	14/07/2017
OOCA-00055-16	Archivo Definitivo	Oscar Torres Torres	12/02/2019
OOCA-00053-15	Definida	Municipio De Tota	29/12/2017
OOCA-00259-03	Definida	Acuatrucha Ltda	11/12/2020
OOCA-00168-13	Definida	Asociacion De Usuarios Del Acueducto El Cerrito Vereda Susaca	20/06/2019
OOCA-00061-19	Archivo Definitivo	Consorcio Fura	3/09/2021
OOCA-00118-19	Definida	Maria Ninfa Monta A De Munevar	21/11/2019
OOCA-00065-16	Definida	Mauricio Efrain Figueroa Velazco	20/09/2019
OOCA-00071-06	Definida	Truchicol S.A.S.	31/12/2019
OOCA-00021-15	Definida	Nelsy Aurora Barrera De Bernal	23/10/2015
OOCA-00252-16	Definida	Segundo Mario Alarcon Mogollon	19/02/2020
OOCA-00297-02	Definida	Municipio De Nobsa	5/12/2016
OOCA-00080-20	Definida	Ivan Elias Plazas Bolivar	28/07/2021
OOCA-00076-20	Definida	Angel Rafael Chaparro Cepeda	5/08/2021
OOCA-00084-20	Definida	Carlos Hely Alarcon Preciado	2/08/2021
OOCA-00027-20	Informe listo	Danilo Mesa Hernandez	

Fuente: Geomabiental, sf.

Figura 39. Concesiones de agua identificadas en el Lago de Tota

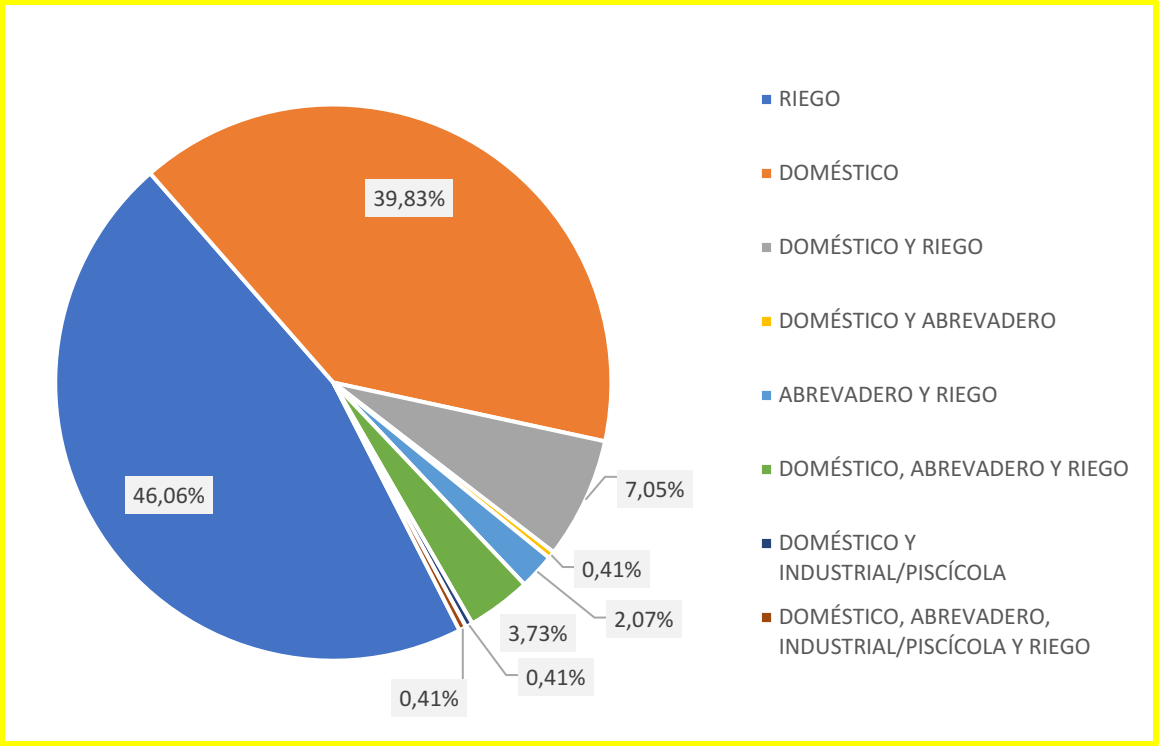


Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en Geomabiental

Por otro lado, mediante la Resolución 1539 de 2012 se identificaron un total de 241 concesiones de agua. Consolidado Resolución 1539 de 2012 encontrándose que, del total de caudal asignado, el 46, 06% presenta un uso de riego, mientras que el 39.83% presenta un uso doméstico, en menor proporción se identifica con 7,05% el uso conjunto doméstico y de riego, también se identifica con 3,73% el uso conjunto doméstico, de

abrevadero y de riego, seguido del 2,07% de un uso conjunto de abrevadero y de riego, de un 0,41% con uso conjunto doméstico y de abrevadero, de un 0,41% con uso conjunto doméstico e industrial/piscícola y por ultimo con un 0,41% con uso conjunto doméstico, de abrevadero, industrial/piscícola y de riego.

Figura 40. Distribución porcentual del uso del agua en la subzona del Lago de Tota de acuerdo con el caudal asignado mediante Resolución 1539 de 2012



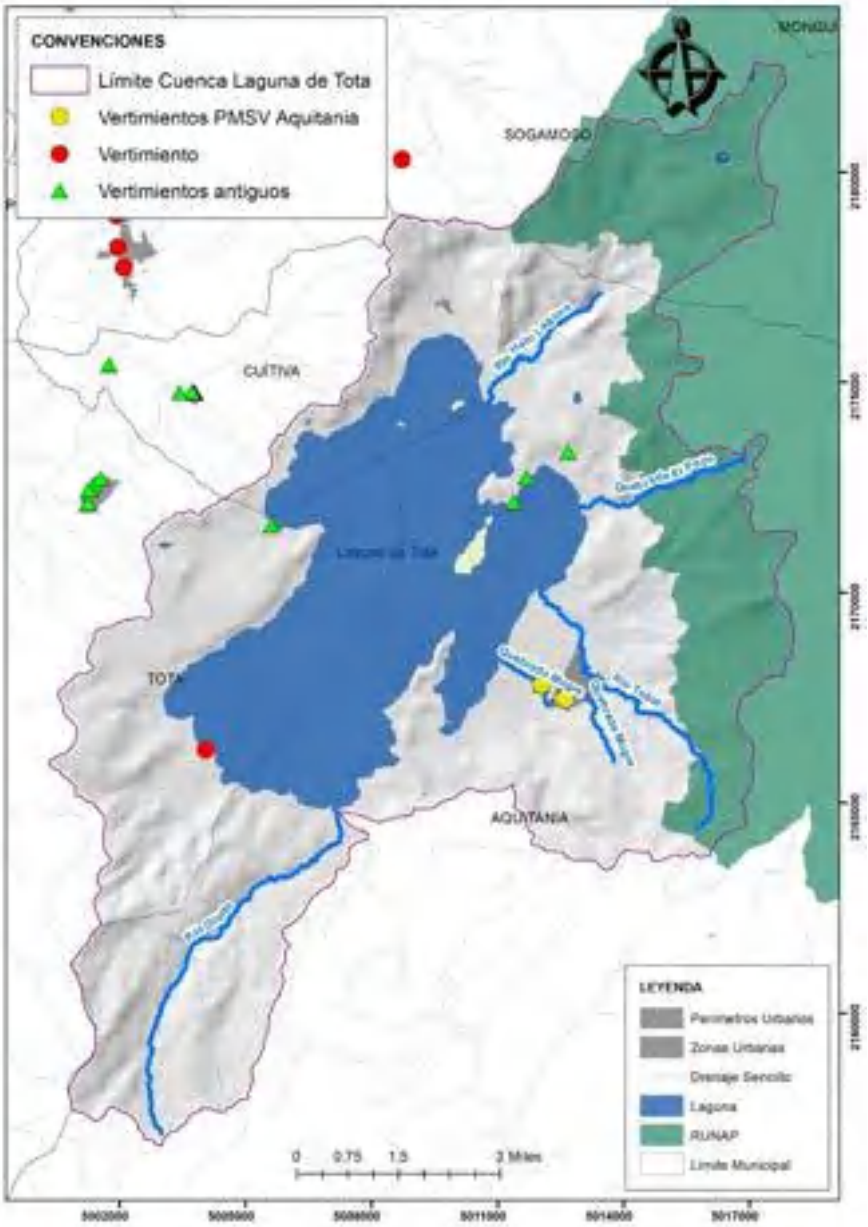
Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en Resolución 1539 de 2012

De acuerdo con lo anterior, se concluye que los usos predominantes reconocidos formalmente en la cuenca del Lago de Tota resultan ser el doméstico, agrícola, pecuario y piscícola.

2.1.4.5.1.2 Vertimientos

Respecto a las bases de datos de vertimientos antiguos y recientes, se identificaron un total de 5 vertimientos dentro de la subzona hidrográfica Lago de Tota, observándose que hacia el área norte del Lago se contaba de acuerdo con los registros antiguos de Geoambiental con 3 vertimientos origen industrial piscícola, dado el uso del lago predominante hacia esta zona. Adicionalmente, se resalta que hacia la zona este, exactamente sobre la quebrada la Mugre, se disponen las aguas residuales domésticas de la zona urbana del municipio de Aquitania actualmente, al igual que sucede con el vertimiento antiguo identificado en la zona sur del Lago, proveniente del complejo turístico establecido allí, donde se generan aguas residuales domésticas. Finalmente, hacia la zona oeste del lago, se identifica un vertimiento de tipo industrial del cual se desconoce su fuente específica.

Figura 41. Vertimientos identificados en la subzona hidrográfica del Lago de Tota



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en Geoambiental

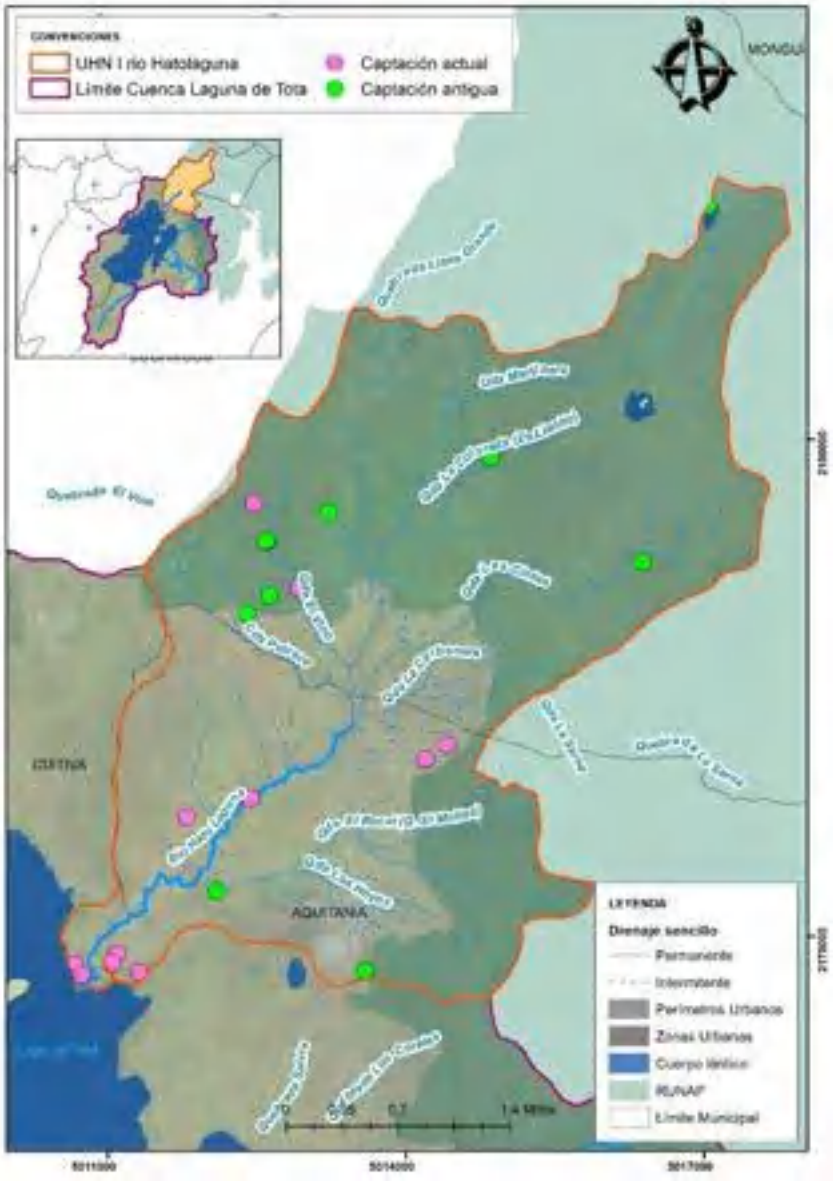
Cabe aclarar que la información disponible de ocupación de cauces en este punto no se analizó debido a que no cuenta con información suficiente para establecer el uso correspondiente.

A continuación, se realiza un análisis genérico de las concesiones presentes en cada unidad hidrográfica de nivel I, para efectos de conocer a detalle la información de expediente y usuario de cada concesión.

2.1.4.5.2 Unidad Hidrográfica de Nivel I río Hatolaguna

Respecto a esa unidad hidrográfica de nivel I, teniendo en cuenta las captaciones antiguas que son aquellas que presentan dentro de sus atributos el uso asociado, se encontró que el 55% corresponden a uso doméstico, concentradas principalmente hacia la vertiente oeste del cuerpo de agua, donde se ubica las quebradas El Vino y otras sin toponimia. En cuanto a usos agropecuarios indiferenciados, estos se presentan sobre la Quebrada La Colorada y Las Cintas.

Figura 42. Concesiones de agua identificadas en la unidad hidrográfica de nivel I del río Hatolaguna



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en Geoambiental

Respecto a la resolución 1539 de 2012, donde se específica el caudal concesionado por cuerpo de agua, se encontró que lo siguiente:

- Río Hatolaguna: Predomina el uso para riego con un 60% seguido del uso doméstico con un 40%
- Quebrada Las Cintas: Predomina el uso para riego con un 88%, seguido del uso doméstico con un 10% y de uso para abrevaderos con un 2%.
- Quebrada Martinera: Predomina el uso doméstico con un 95%, el uso de riego con un 4.9% seguido del uso de abrevadero un valor inferior al 1%.
- Quebrada El Racal: Predomina el uso agrícola con un 90% seguido del uso doméstico con un 10%
- Quebrada Los Hoyos: Predomina el uso para riego con un 100%
- Quebrada El Tablon y Lamuda: Predomina el uso para riego con un 74% seguido del uso doméstico con un 26%

Respecto a esto, se concluye que el agua que los usos predominantes del agua en la UHNI río Hatolaguna son el doméstico y el agrícola o de riego, de tal forma que hacia la Q. Las Cintas predomina el uso agrícola y hacia la Q. Martinera predomina el uso doméstico.

2.1.4.5.3 Unidad Hidrográfica de Nivel I Quebrada Los Pozos

Respecto a esa unidad hidrográfica de nivel I, se identificaron 3 concesiones entre actuales y antiguas, sin embargo no fue posible conocer su uso.

Figura 43. Concesiones de agua identificadas en la unidad hidrográfica de nivel I la quebrada Los Pozos

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en Geoambiental

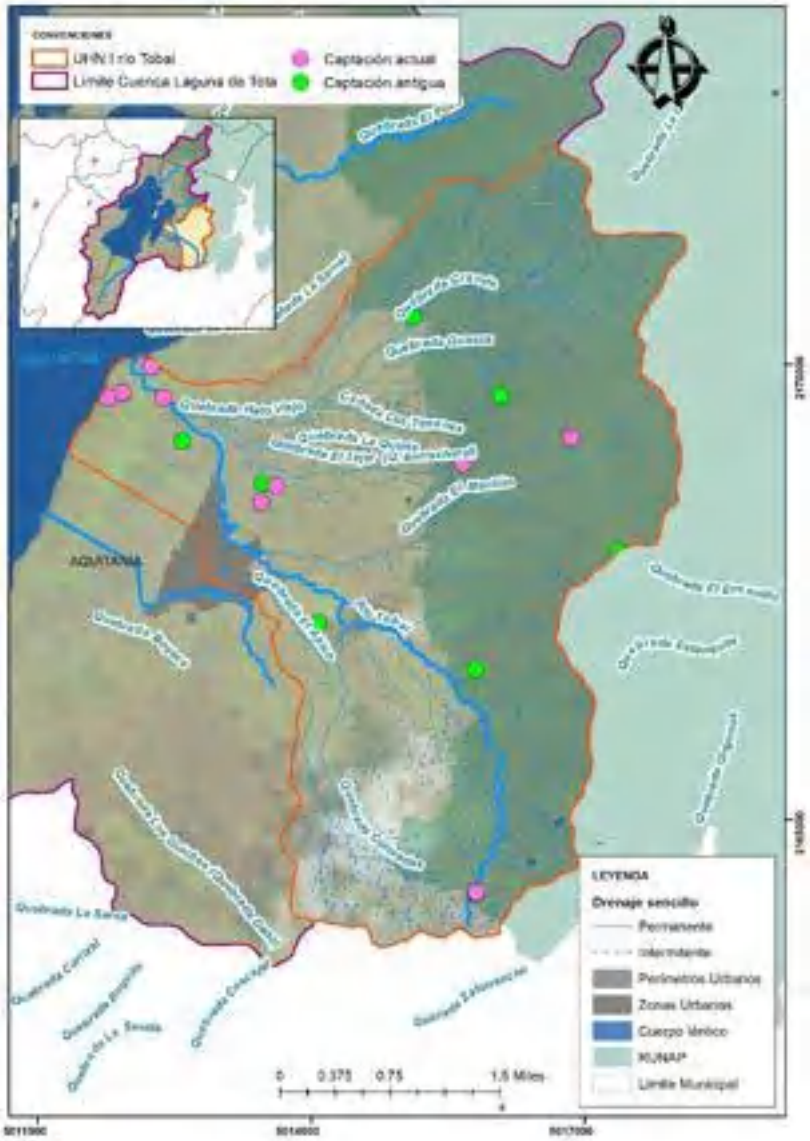
En cuanto a la Resolución 1539 de 2012 se identificaron únicamente concesiones respecto a la quebrada Los Pozos como fuente abastecedora, identificando que el 71% del caudal concesionado presenta un uso doméstico, el 28% uso de riego y menso del 1% uso de abrevadero y pecuario.

Teniendo en cuenta la calidad de la información, se considera que esta no resulta relevante para el proceso de delimitación de los tramos teniendo en cuenta que no se cuenta con una espacialización que permita establecer la ubicación de cada concesión asociada a un uso del agua.

2.1.4.5.4 Unidad Hidrográfica de Nivel I río Tobal

Respecto a esa unidad hidrográfica de nivel I, teniendo en cuenta las captaciones antiguas que son aquellas que presentan dentro de sus atributos el uso asociado, se encontró que el 83% corresponden a uso doméstico, concentradas principalmente hacia la Quebrada Grande y el río Tobal en distintas de sus partes, resaltándose la presencia de una concesión de uso agrícola ubicada entre la quebrada El Tejar y el río Tobal.

Figura 44. Concesiones de agua identificadas en la unidad hidrográfica de nivel I río Tobal



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en Geoambiental

En cuanto a la Resolución 1539 de 2012 se identificó lo siguiente:

- Quebrada La Antigua: Predomina el uso doméstico con un 100% de representatividad
- Quebrada Grande: Predomina el uso de riego con un 70%, seguido del uso doméstico con un 29% y del uso de abrevadero con menos de un 1%.
- Quebrada El Machito: Predomina el uso doméstico con un 85% de representatividad, seguido del uso, seguido del uso de riego con 1.4% y del uso de abrevadero con menos del 1%
- Quebrada El Tobal: Predomina el uso de riego con 62%, seguido del doméstico con 36% y del uso de abrevadero con el 2%.
- Quebrada La Colorada: Predomina el uso de riego con un 75%, seguido del uso doméstico con un 20% y del uso de abrevadero con un 5%.
- Quebrada El Airico: El 100% corresponde a uso agrícola o de riego

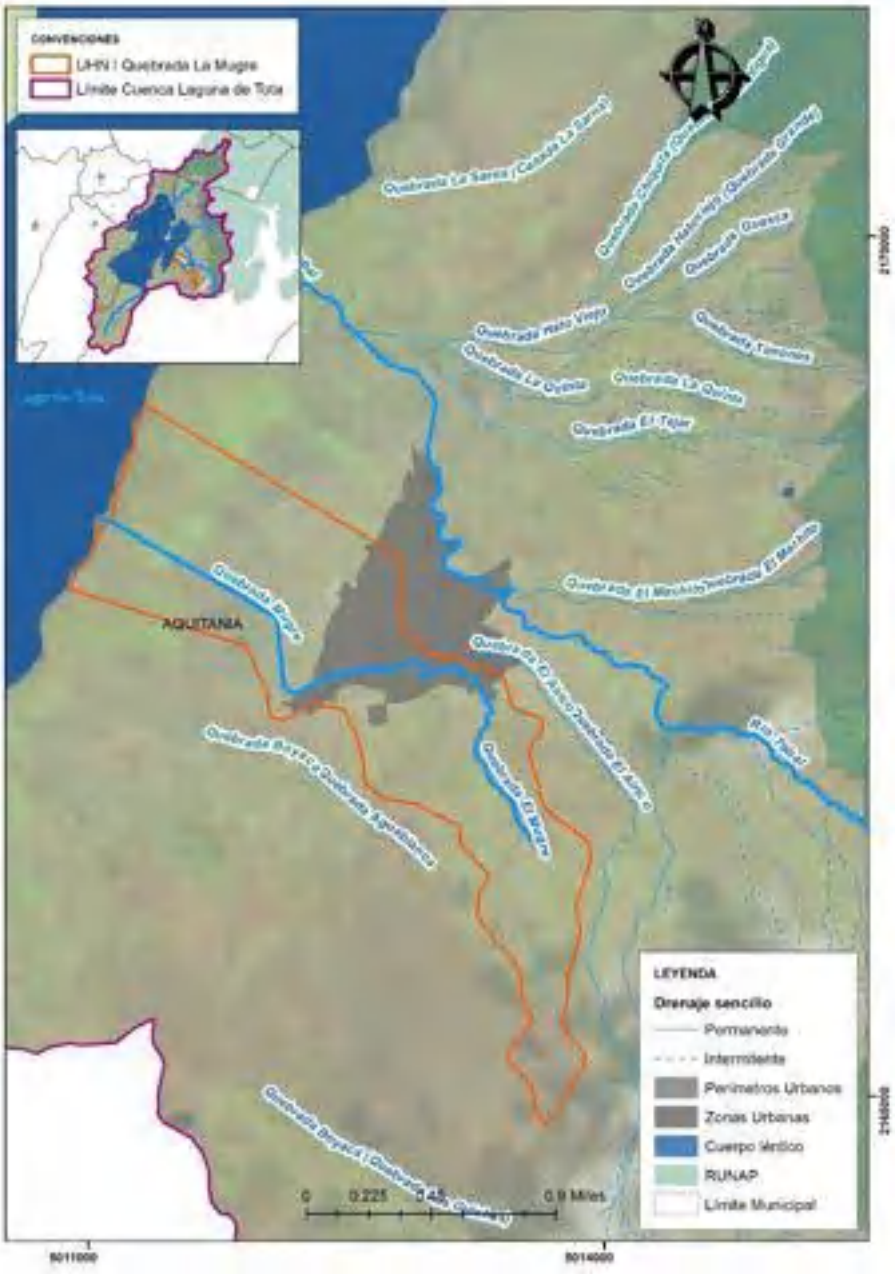
Se concluye que hacia la vertiente occidental predomina el uso agrícola, mientras que hacia la vertiente oriental predomina el uso doméstico.

2.1.4.5.5 Unidad Hidrográfica de Nivel I Quebrada La Mugre

2.1.4.5.5.1 Concesiones de agua

Respecto a esa unidad hidrográfica de nivel I, teniendo en cuenta las captaciones antiguas que son aquellas que presentan dentro de sus atributos el uso asociado, se encontró solo una concesión sobre un afluente intermitente de la Quebrada La Mugre el cual presenta uso doméstico.

Figura 45. Concesiones de agua identificadas en la unidad hidrográfica de nivel I quebrada La Mugre



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en Geoambiental

Respecto a la Resolución 1539 de 2012 no se encontraron concesiones en esta unidad hidrográfica, por lo que se considera que la información de usos del agua no es concluyente para el objetivo del análisis.

2.1.4.5.5.2 Vertimientos

La Quebrada La Mugre funciona como cuerpo de agua receptor de los vertimientos de aguas residuales domésticas de la zona urbana del municipio de Aquitania. De acuerdo al informe de actualización del diagnóstico del sistema de alcantarillado presentado a CORPOBOYACA y a la Empresa Departamental de Servicios Públicos de Boyacá S.A.-E.S.P. tomando como insumo por el PMSV se identificaron 4 vertimientos que corresponden a los puntos de descarga del sistema de alcantarillado sanitario y que tiene cobertura para el perímetro sanitario del área urbana del municipio.

Tabla 29. Vertimientos asociados a los puntos de descarga del sistema de alcantarillado sanitario de la zona urbana del municipio de Aquitania

No.	NOMBRE DEL VERTIMIENTO	COORDENADAS		ALTURA (msnm)	ÁREA DE COBERTURA (Há)	PORCENTAJE COBERTURA (%)	CUERPO RECEPTOR	CAUDAL ASOCIADO	POBLACIÓN ACTUAL ASOCIADA
		LATITUD	LONGITUD						
V1	Vertimiento 1 (entrada finca San Carlos)	5,51572	-72,88658	3057.82	1,97	2,06	Suelo	0,43	173
V2	Sobre calle 3, entre carreras 8 y 9	5,51871	-72,89107	3044.86	0,23	0,24	Quebrada La Mugre	0,05	21
V3	Vertimiento PTAR	5,51567	-72,88602	3058.4	93,6	97,70	Quebrada La Mugre	20,61	8.244
TOTAL					95,8	100		21,09	8438

Fuente: (Unión Temporal PSMV de Boyacá 2015, 2020)

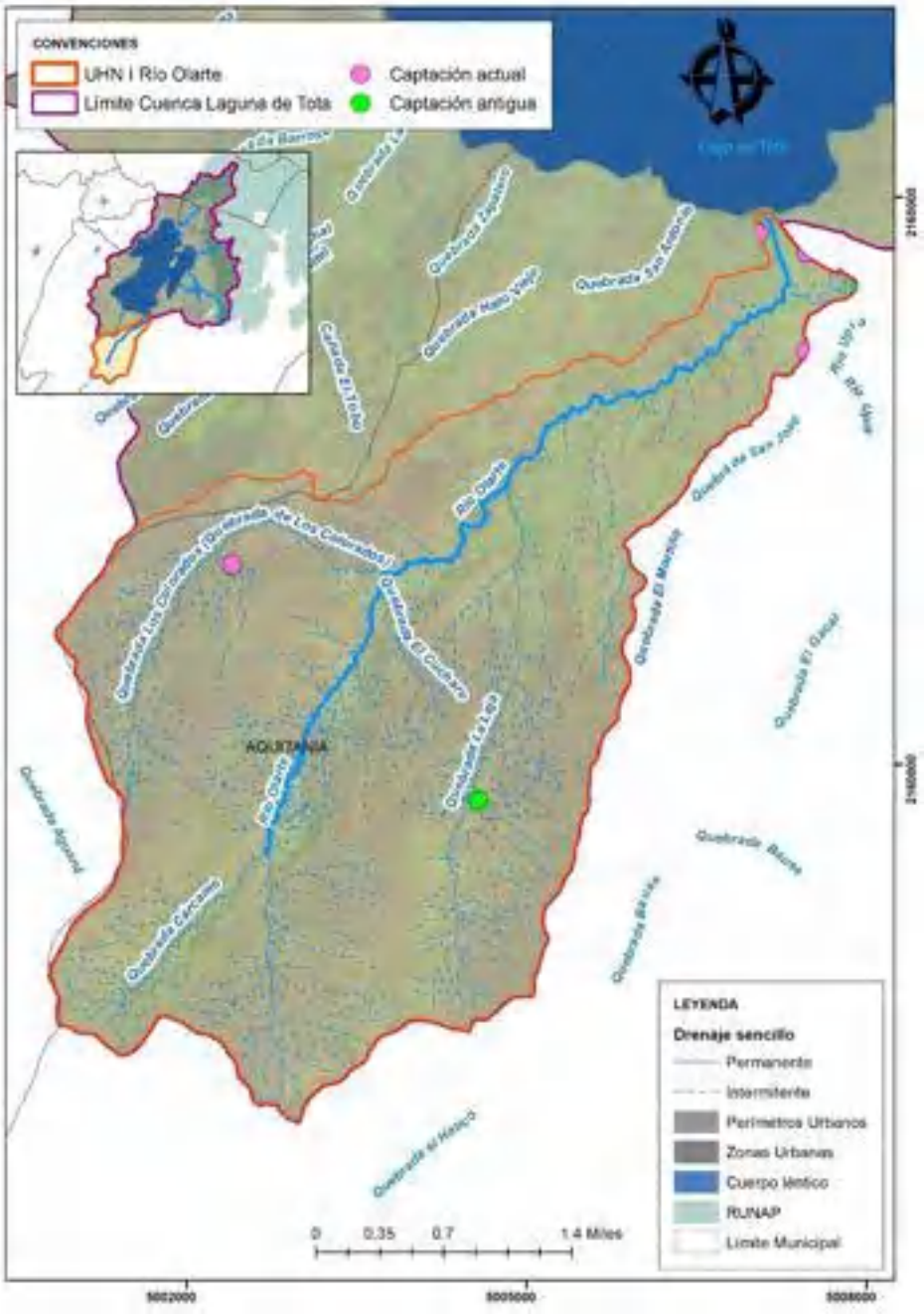
Figura 46. Vertimientos presentes en la unidad hidrográfica de Nivel I de la quebrada La Mugre

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en PMSV Aquitania

2.1.4.5.6 Unidad Hidrográfica de Nivel I río Olarte

Respecto a esa unidad hidrográfica de nivel I, teniendo en cuenta las captaciones antiguas que son aquellas que presentan dentro de sus atributos el uso asociado, se encontró solo una concesión sobre un afluente del río Olarte que corresponde a la Quebrada La Laja, sin embargo, no se indica para que uso se otorgó dicha concesión.

Figura 47. Concesiones de agua identificadas en la unidad hidrográfica de nivel I río Olarte



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21 con base en Geoambiental

2.1.4.6 Régimen de precipitación

La precipitación como entrada principal al ciclo hidrológico presenta una distribución que puede ser analizada empleando distintas técnicas entre las cuales se identifica la de los polígonos de Thiessen

generados a partir de la ubicación de estaciones dispuestas dentro o en cercanías del área de interés, de tal forma que a esta distribución puede asociarse la producción de escorrentía, y por lo tanto la generación y transporte de caudal sólidos.

Para la estimación de la precipitación media dentro de la cuenca por método de polígonos de Thiessen, se aplicó la siguiente formula:

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Pi * Ai}{\sum Ai}$$

Donde:

- $\bar{P}$=Precipitación media (mm)
- Pi= Precipitación en polígono (mm)
- A=Área del polígono dentro de la cuenca (km2)

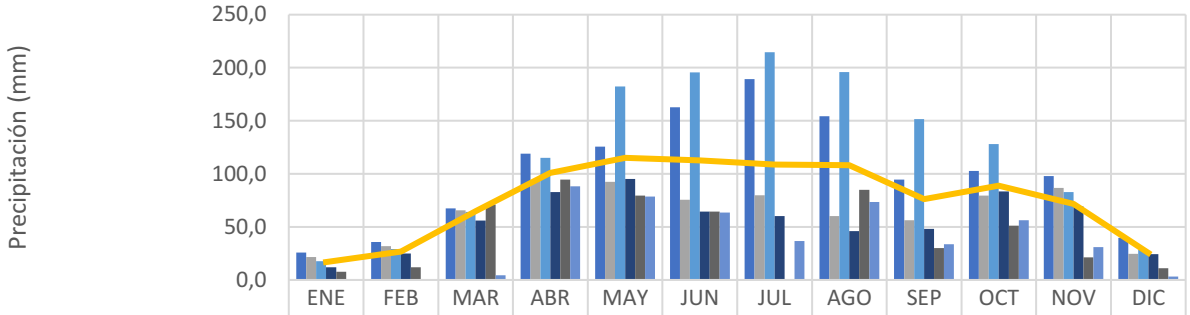
Las estaciones empleadas y los valores obtenidos para cada estación y polígono se presentan en la Tabla 30 y Figura 48, donde el régimen mensual multianual de precipitación de un histórico de 30 años para las estaciones analizadas muestra el comportamiento monomodal del área de estudio, con un pico en el mes de mayo y un período de estiaje en el mes de enero.

Tabla 30. Precipitación Total Anual asociada a cada estación meteorológica

Estación	Precipitación Total Anual (mm)
LAS CINTAS	1167,4
EL TUNEL	670,0
GUAMO SISBACA	1338,6
PESCA	666,7
BOYA LAGO CHICO	527,7
BOYA LAGO GRANDE	469,1
Precipitación media (mm)	**887,14**

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

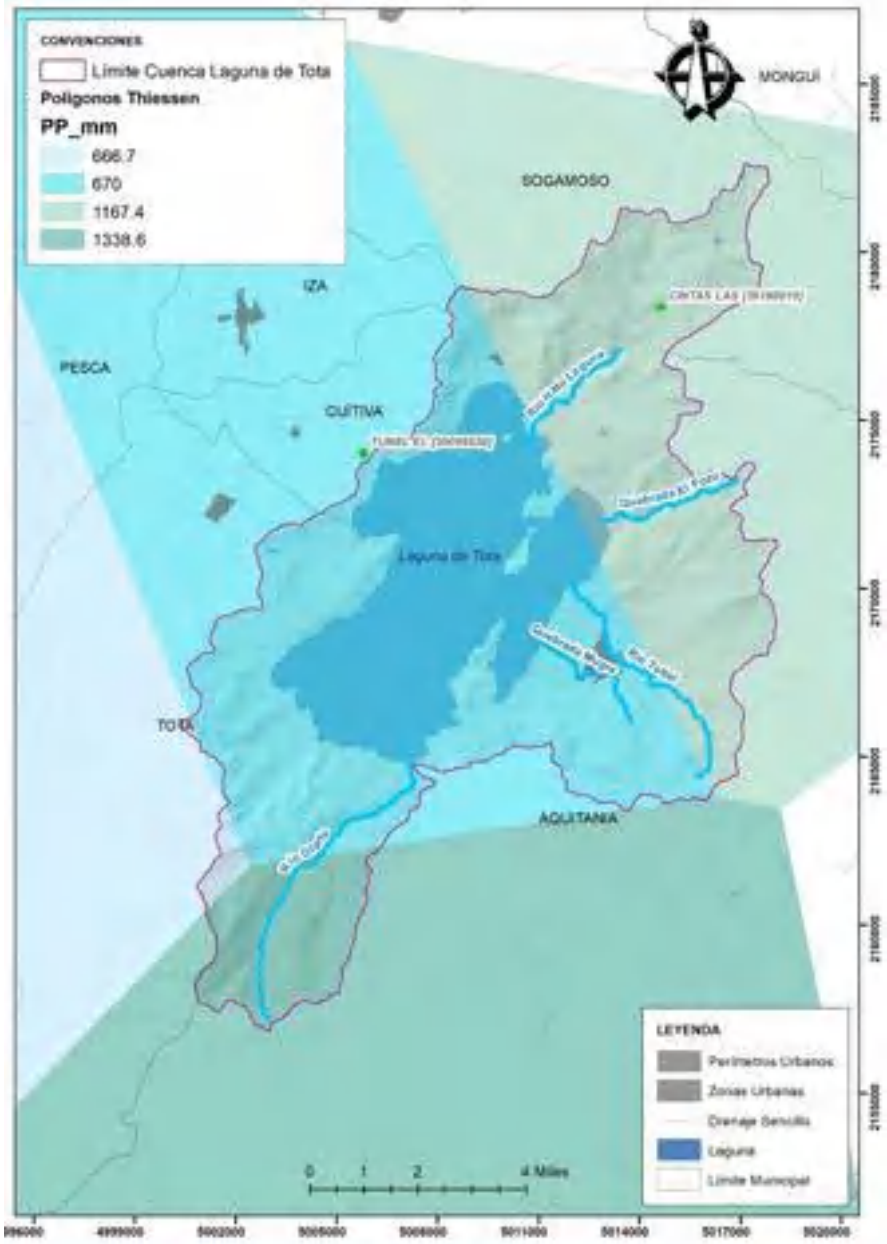
Figura 48. Régimen mensual multianual de precipitación para las estaciones analizadas



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
LAS CINTAS	25,7	35,9	67,4	119,1	125,8	162,7	189,2	154,4	94,6	102,7	97,8	39,8
EL TUNEL	21,5	32,0	65,7	93,3	92,6	75,7	79,7	60,2	56,2	79,6	86,9	24,6
GUAMO SISBACA	17,8	29,3	64,1	115,2	182,4	195,5	214,6	196,0	151,6	128,0	82,8	28,2
PESCA	11,9	25,0	55,9	82,8	95,2	64,4	60,2	45,9	48,3	83,5	69,2	24,3
BOYA LAGO CHICO	7,6	12,1	71,2	94,6	79,5	64,4	0,0	84,8	30,1	51,2	21,3	11,1
BOYA LAGO GRANDE			4,4	88,4	78,6	63,5	36,7	73,5	33,6	56,3	31	3,1
PROMEDIO	16,9	26,9	64,9	101,0	115,1	112,5	108,7	108,3	76,2	89,0	71,6	25,6

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

Figura 49. Polígonos de Thiessen obtenidos para la subzona hidrográfica del Lago de Tota



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

2.1.4.7 Definición de zonas con características homogéneas

A partir de la información anteriormente presentada y disponible en formato polígono, mediante el cruce cartográfico, se definieron 18 tipos de área con características fisicobióticas similares, cuya distribución se presenta en la Tabla 31 y Figura 55.

A nivel general y respecto a los cuerpos de agua priorizados se observa que alrededor del espejo de agua de Lago de Tota predomina la tipología 7 correspondiente a Vigas, lomas y glacis con depósitos superficiales de ceniza volcánica sobre rocas sedimentarias clásticas mixtas con uso agrícola y/o pecuario sin embargo en cercanías al lago aún se conserva pequeñas áreas con esta misma geomorfología, pero con coberturas naturales o seminaturales. Cabe anotar que, existen algunas áreas donde estas características varían y que corresponde a parte del área norte y este que limita con el lago, donde se identifican áreas de Vallecitos y depósitos superficiales clásticos hidrogravigénicos con uso agrícola y/o pecuario, natural o seminatural.

Respecto a los cuerpos de agua lóticos priorizados se resalta lo siguiente:

- **Río Hatolaguna**: Presenta en los primeros 700 m medidos desde aguas arriba Crestas homoclinales abruptas y rocas sedimentarias clásticas arenosas con intercalaciones de lomoarcillosas con uso natural o seminatural , mientras que en siguiente el tramos siguiente que presenta una longitud de aproximadamente 1km se presentan Vigas, lomas y glacis con depósitos superficiales de ceniza volcánica sobre rocas sedimentarias clásticas mixtas con uso natural o seminatural, seguido de tramo también de aproximadamente un kilómetro con la misma geomorfología pero con presencia de coberturas agropecuarias. Finalmente, en el tramo de la parte más baja y que mide aproximadamente 1.7 km longitudinales se presentan Vallecitos y depósitos superficiales clásticos hidrogravigénicos con uso agrícola y/o pecuario y en pequeñas porciones con uso natural o seminatural.

Figura 50. Vista panorámica de un sector de la unidad hidrográfica de Nivel I río Hatolaguna

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

- **Quebrada Los Pozos:** Presenta en los primeros 2 km medidos desde el nacimiento Crestas homoclinales abruptas y rocas sedimentarias clásticas arenosas con intercalaciones de lomoarcillosas con uso natural o seminatural, seguido de un tramo de aproximadamente 800 metros donde se presenta esta misma geomorfología, pero con uso natural o seminatural. De forma seguida, el tramo final que conduce hacia la desembocadura y mide aproximadamente 900 metros, presenta Vallecitos y depósitos superficiales clásticos hidrogravigénicos con uso agrícola y/o pecuario.

Figura 51. Vista panorámica de un sector de la unidad hidrográfica de Nivel I Quebrada Los Pozos

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

- **Río Tobal:** Presenta en la los primeros 2.3 km medidos desde el nacimiento hacia la vertiente oriental Crestas homoclinales abruptas y rocas sedimentarias clásticas arenosas con intercalaciones de lomoarcillosas con uso natural o seminatural, mientras que hacia la vertiente occidental Vigas, lomas y glacis con depósitos superficiales de ceniza volcánica sobre rocas

sedimentarias clásticas mixtas con uso agrícola y/o pecuario, de tal forma que esta misma tipologías se mantiene ya hacia ambas laderas en los próximos 1.3 km, seguidos posteriormente de 3.2 km en donde predominan los Vallecitos y depósitos superficiales clásticos hidrogravigénicos con uso agrícola y/o pecuario a excepción de un tramo al costado occidental en donde el río borde la zona urbana del municipio de Aquitania.

Figura 52. Vista panorámica de un sector de la unidad hidrográfica de Nivel I Río Tobal

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

- **Quebrada La Mugre:** Presenta en el tramo de la parte alta que mide aproximadamente 1km intercalación entre dos unidades caracterizadas por presentar Crestas y crestones y rocas sedimentarias clásticas arenosas con intercalaciones de lomoarcillosas con uso agrícola y/o pecuario y Vigas, lomas y glacis con depósitos superficiales de ceniza volcánica sobre rocas sedimentarias clásticas mixtas con uso agrícola y/o pecuario, mientras que elk tramo siguiente de aproximadamente 1.1 km presenta a cada lado del cauce zona urbana, correspondiente a la zona

urbana del municipio de Aquitania. Por último, hacia la parte baja, en 1.2 km se presentan Vallecitos y depósitos superficiales clásticos hidrogravigénicos con uso agrícola y/o pecuario presentándose esta misma geoforma pero con coberturas naturales o seminaturales en los últimos 450 m antes de la desembocadura.

Figura 53. Vista panorámica de un sector de la unidad hidrográfica de Nivel I Quebrada La Mugre

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

- **Río Olarte:** Presenta en los primero 1.3 km medidos desde el nacimiento Crestas homoclinales abruptas y rocas sedimentarias clásticas arenosas con intercalaciones de lomoarcillosas con uso natural o seminatural, que en los posteriores 3.5km medidos de forma continua se intercalan con Crestas y crestones y rocas sedimentarias clásticas arenosas con intercalaciones de lomoarcillosas con uso agrícola y/o pecuario, dando posteriormente paso a un tramo de aproximadamente 1.5 km en donde se presentan Vigas, lomas y glacis con depósitos superficiales de ceniza volcánica sobre rocas sedimentarias clásticas mixtas con uso agrícola y/o pecuario. En el tramo final medido desde

2.1 km antes de la desembocadura, se presentan por su parte esta misma geomorfología ys os pero asociado a una subunidad geomorfológica diferente.

Figura 54. Vista panorámica de un sector de la unidad hidrográfica de Nivel I Río Olarte

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

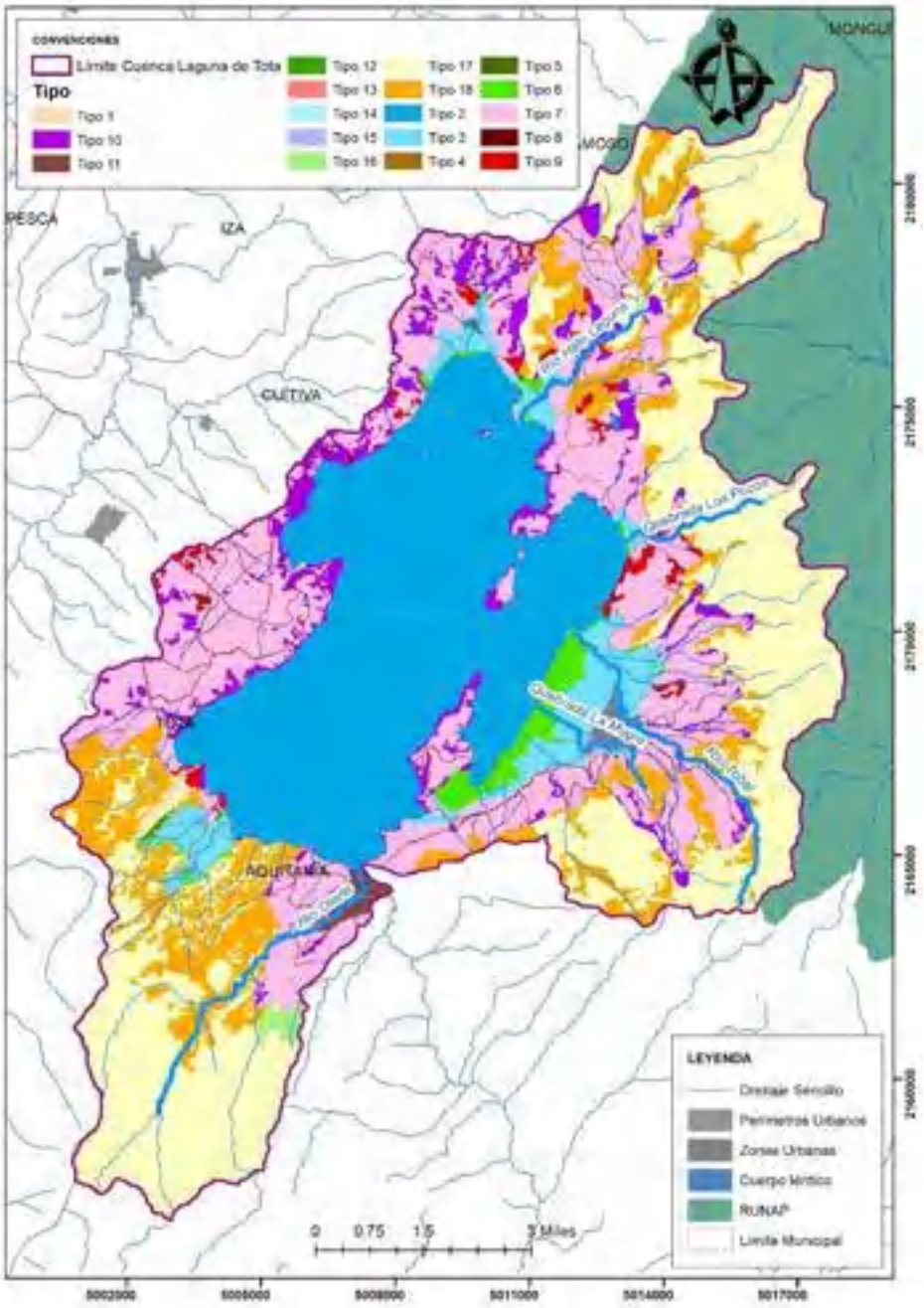
Tabla 31. Zonas con características físicobióticas homogéneas identificadas en la subzona del Lago de Tota

Tipo	Características	Área (ha)	Área (%)
Tipo 1	Crestas y crestones y rocas sedimentarias clásticas arenosas con intercalaciones de lomoarcillosas con uso antrópico	136.10	0.61
Tipo 2	Cuerpo de agua	5592.13	24.88
Tipo 3	Vallecitos y depósitos superficiales clásticos hidrogravigénicos con uso agrícola y/o pecuario	880.54	3.92
Tipo 4	Vallecitos y depósitos superficiales clásticos hidrogravigénicos con uso antrópico	37.00	0.16

Tipo	Características	Área (ha)	Área (%)
Tipo 5	Vallecitos y depósitos superficiales clásticos hidrogravigénicos con uso forestal	13.11	0.06
Tipo 6	Vallecitos y depósitos superficiales clásticos hidrogravigénicos con uso natural o seminatural	340.53	1.51
Tipo 7	Vigas, lomas y glacis con depósitos superficiales de ceniza volcánica sobre rocas sedimentarias clásticas mixtas con uso agrícola y/o pecuario	4854.64	21.60
Tipo 8	Vigas, lomas y glacis con depósitos superficiales de ceniza volcánica sobre rocas sedimentarias clásticas mixtas con uso antrópico	183.78	0.82
Tipo 9	Vigas, lomas y glacis con depósitos superficiales de ceniza volcánica sobre rocas sedimentarias clásticas mixtas con uso forestal	232.59	1.03
Tipo 10	Vigas, lomas y glacis con depósitos superficiales de ceniza volcánica sobre rocas sedimentarias clásticas mixtas con uso natural o seminatural	1062.82	4.73
Tipo 11	Vigas, lomas y glacis y rocas sedimentarias clásticas mixtas y depósitos superficiales piroclásticos de ceniza volcánica con uso agrícola y/o pecuario	82.55	0.37
Tipo 12	Vigas, lomas y glacis y rocas sedimentarias clásticas mixtas y depósitos superficiales piroclásticos de ceniza volcánica con uso antrópico	4.11	0.02
Tipo 13	Vigas, lomas y glacis y rocas sedimentarias clásticas mixtas y depósitos superficiales piroclásticos de ceniza volcánica con uso forestal	1.70	0.01
Tipo 14	Vigas, lomas y glacis y rocas sedimentarias clásticas mixtas y depósitos superficiales piroclásticos de ceniza volcánica con uso natural o seminatural	7.24	0.03
Tipo 15	Zona urbana	93.48	0.42
Tipo 16	Crestas homoclinales abruptas y rocas sedimentarias clásticas arenosas con intercalaciones de lomoarcillosas con uso agrícola y/o pecuario	66.20	0.29
Tipo 17	Crestas homoclinales abruptas y rocas sedimentarias clásticas arenosas con intercalaciones de lomoarcillosas con uso natural o seminatural	6545.72	29.12
Tipo 18	Crestas y crestones y rocas sedimentarias clásticas arenosas con intercalaciones de lomoarcillosas con uso agrícola y/o pecuario	2344.90	10.43
Total general		22479.1254	100

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

Figura 55.Zonas con características físicobióticas homogéneas identificadas en la subzona del Lago de Tota



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

2.1.4.8 Análisis a escala de cuerpo de agua priorizado

Desde el punto de vista del cuerpo de agua, estos presentan cuatro dimensiones que podrían ser objeto de análisis: Longitudinal, trasversal, vertical y temporal. Sin embargo, teniendo en cuenta que no se cuenta con información de niveles para todos los cuerpos de agua que el análisis temporal no aplica en este caso, a continuación, se presenta el análisis de la dimensión longitudinal para los cuerpos de agua lóticos y de la dimensión vertical para el Lago de Tota, sumándole a este último un análisis de la información obtenida de monitoreos de calidad de agua reciente, teniendo en cuenta que para los cuerpos de agua lóticos, aunque se cuenta con información de calidad de agua, no fue obtener las coordenadas de los puntos donde se realizaron las mediciones, razón por la cual la información sin espacializar no resulta de utilidad para el objetivo del análisis a realizar.

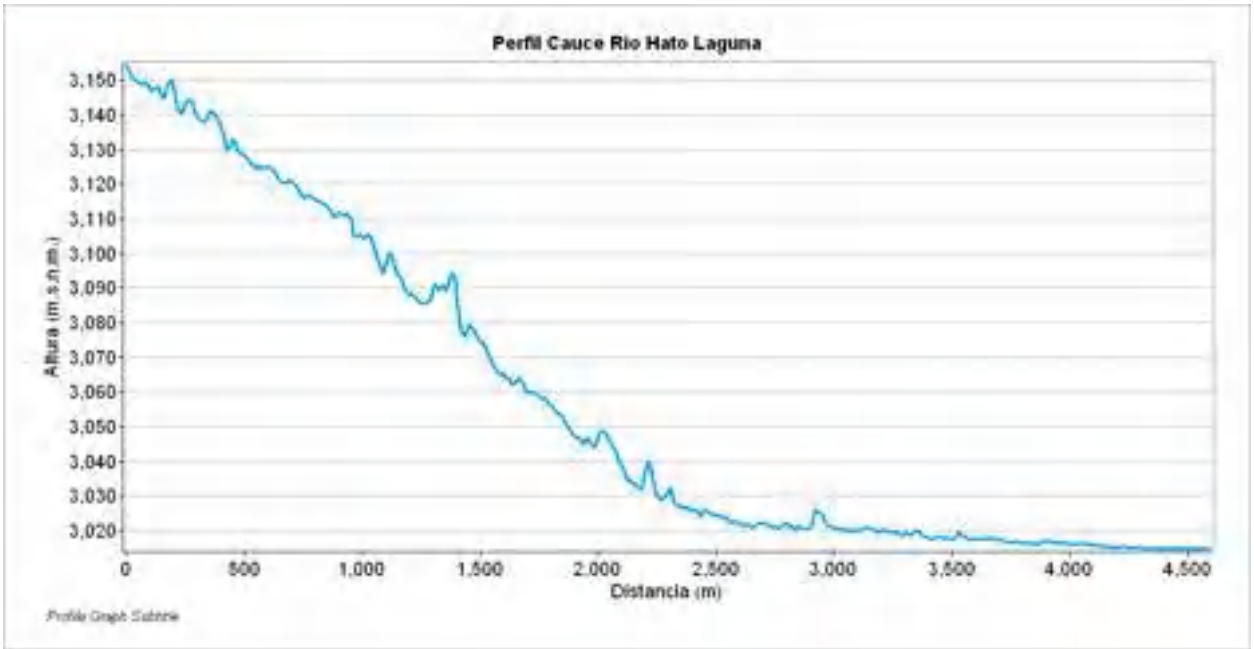
2.1.4.9 Pendiente del cauce

A partir del Modelo de Elevación Digital (DEM) y con base en la cartografía base IGAC Escala 1:25.000 se establecieron los perfiles de los cauces principales de los cuerpos loticos objeto de ordenamiento, cuyos resultados obtenidos se presentan a continuación.

2.1.4.9.1 Río Hatolaguna

El río Hatolaguna cuenta con una extensión longitudinal de 4.97 km que varían desde una altura de 3154.3 m.s.n.m. a 3014.86 m.s.n.m, presentando un perfil con múltiples cambios de pendiente, resaltándose como los más evidentes aquel que se presenta a a los 1.1 km aproximadamente, donde ocurre una degradación de canal que se ve reflejada en la conformación se pozos, mientras que de forma seguida se presenta un área de agradación en donde posiblemente se presenta acumulación de sedimentos. Esta situación se repite nuevamente aproximadamente en a los 2km medidos desde aguas arriba, mientras que después de los 2.4km aproximadamente, la pendiente parece cambiar de valor tornándose un poco menos inclinada.

Figura 56. Perfil del cauce principal río Hatolaguna



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

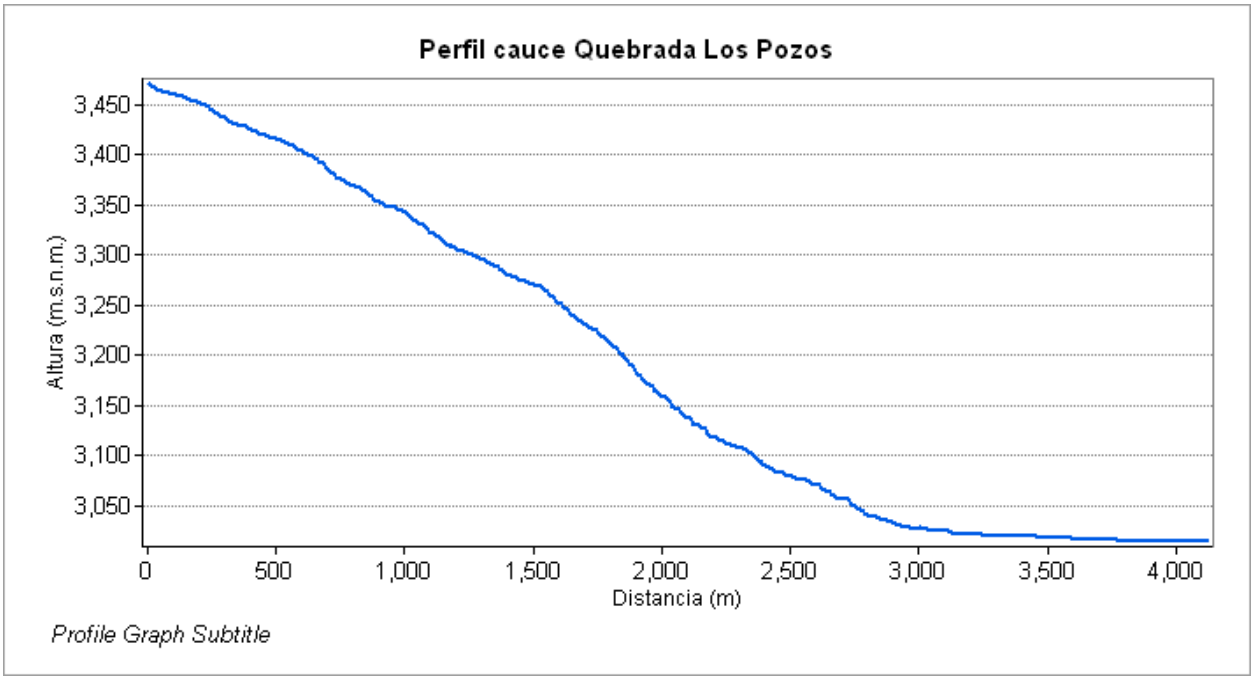
Figura 57. Sector del río Hatolaguna

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

2.1.4.9.2 Quebrada Los Pozos

La Quebrada Los Pozos cuenta con una extensión de 4.19 km que va de alturas sobre el nivel del mar desde los 3470.51 m.s.n.m. a los 3014.86 .m.s.n.m. presentando un perfil con una pendiente homogénea en casi la totalidad de su extensión hasta aproximadamente los 2.8 km medidos hacia aguas abajo, donde la pendiente pierde inclinación y se torna mucho más plana debido a la geoforma de vallecito que se presenta en dicha área.

Figura 58. Perfil del cauce principal Quebrada Los Pozos



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

Figura 59. Sector de la Quebrada Los Pozos

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

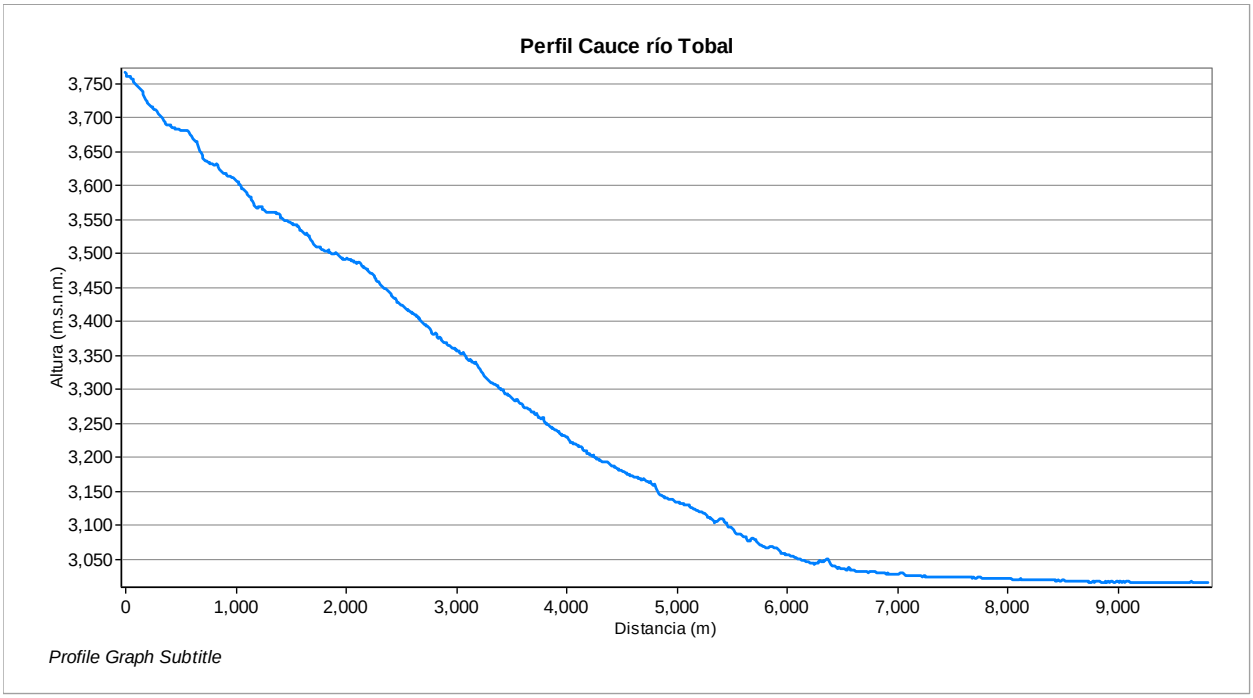
2.1.4.9.3 Río Tobal

El río Tobal cuenta con una extensión de 9.92 km, distribuidos en elevaciones que van desde los 3765.57 m.s.n.m. a los 3014.86 m.s.n.m, presentando inicialmente una forma escalonada sucesiva hacia la parte alta del cuerpo de agua en una longitud de 2.1 km, para posteriormente tomar una pendiente constante que se mantuvo hasta aproximadamente 6.2 km de distancia medidas desde el nacimiento.

cambios fuertes en la pendiente principalmente hacia la parte alta en puntos donde aparentemente se presenta acumulación de sedimentos formando pozos, principalmente hacia antes de los 1000 primeros metros de longitud; posteriormente y hasta aproximadamente los 5700 metros de longitud del río la pendiente

se mantiene en un contexto estable típica de la fase de maduración hasta formar nuevamente un pozo, sin embargo, posteriormente, en la parte baja el comportamiento de la pendiente es típica de un río viejo caracterizada por la formación de valles y acumulación de sedimentos. En general el cauce del río Tobal presenta una pendiente típica de ríos viejos, sin embargo, logra notarse los cambios de pendiente anteriormente mencionados que resultan útiles para la definición de los tramos.

Figura 60. Perfil del cauce principal del río Tobal



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

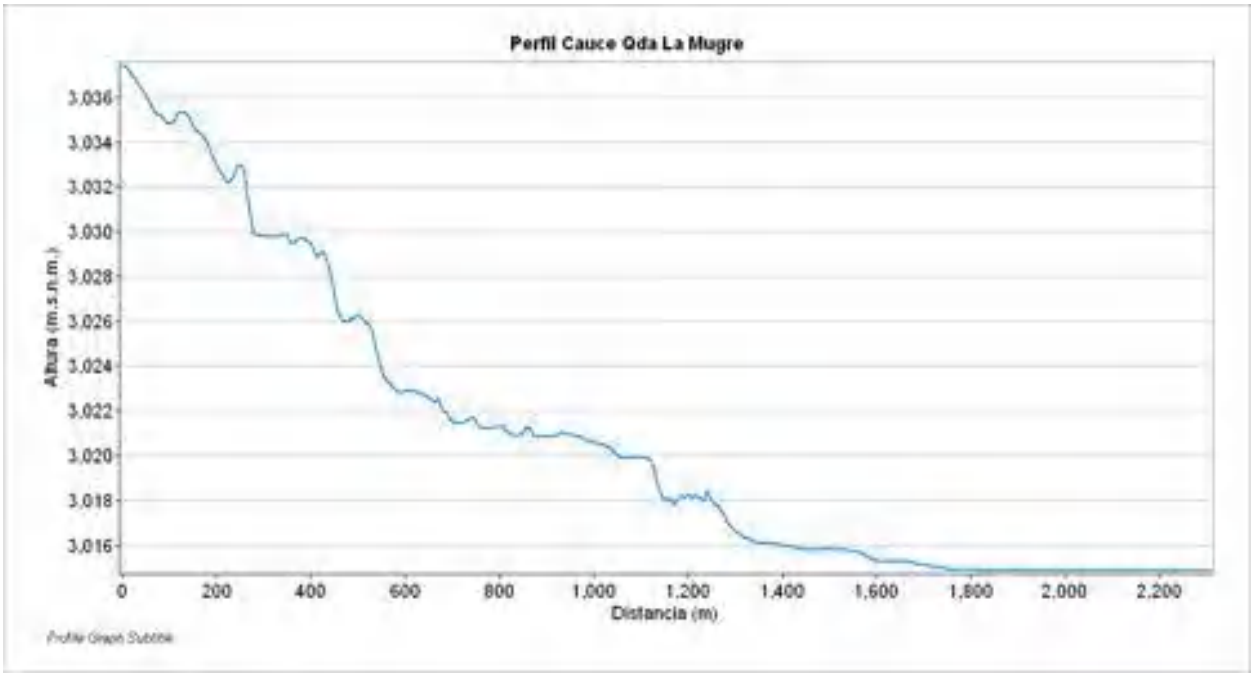
Figura 61. Sector del río Tobal

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

2.1.4.9.4 Quebrada La Mugre

La Quebrad la Mugre cuenta con una extensión de 2.97 km distribuidos en altitudes que van desde los 3268.53 m.s.n.m. a los 3014.86 m.s.n.m. presentándose una alta variación de la pendiente desde la parte alta hasta los casi 600 metro de distancia, tramo en el cual se evidencia un comportamiento escalonado seguido de un tramo de aproximadamente 500 metros con una pendiente relativamente plana en donde probablemente se presenten procesos de depositación, seguido nuevamente de un proceso escalonado que finalmente se regula a los 1.7 km en donde la pendiente se torna muy plana.

Figura 62. Perfil del cauce principal Quebrada La Mugre



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

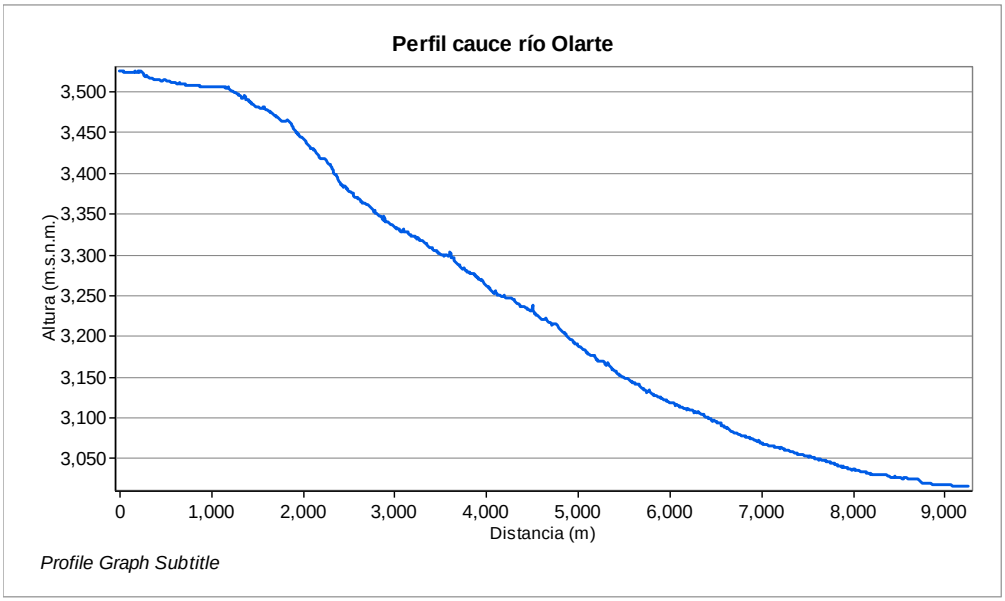
Figura 63. Sector de la quebrada La Mugre

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

2.1.4.9.5 Río Olarte

El río Olarte presente una extensión de 9.49 km distribuidos en elevaciones que van desde los 3524.74 m.s.n.m. a los 3015.13 m.s.n.m., presentando una pendiente inicialmente plana en el primer kilómetro, la cual tiene a inclinarse posteriormente hasta la finalización del cuerpo de agua, sin presentar cambios brusco en la pendiente.

Figura 64. Perfil del cauce principal Quebrada La Mugre



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

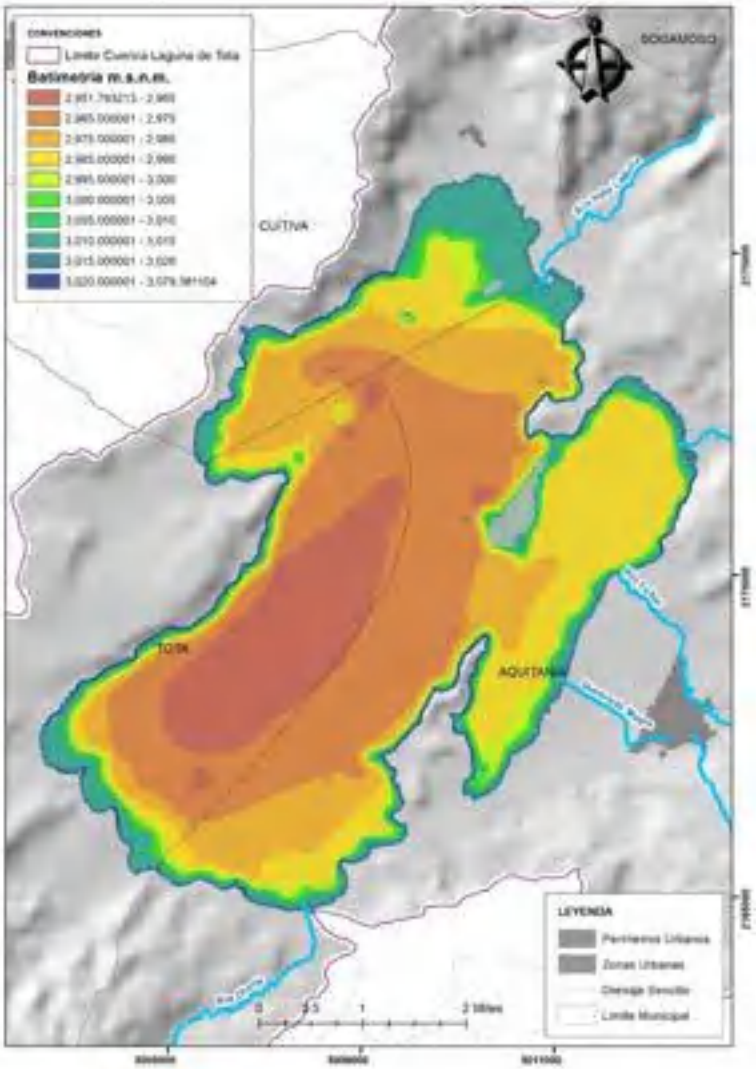
Figura 65. Desembocadura del río Olarte en el Lago de Tota

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

2.1.4.10 Topobatimetría

Mediante el estudio de realizado para el proyecto AICCA se realizaron topobatimetrías del Lago de Tota, en donde se identificó que este cuenta con una lámina de agua a 3.015,2 m.s.n.m.; un área de 55,15 km2 y volumen de 1.854,8 X 106 m3 para la cota 3.015 m.s.n.m.; profundidad máxima de 63,4 m. Los valores de profundidad obtenidos mediante la batimetría fueron reclasificados con el fin de obtener una visión clara de las profundidades presentes en el cuerpo de agua, encontrándose que las mayores se presentan hacia la parte oeste del lago hacia la parte del cuerpo de agua en jurisdicción del municipio de Tota. Adicionalmente, se observó que hacia la zona norte del lago aún se presentan muy bajas profundidades considerando posibles procesos de eutrofización y acumulación de materia orgánica a causa de las actividades antrópicas que allí se realizan.

Figura 66. Topobatimetría del Lago de Tota

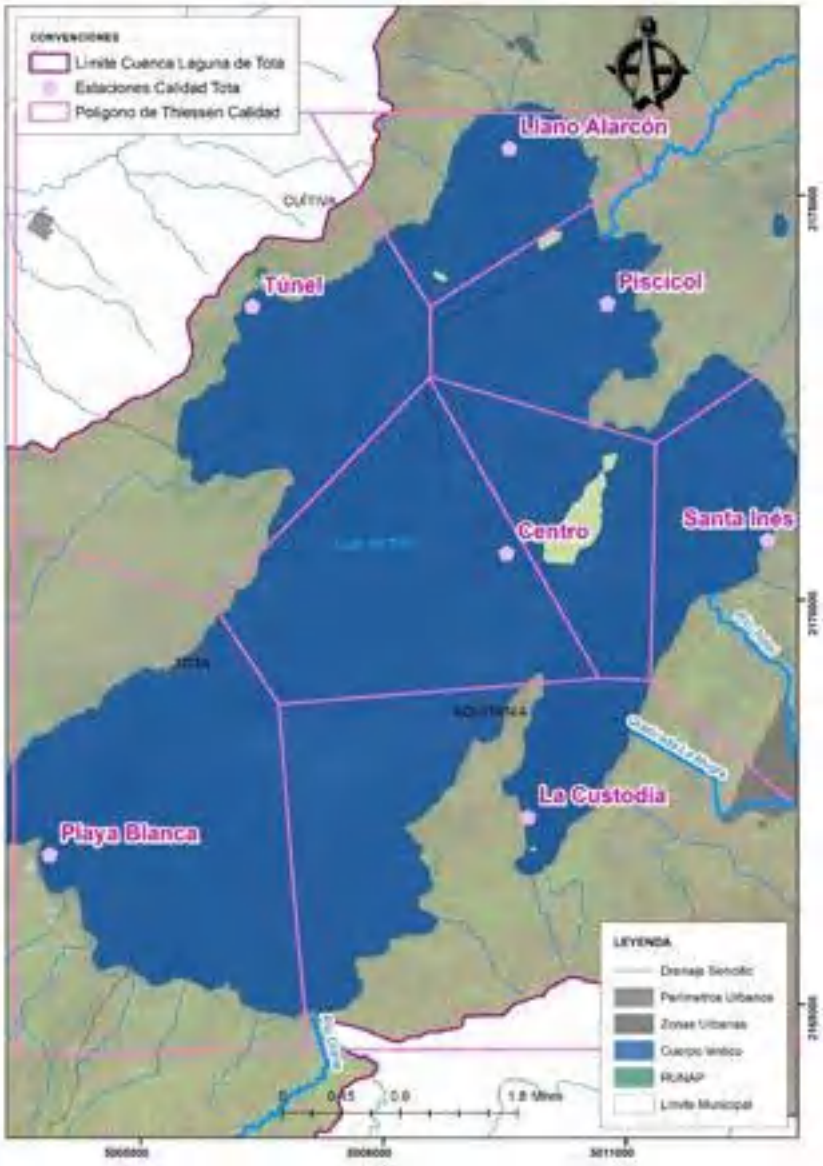


Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

2.1.4.11 Calidad del agua

El Lago de Tota presenta 8 puntos en los cuales se realizan monitoreos de forma regular y desde hace por lo menos 8 años y que cuentan con información registrada a marzo de 2022. En la Figura 67 se presenta la ubicación de las estaciones y la forma de los polígonos de Thieesen generado para determinar el área de influencia de cada estación, mientras que los resultados del monitoreo más reciente se presentan en la Tabla 32.

Figura 67. Ubicación y polígonos de Thiessen de las estaciones de calidad del agua ubicadas en el Lago de Tota



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

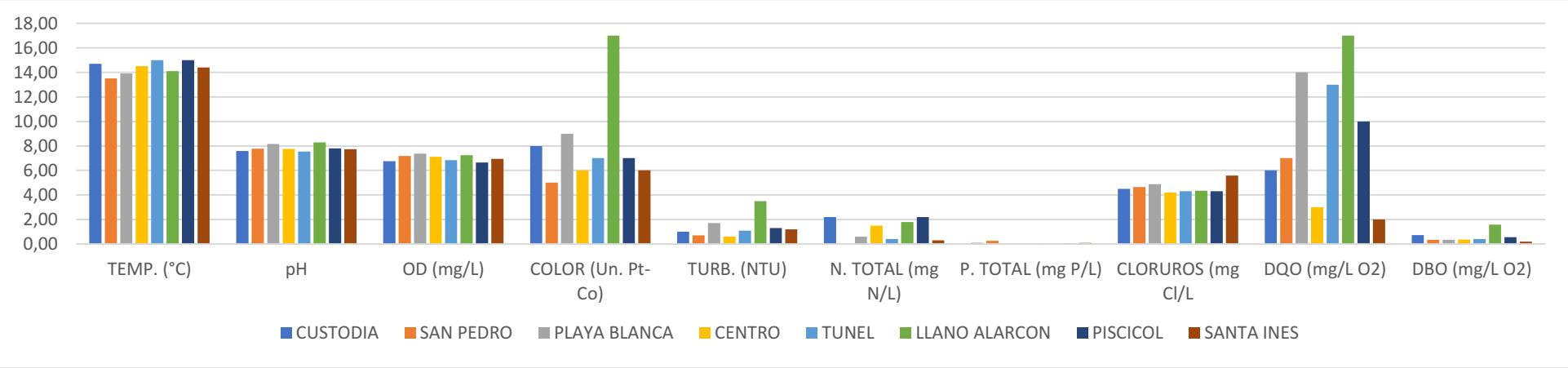
Tabla 32. Resultados de monitoreo de calidad del agua para julio de 2020 en las estaciones del Lago de Tota

ESTACION	PARÁMETROS																						
	TEMP. (°C)	pH	CONDUC. (µs/cm)	OD (mg/L)	SALINIDAD (PSU)	COLOR (Un. Pt-Co)	TURB. (NTU)	NITRATOS (mg/L N-NO3)	SULFATOS (mg/L SO4)	ORTOFOSFATOS (mg/L PO4)	SDT (mg/L)	S.TOTALES (mg/L)	S. SUSPEND (mg/L)	S. SEDIMEN (mL/L)	N-NH3 (mg/L N-NH3)	N. TOTAL (mg N/L)	P. TOTAL (mg P/L)	CLORUROS (mg Cl/L	ALCALINIDAD TOTAL (mg/L CaCO3)	DQO (mg/L O2)	DBO (mg/L O2)	COL. TOTALES (UFC)	E. COLI (UFC)
CUSTODIA	14,70	7,59	124,00	6,76	0,11	8,00	1,00	0,30	7,42	0,07	56,30	65,70	0,70	<0,1	0,01	2,20	0,10	4,50	41,80	6,00	0,72	1010,00	70,00
SAN PEDRO	13,50	7,78	116,00	7,19	0,11	5,00	0,70	0,20	6,60	0,05	57,30	68,90	0,60	<0,1	0,00	<0,5	0,27	4,65	38,70	7,00	0,35	225,00	1,00
PLAYA BLANCA	13,90	8,17	111,00	7,37	0,10	9,00	1,70	0,30	6,28	0,04	44,20	68,60	2,40	<0,1	0,03	0,60	0,05	4,89	40,40	14,00	0,34	134,00	0,00
CENTRO	14,50	7,75	118,00	7,12	0,11	6,00	0,60	0,40	5,84	0,04	57,30	59,40	0,10	<0,1	0,01	1,50	0,07	4,21	37,80	3,00	0,36	178,00	0,00
TUNEL	15,00	7,54	116,00	6,84	0,11	7,00	1,10	0,30	6,97	0,04	58,30	70,00	0,40	<0,1	0,00	0,40	0,07	4,31	39,10	13,00	0,42	286,00	76,00
LLANO ALARCON	14,10	8,28	140,00	7,24	0,12	17,00	3,50	0,20	6,68	0,03	64,20	71,40	6,20	<0,1	0,01	1,80	0,04	4,35	38,90	17,00	1,57	1421,00	1,00
PISCICOL	15,00	7,79	115,00	6,64	0,11	7,00	1,30	0,30	5,60	0,05	56,70	65,30	0,70	<0,1	0,01	2,20	0,06	4,31	41,50	10,00	0,55	478,00	120,00
SANTA INES	14,40	7,73	119,00	6,95	0,11	6,00	1,20	0,20	6,10	0,06	58,90	67,50	0,10	<0,1	0,00	0,30	0,08	5,58	39,50	2,00	0,19	205,00	3,00

Fuente: (Corpoboyacá, 2022)

En la Tabla 32 se evidencian los diferentes parámetros medidos para el periodo de julio del año 2020 en las 8 estaciones ubicadas en el espejo de agua del Lago de Tota, se puede apreciar que la estación TUNEL es la que reporta la máxima temperatura de 15°C, para el pH la estación que reporta un máximo de 8,28 es LLANO ALARCON, de igual manera para el color que se ubica en 17 Un. Pt-Co y la turbidez con 3,50 NTU, la estación de LLANO ALARCON también destaca en solidos suspendidos y solidos totales con unos máximos de 6,20 mg/l y 71,40 mg/l respectivamente, mientras que para la alcalinidad la estación que destaca es LA CUSTODIA con 41,80 mg/l CaCo.

Figura 68. Resultados de monitoreo de calidad del agua para julio de 2020 en las estaciones del Lago de Tota



Fuente: (Corpoboyacá, 2022)

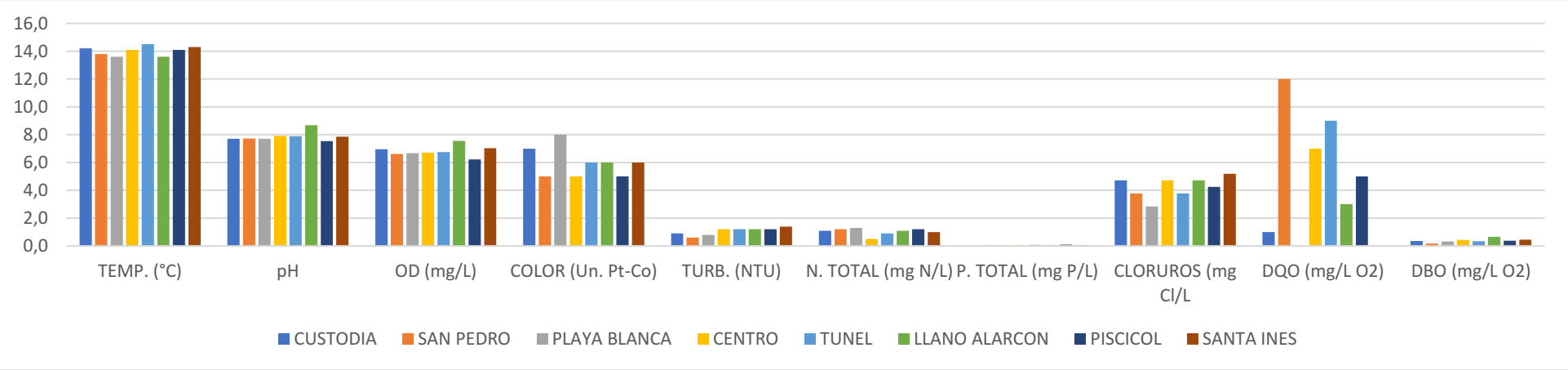
Tabla 33. Resultados de monitoreo de calidad del agua para septiembre de 2020 en las estaciones del Lago de Tota

ESTACION	PARÁMETROS																						
	TEMP. (°C)	pH	CONDUC. (µs/cm)	OD (mg/L)	SALINIDAD (PSU)	COLOR (Un. Pt-Co)	TURB. (NTU)	NITRATOS (mg/L N-NO3)	SULFATOS (mg/L SO4)	ORTOFOSFATOS (mg/L PO4)	SDT (mg/L)	S.TOTALES (mg/L)	S. SUSPEND (mg/L)	S. SEDIMEN (mL/L)	N-NH3 (mg/L N-NH3)	N. TOTAL (mg N/L)	P. TOTAL (mg P/L)	CLORUROS (mg Cl/L	ALCALINIDAD TOTAL (mg/L CaCO3)	DQO (mg/L O2)	DBO (mg/L O2)	COL. TOTALES (UFC)	E. COLI (UFC)
CUSTODIA	14,2	7,71	375	6,95	0,227	7,00	0,900	0,300	7,02	0,020	65,0	67,1	0,800	<0,1	0,050	1,10	0,030	4,71	41,0	1,00	0,366	17118	18
SAN PEDRO	13,8	7,73	252	6,61	0,168	5,00	0,600	0,600	7,32	0,020	64,3	67,6	0,400	<0,1	0,030	1,20	0,050	3,77	44,0	12,0	0,170	17402	2
PLAYA BLANCA	13,6	7,71	348	6,68	0,214	8,00	0,800	0,500	7,63	0,010	61,7	69,8	0,300	<0,1	0,030	1,30	0,040	2,83	41,0	<3	0,325	18019	19
CENTRO	14,1	7,92	290	6,71	0,186	5,00	1,20	0,200	7,09	0,020	59,9	69,7	0,300	<0,1	0,040	0,500	0,060	4,71	41,0	7,00	0,426	18900	0
TUNEL	14,5	7,89	314	6,75	0,197	6,00	1,20	0,500	6,57	0,040	61,7	68,0	0,400	<0,1	0,050	0,900	0,070	3,77	39,0	9,00	0,342	16701	1
LLANO ALARCON	13,6	8,68	456	7,55	0,226	6,00	1,20	0,300	6,99	0,030	58,8	61,5	0,200	<0,1	0,020	1,10	0,050	4,71	42,0	3,00	0,660	1991	1
PISCICOL	14,1	7,54	351	6,23	0,216	5,00	1,20	0,500	5,69	0,040	64,9	68,5	0,700	<0,1	0,050	1,20	0,090	4,24	41,0	5,00	0,379	19600	0
SANTA INES	14,3	7,85	311	7,02	0,196	6,00	1,40	0,200	7,41	0,020	65,9	68,3	0,900	<0,1	0,100	1,00	0,060	5,19	42,0	<3	0,444	19201	1

Fuente: (Corpoboyacá, 2022)

En la Tabla 33 se evidencian los diferentes parámetros medidos para el periodo de septiembre del año 2020 en las 8 estaciones ubicadas en el espejo de agua del Lago de Tota, se puede apreciar que la estación TUNEL es la que reporta la máxima temperatura de 14,5°C, para el pH la estación que reporta un máximo de 8,68 es LLANO ALARCON, para el color la estación de PLAYA BLANCA se ubica en un máximo de 8 Un. Pt-Co y la estación de SANTA INES con una turbidez máxima de 1,40 NTU, la estación de PLAYA BLANCA también destaca en solidos totales con 69,8 mg/l y la estación de SANTA INES con solidos totales en 0,90 mg/l, mientras que para la alcalinidad la estación que destaca es LLANO ALARCON con 42,00 mg/l CaCo.

Figura 69. Resultados de monitoreo de calidad del agua para septiembre de 2020 en las estaciones del Lago de Tota



Fuente: (Corpoboyacá, 2022)

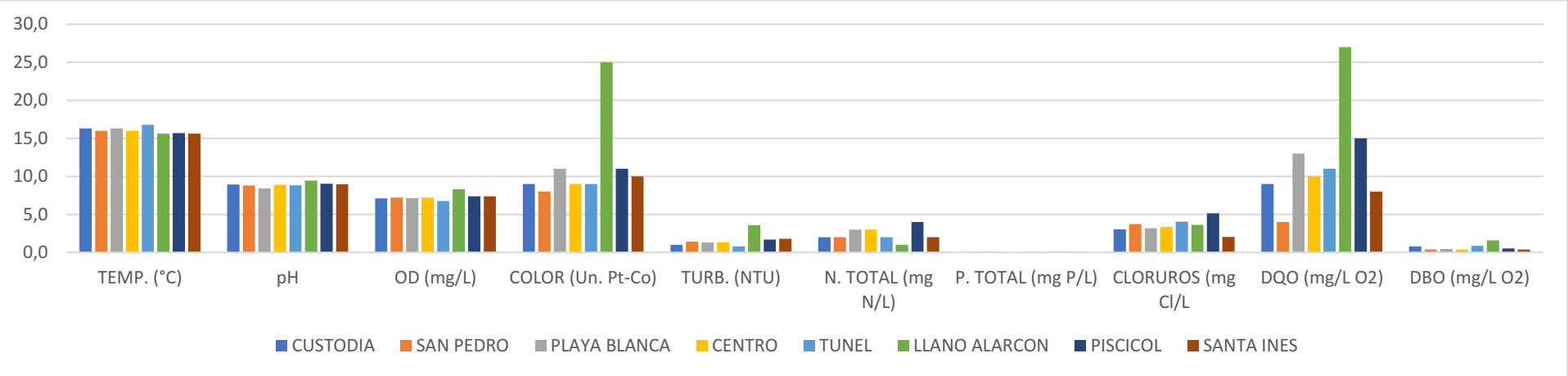
Tabla 34. Resultados de monitoreo de calidad del agua para diciembre de 2020 en las estaciones del Lago de Tota

ESTACION	PARÁMETROS																						
	TEMP. (°C)	pH	CONDUC. (µs/cm)	OD (mg/L)	SALINIDAD (PSU)	COLOR (Un. Pt-Co)	TURB. (NTU)	NITRATOS (mg/L N-NO3)	SULFATOS (mg/L SO4)	ORTOFOSFATOS (mg/L PO4)	SDT (mg/L)	S.TOTALES (mg/L)	S. SUSPEND (mg/L)	S. SEDIMEN (mL/L)	N-NH3 (mg/L N-NH3)	N. TOTAL (mg N/L)	P. TOTAL (mg P/L)	CLORUROS (mg Cl/L	ALCALINIDAD TOTAL (mg/L CaCO3)	DQO (mg/L O2)	DBO (mg/L O2)	COL. TOTALES (UFC)	E. COLI (UFC)
CUSTODIA	16,3	8,94	115	7,09	0,106	9,00	1,00	1,00	5,90	0,063	56,7	68,6	1,90	<0,1	0,210	2,00	0,070	3,02	36,2	9,00	0,797	1103	3
SAN PEDRO	16,0	8,78	116	7,22	0,106	8,00	1,40	1,10	4,70	0,049	57,6	67,9	1,80	<0,1	0,156	2,00	0,090	3,72	36,4	4,00	0,371	781	1
PLAYA BLANCA	16,3	8,42	114	7,15	0,105	11,0	1,30	0,500	4,945	0,05	56,3	67,9	1,90	<0,1	0,150	3,00	0,070	3,16	33,1	13,0	0,463	844	4
CENTRO	16,0	8,90	189	7,22	0,118	9,00	1,30	1,30	5,54	0,053	52,3	67,1	1,80	<0,1	0,140	3,00	0,080	3,35	31,4	10,0	0,372	90	1
TUNEL	16,8	8,82	114	6,74	0,106	9,00	0,800	1,35	6,91	0,043	56,6	66,5	1,60	<0,1	0,140	2,00	0,105	4,05	31,5	11,0	0,849	222	2
LLANO ALARCON	15,6	9,43	130	8,32	0,112	25,0	3,60	0,600	7,57	0,060	63,9	88,9	7,70	<0,1	0,200	1,00	0,090	3,63	39,7	27,0	1,58	86	40
PISCICOL	15,7	9,04	133	7,36	0,119	11,0	1,70	1,10	4,82	0,055	54,4	67,4	1,90	<0,1	0,141	4,00	0,070	5,14	42,3	15,0	0,509	381	1
SANTA INES	15,6	8,95	120	7,37	0,108	10,0	1,80	1,00	4,52	0,049	59,2	66,7	2,50	<0,1	0,132	2,00	0,060	2,03	42,0	8,00	0,389	921	1

Fuente: (Corpoboyacá, 2022)

En la Tabla 34 se evidencian los diferentes parámetros medidos para el periodo de diciembre del año 2020 en las 8 estaciones ubicadas en el espejo de agua del Lago de Tota, se puede apreciar que la estación TUNEL es la que reporta la máxima temperatura de 16,8°C, para el pH la estación que reporta un máximo de 9,43 es LLANO ALARCON, de igual manera para el color que se ubica en 25 Un. Pt-Co y la turbidez con 3,60 NTU, la estación de LLANO ALARCON también destaca en solidos suspendidos y solidos totales con unos máximos de 7,70 mg/l y 88,90 mg/l respectivamente, mientras que para la alcalinidad la estación que destaca es PISCICOL con 42,30 mg/l CaCo.

Figura 70. Resultados de monitoreo de calidad del agua para diciembre de 2020 en las estaciones del Lago de Tota



Fuente: (Corpoboyacá, 2022)

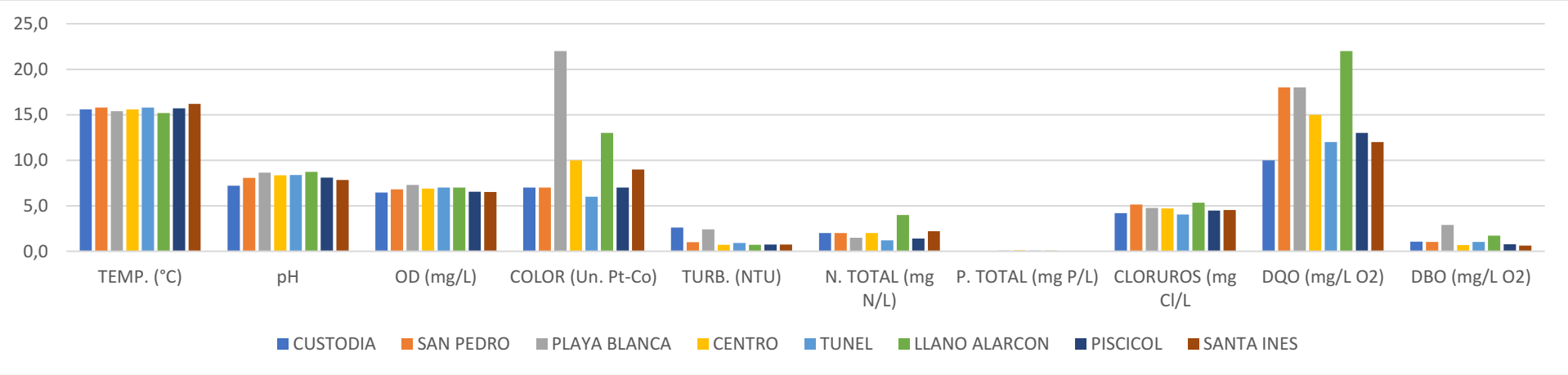
Tabla 35. Resultados de monitoreo de calidad del agua para marzo de 2021 en las estaciones del Lago de Tota

ESTACION	PARÁMETROS																						
	TEMP. (°C)	pH	CONDUC. (µs/cm)	OD (mg/L)	SALINIDAD (PSU)	COLOR (Un. Pt-Co)	TURB. (NTU)	NITRATOS (mg/L N-NO3)	SULFATOS (mg/L SO4)	ORTOFOSFATOS (mg/L PO4)	SDT (mg/L)	S.TOTALES (mg/L)	S. SUSPEND (mg/L)	S. SEDIMEN (mL/L)	N-NH3 (mg/L N-NH3)	N. TOTAL (mg N/L)	P. TOTAL (mg P/L)	CLORUROS (mg Cl/L	ALCALINIDAD TOTAL (mg/L CaCO3)	DQO (mg/L O2)	DBO (mg/L O2)	COL. TOTALES (UFC)	E. COLI (UFC)
CUSTODIA	15,6	7,20	237	6,45	0,162	7,00	2,60	1,50	4,06	0,045	69,4	72,7	0,70	<0,1	0,020	2,00	0,060	4,20	37,9	10,0	1,05	19720	20
SAN PEDRO	15,8	8,07	118	6,81	0,107	7,00	1,00	1,40	4,96	0,011	72,0	76,4	0,50	<0,1	0,120	2,00	0,020	5,14	35,8	18,0	1,04	19800	0
PLAYA BLANCA	15,4	8,63	116	7,29	0,106	22,0	2,40	1,30	6,32	0,07	68,7	80,6	10,1	<0,1	0,110	1,50	0,090	4,76	35,7	18,0	2,89	4700	0
CENTRO	15,6	8,34	114	6,88	0,105	10,0	0,700	1,50	3,90	0,093	69,8	78,0	0,50	<0,1	0,130	2,00	0,100	4,71	36,6	15,0	0,675	16600	0
TUNEL	15,8	8,37	115	7,01	0,106	6,00	0,900	1,10	8,08	0,023	32,4	61,9	0,55	<0,1	0,070	1,20	0,070	4,05	35,3	12,0	1,04	8900	0
LLANO ALARCON	15,2	8,72	120	7,01	0,108	13,0	0,700	1,00	5,39	0,006	74,4	79,5	0,10	<0.1	0,090	4,00	0,090	5,33	40,2	22,0	1,72	2500	0
PISCICOL	15,7	8,10	114	6,54	0,105	7,00	0,750	0,800	4,06	0,001	61,8	68,0	3,80	<0,1	0,130	1,40	0,050	4,48	39,8	13,0	0,775	19600	0
SANTA INES	16,2	7,83	115	6,52	0,106	9,00	0,750	1,40	5,05	0,002	67,8	80,4	9,30	<0,1	0,070	2,20	0,040	4,53	38,2	12,0	0,622	11202	2

Fuente: (Corpoboyacá, 2022)

En la Tabla 35 se evidencian los diferentes parámetros medidos para el periodo de marzo del año 2021 en las 8 estaciones ubicadas en el espejo de agua del Lago de Tota, se puede apreciar que la estación TUNEL y SAN PEDRO son las que reportan la máxima temperatura de 15,8°C, para el pH la estación que reporta un máximo de 8,72 es LLANO ALARCON, la estación de PLAYA BLANCA reporta los máximos para el color, 22 Un. Pt-Co y la turbidez con 2,40 NTU, la estación de PLAYA BLANCA también destaca en solidos suspendidos y solidos totales con unos máximos de 10,10 mg/l y 80,60 mg/l respectivamente, mientras que para la alcalinidad la estación que destaca es LLANO ALARCON con 40,20 mg/l CaCo.

Figura 71. Resultados de monitoreo de calidad del agua para julio de 2021 en las estaciones del Lago de Tota



Fuente: (Corpoboyacá, 2022)

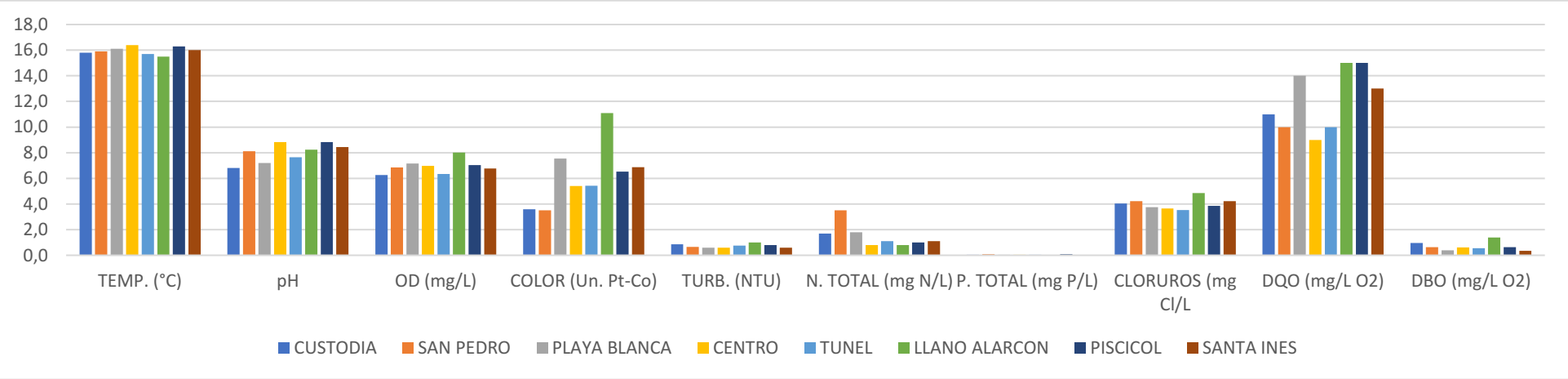
Tabla 36. Resultados de monitoreo de calidad del agua para junio de 2021 en las estaciones del Lago de Tota

ESTACION	PARÁMETROS																						
	TEMP. (°C)	pH	CONDUC. (µs/cm)	OD (mg/L)	SALINIDAD (PSU)	COLOR (Un. Pt-Co)	TURB. (NTU)	NITRATOS (mg/L N-NO3)	SULFATOS (mg/L SO4)	ORTOFOSFATOS (mg/L PO4)	SDT (mg/L)	S.TOTALES (mg/L)	S. SUSPEND (mg/L)	S. SEDIMEN (mL/L)	N-NH3 (mg/L N-NH3)	N. TOTAL (mg N/L)	P. TOTAL (mg P/L)	CLORUROS (mg Cl/L	ALCALINIDAD TOTAL (mg/L CaCO3)	DQO (mg/L O2)	DBO (mg/L O2)	COL. TOTALES (UFC)	E. COLI (UFC)
CUSTODIA	15,8	6,81	231	6,27	0,159	3,59	0,850	1,30	4,51	0,013	55,9	73,3	0,700	<0,1	0,004	1,70	0,050	4,04	35,8	11,0	0,953	140	9
SAN PEDRO	15,9	8,12	121	6,85	0,161	3,50	0,650	2,50	4,57	0,006	85,4	100	0,900	<0,1	0,049	3,50	0,080	4,23	24,2	10,0	0,633	109	0
PLAYA BLANCA	16,1	7,19	119	7,16	0,158	7,55	0,600	0,800	5,27	0,006	61,5	67,9	0,700	<0,1	0,155	1,80	0,050	3,75	37,8	14,0	0,383	122	1
CENTRO	16,4	8,82	116	6,97	0,106	5,41	0,600	0,700	4,38	0,002	45,4	58,6	1,20	<0,1	0	0,800	0,040	3,66	38,3	9,00	0,603	160	0
TUNEL	15,7	7,64	118	6,34	0,107	5,42	0,750	1,00	4,52	0,004	60,2	65,8	0,500	<0,1	0,017	1,10	0,050	3,52	37,8	10,0	0,558	147	0
LLANO ALARCON	15,5	8,23	114	8,01	0,105	11,1	1,00	0,70	5,93	0,016	44,1	48,1	2,80	<0,1	0,017	0,800	0,030	4,85	35,4	15,0	1,38	180	0
PISCICOL	16,3	8,82	118	7,04	0,107	6,52	0,800	0,800	5,14	0,010	57,1	69,1	1,00	<0,1	0,009	1,00	0,080	3,85	38,2	15,0	0,633	160	1
SANTA INES	16,0	8,44	116	6,78	0,106	6,87	0,600	1,10	5,08	0,007	48,7	70,0	1,10	<0,1	0,016	1,10	0,020	4,23	38,8	13,0	0,351	150	1

Fuente: (Corpoboyacá, 2022)

En la Tabla 36 se evidencian los diferentes parámetros medidos para el periodo de junio del año 2021 en las 8 estaciones ubicadas en el espejo de agua del Lago de Tota, se puede apreciar que la estación CENTRO es la que reporta la máxima temperatura de 16,4°C, para el pH la estación que reporta un máximo de 8,82 es PISCICOL, la estación de LLANO ALARCON ubica los máximos para los parámetros de color con 11,1 Un. Pt-Co, turbidez con 1,00 NTU y solidos suspendidos con 2,80 mg/l, mientras que para la alcalinidad la estación que destaca es SANTA INES con 38,80 mg/l CaCo.

Figura 72. Resultados de monitoreo de calidad del agua para julio de 2021 en las estaciones del Lago de Tota



Fuente: (Corpoboyacá, 2022)

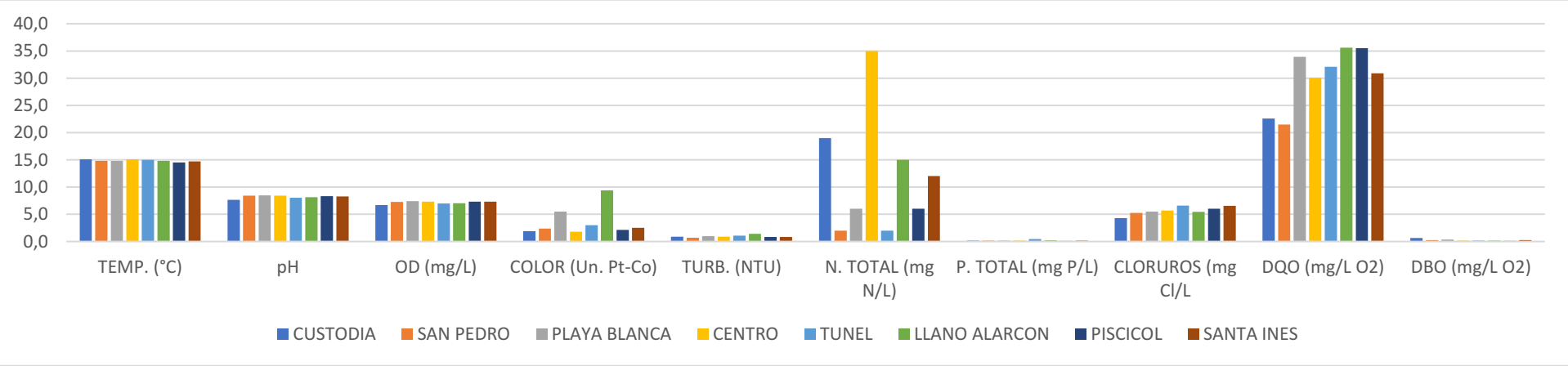
Tabla 37. Resultados de monitoreo de calidad del agua para septiembre de 2021 en las estaciones del Lago de Tota

ESTACION	PARÁMETROS																						
	TEMP. (°C)	pH	CONDUC. (µs/cm)	OD (mg/L)	SALINIDAD (PSU)	COLOR (Un. Pt-Co)	TURB. (NTU)	NITRATOS (mg/L N-NO3)	SULFATOS (mg/L SO4)	ORTOFOSFATOS (mg/L PO4)	SDT (mg/L)	S.TOTALES (mg/L)	S. SUSPEND (mg/L)	S. SEDIMEN (mL/L)	N-NH3 (mg/L N-NH3)	N. TOTAL (mg N/L)	P. TOTAL (mg P/L)	CLORUROS (mg Cl/L	ALCALINIDAD TOTAL (mg/L CaCO3)	DQO (mg/L O2)	DBO (mg/L O2)	COL. TOTALES (UFC)	E. COLI (UFC)
CUSTODIA	15,1	7,67	149	6,69	0,125	1,87	0,900	1,00	6,04	0,018	42,0	45,9	1,60	<0,1	0,050	19,0	0,180	4,28	45,5	22,6	0,664	39	15
SAN PEDRO	14,8	8,44	121	7,27	0,107	2,39	0,700	0,700	6,96	0,000	55,0	57,3	0,900	<0,1	0,040	2,00	0,150	5,27	48,0	21,5	0,260	63	2
PLAYA BLANCA	14,8	8,46	120	7,40	0,107	5,49	1,00	0,900	6,37	0,018	44,2	64,6	1,00	<0,1	0	6,00	0,150	5,51	42,8	33,9	0,372	6	1
CENTRO	15,1	8,44	120	7,32	0,108	1,80	0,900	0,900	6,65	0,024	52,0	57,1	1,30	<0,1	0	35,0	0,160	5,70	50,3	30,1	0,139	19	1
TUNEL	15,0	8,05	121	7,00	0,109	2,97	1,05	0,00	7,60	0,020	52,0	61,3	1,40	<0,1	0,001	2,00	0,435	6,60	44,3	32,1	0,140	37	2
LLANO ALARCON	14,8	8,15	135	7,04	0,114	9,4	1,40	1,60	6,94	0,003	52,0	75,6	1,50	<0,1	0,010	15,0	0,210	5,46	46,8	35,6	0,180	29	2
PISCICOL	14,5	8,32	121	7,30	0,107	2,14	0,850	0,700	6,07	0,036	42,2	63,2	1,80	<0,1	0,040	6,00	0,130	6,03	47,9	35,5	0,119	24	1
SANTA INES	14,7	8,26	120	7,33	0,107	2,49	0,850	0,700	6,46	0,017	50,3	63,6	1,00	<0,1	0	12,0	0,140	6,56	48,5	30,9	0,240	17	3

Fuente: (Corpoboyacá, 2022)

En la Tabla 37 se evidencian los diferentes parámetros medidos para el periodo de junio del año 2021 en las 8 estaciones ubicadas en el espejo de agua del Lago de Tota, se puede apreciar que las estaciones LA CUSTODIA y CENTRO son las que reportan la máxima temperatura de 15,1°C, para el pH la estación que reporta un máximo de 8,46 es PLAYA BLANCA, la estación de LLANO ALARCON ubica los máximos para los parámetros de color con 9,4 Un. Pt-Co, turbidez con 1,40 NTU y solidos totales con 75,60 mg/l, mientras que para la alcalinidad la estación que destaca es SANTA INES con 48,50 mg/l CaCo.

Figura 73. Resultados de monitoreo de calidad del agua para septiembre de 2021 en las estaciones del Lago de Tota



Fuente: (Corpoboyacá, 2022)

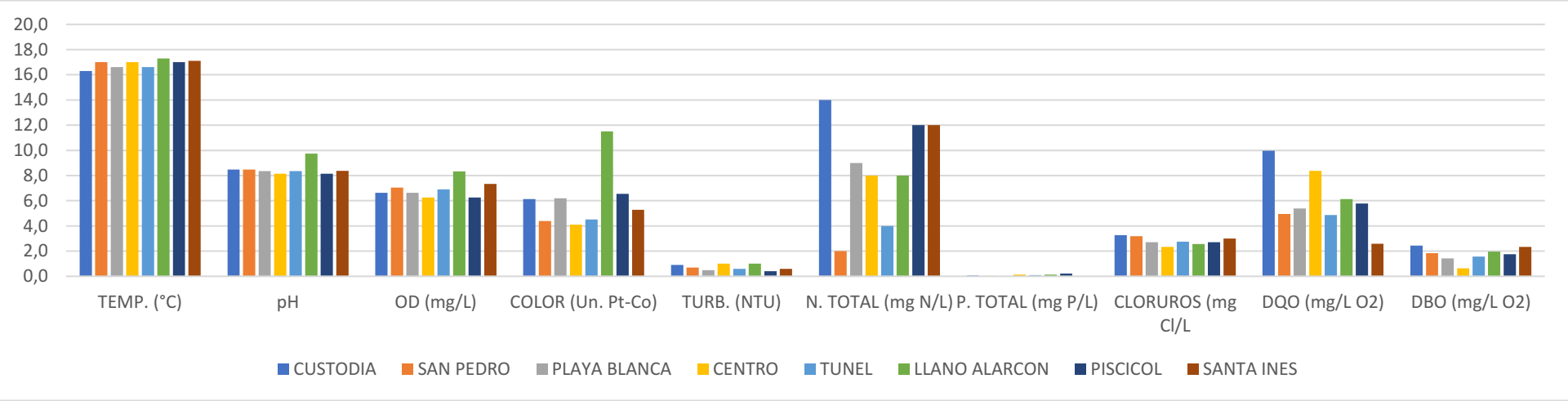
Tabla 38. Resultados de monitoreo de calidad del agua para diciembre de 2021 en las estaciones del Lago de Tota

ESTACION	PARÁMETROS																						
	TEMP. (°C)	pH	CONDUC. (µs/cm)	OD (mg/L)	SALINIDAD (PSU)	COLOR (Un. Pt-Co)	TURB. (NTU)	NITRATOS (mg/L N-NO3)	SULFATOS (mg/L SO4)	ORTOFOSFATOS (mg/L PO4)	SDT (mg/L)	S.TOTALES (mg/L)	S. SUSPEND (mg/L)	S. SEDIMEN (mL/L)	N-NH3 (mg/L N-NH3)	N. TOTAL (mg N/L)	P. TOTAL (mg P/L)	CLORUROS (mg Cl/L	ALCALINIDAD TOTAL (mg/L CaCO3)	DQO (mg/L O2)	DBO (mg/L O2)	COL. TOTALES (UFC)	E. COLI (UFC)
CUSTODIA	16,3	8,48	115	6,64	0,108	6,14	0,900	0,700	6,51	0,010	57,3	60,3	1,40	<0,1	0,020	14,0	0,070	3,28	40,8	9,98	2,43	1800	4
SAN PEDRO	17,0	8,48	117	7,05	0,155	4,40	0,700	0,500	6,29	0,004	62,6	66,8	0,900	<0,1	0,010	2,00	0,040	3,18	40,8	4,96	1,84	490	2
PLAYA BLANCA	16,6	8,35	120	6,63	0,109	6,20	0,500	0,700	6,30	0,002	49,6	65,5	0,900	<0,1	0,01	9,00	<0,02	2,71	40,9	5,39	1,42	1700	5
CENTRO	17,0	8,14	118	6,25	0,108	4,09	1,000	0,500	6,03	0,002	62,8	64,7	1,10	<0,1	0	8,00	0,130	2,33	40,9	8,38	0,630	210	1
TUNEL	16,6	8,36	119	6,89	0,108	4,51	0,600	0,300	5,42	0,001	59,7	64,3	1,05	<0,1	0,020	4,00	0,095	2,76	40,5	4,86	1,57	2100	12
LLANO ALARCON	17,3	9,74	112	8,34	0,108	11,5	1,00	0,400	6,57	0,008	36,5	64,1	4,10	<0,1	0,020	8,00	0,130	2,57	36,3	6,13	1,96	100	3
PISCICOL	17,0	8,14	118	6,25	0,108	6,54	0,400	0,500	5,79	0,005	32,2	38,8	1,40	<0,1	0,040	12,0	0,210	2,71	40,1	5,79	1,75	440	2
SANTA INES	17,1	8,37	118	7,33	0,107	5,28	0,600	0,400	6,15	0,008	35,0	34,0	0,900	<0,1	0	12,0	<0,02	2,99	40,6	2,58	2,34	770	3

Fuente: (Corpoboyacá, 2022)

En la Tabla 38Tabla 37 se evidencian los diferentes parámetros medidos para el periodo de diciembre del año 2021 en las 8 estaciones ubicadas en el espejo de agua del Lago de Tota, se puede apreciar que la estación LLANO ALARCON es la que reporta la máxima temperatura de 17,3°C junto con un máximo de 9,74 de pH, y el máximo para los parámetros de color con 11,5 Un. Pt-Co, turbidez con 1,00 NTU, para el parámetro de solidos totales la estación de CENTRO reporta el máximo con 66,80 mg/l, mientras que para la alcalinidad las estaciones que destacan son PLAYA BALNCA y CENTRO con 40,90 mg/l CaCo.

Figura 74. Resultados de monitoreo de calidad del agua para diciembre de 2021 en las estaciones del Lago de Tota



Fuente: (Corpoboyacá, 2022)

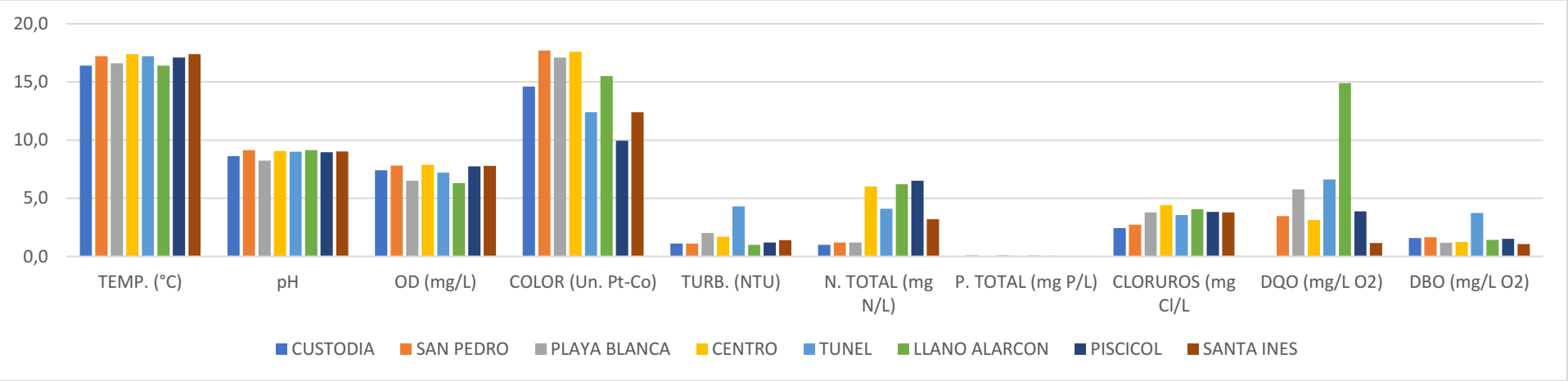
Tabla 39. Resultados de monitoreo de calidad del agua para marzo de 2022 en las estaciones del Lago de Tota

ESTACION	PARÁMETROS																						
	TEMP. (°C)	pH	CONDUC. (µs/cm)	OD (mg/L)	SALINIDAD (PSU)	COLOR (Un. Pt-Co)	TURB. (NTU)	NITRATOS (mg/L N-NO3)	SULFATOS (mg/L SO4)	ORTOFOSFATOS (mg/L PO4)	SDT (mg/L)	S.TOTALES (mg/L)	S. SUSPEND (mg/L)	S. SEDIMEN (mL/L)	N-NH3 (mg/L N-NH3)	N. TOTAL (mg N/L)	P. TOTAL (mg P/L)	CLORUROS (mg Cl/L	ALCALINIDAD TOTAL (mg/L CaCO3)	DQO (mg/L O2)	DBO (mg/L O2)	COL. TOTALES (UFC)	E. COLI (UFC)
CUSTODIA	16,4	8,62	126	7,41	0,111	14,60	1,100	0,800	8,69	0,015	67,1	68,5	1,00	<0,1	0,041	1,0	0,070	2,44	41,7	<3	1,58	353	3
SAN PEDRO	17,2	9,13	130	7,81	0,113	17,7	1,10	1,10	9,06	0,007	65,0	69,2	1,60	<0,1	0,047	1,20	0,020	2,72	38,6	3,46	1,65	264	4
PLAYA BLANCA	16,6	8,23	130	6,50	0,112	17,1	2,000	1,10	8,83	0,005	63,8	66,8	0,900	<0,1	0,024	1,20	0,090	3,78	41,8	5,77	1,18	90	0
CENTRO	17,4	9,07	130	7,88	0,113	17,6	1,70	1,10	8,07	0,004	63,6	70,4	1,90	<0,1	0,016	6,00	0,030	4,42	43,4	3,13	1,23	171	1
TUNEL	17,2	8,99	127	7,21	0,111	12,4	4,30	0,900	9,41	0,009	66,5	83,8	13,8	<0,1	0,066	4,10	0,060	3,55	43,8	6,61	3,73	183	23
LLANO ALARCON	16,4	9,14	129	6,31	0,113	15,5	1,00	4,40	7,27	0,007	68,0	70,3	1,80	<0,1	0,029	6,20	0,050	4,06	41,9	14,9	1,42	108	4
PISCICOL	17,1	8,96	128	7,74	0,112	9,94	1,20	0,950	6,91	0,006	64,7	68,0	1,85	<0,1	0,018	6,50	0,020	3,83	42,4	3,86	1,51	124	0
SANTA INES	17,4	9,03	130	7,79	0,113	12,4	1,400	0,800	15,5	0,014	61,7	65,0	2,00	<0,1	0,026	3,20	0,020	3,78	42,4	1,15	1,05	42	2

Fuente: (Corpoboyacá, 2022)

En la Tabla 39Tabla 37 se evidencian los diferentes parámetros medidos para el periodo de marzo del año 2022 en las 8 estaciones ubicadas en el espejo de agua del Lago de Tota, se puede apreciar que las estaciones CENTRO y SANTA INES son las que reportan la máxima temperatura de 17,4°C, sin embargo, la estación de LLANO ALARCON reporta el máximo de pH con 9,14 y el máximo para el parámetro de color con 15,5 Un. Pt-Co, la estación TUNAL reporta el máximo de turbidez con 4,30 NTU, para el parámetro de solidos totales la estación de CENTRO reporta el máximo con 70,40 mg/l, mientras que para la alcalinidad la estacion que destaca es TUNAL con 43,80 mg/l CaCo.

Figura 75. Resultados de monitoreo de calidad del agua para marzo de 2022 en las estaciones del Lago de Tota



Fuente: (Corpoboyacá, 2022)

Tabla 40. Resultados de monitoreo de calidad del agua para junio de 2022 en las estaciones del Lago de Tota

ESTACION	PARÁMETROS												
	TEMP. (°C)	pH	CONDUC. (µs/cm)	OD (mg/L)	SALINIDAD (PSU)	COLOR (Un. Pt-Co)	TURB. (NTU)	NITRATOS (mg/L N-NO3)	SULFATOS (mg/L SO4)	ORTOFOSFATOS (mg/L PO4)	SDT (mg/L)	S.TOTALES (mg/L)	S. SUSPEND (mg/L)
CUSTODIA	15,7	8,04	114	6,40	0,105	9,50	1,30	0,300	4,02	0,019	63,3	68,6	1,10
SAN PEDRO	16,3	7,93	116	6,03	0,106	7,12	0,700	0,200	3,51	0,017	62,6	66,6	0,600
PLAYA BLANCA	15,8	8,08	115	6,44	0,105	8,45	0,500	0,200	3,73	0,013	59,9	67,0	0,500
CENTRO	16,1	7,95	115	5,81	0,106	8,45	1,10	0,200	4,09	0,017	63,3	69,0	0,800
TUNEL	16,6	8,57	114	6,74	0,105	8,42	1,30	0,200	4,66	0,017	63,5	71,2	7,15
LLANO ALARCON	15,1	8,60	119	6,75	0,107	15,0	1,20	0,200	4,01	0,024	64,3	72,3	0,600
PISCICOL	16,0	7,72	115	6,07	0,105	11,1	0,900	0,200	3,52	0,025	54,6	61,6	1,10
SANTA INES	16,4	7,87	115	5,89	0,106	11,0	0,600	0,200	3,59	0,028	65,2	66,2	0,700

ESTACION	PARÁMETROS												
	S. SEDIMEN (mL/L)	N-NH3 (mg/L N-NH3)	N. TOTAL (mg N/L)	P. TOTAL (mg P/L)	CLORUROS (mg Cl/L	ALCALINIDAD TOTAL (mg/L CaCO3)	DUREZA TOTAL (mgCaCO3/L)	DUREZA CALCICA (mgCaCO3/L)	CALCIO TOTAL (mgCa/L)	DQO (mg/L O2)	DBO (mg/L O2)	COL. TOTALES (UFC)	E. COLI (UFC)
CUSTODIA	<0,1	0,012	<0,5	0	2,97	44,5	58,7	42,2	16,9	7,19	1,14	149	98
SAN PEDRO	<0,1	0,024	2,80	0,002	3,25	44,4	62,7	32,8	13,1	6,16	0,770	18	1
PLAYA BLANCA	<0,1	0	<0,5	0	2,79	44,5	79,5	39,6	15,8	5,16	1,21	11	0
CENTRO	<0,1	0,024	1,20	0,007	3,11	44,0	77,5	35,0	14,0	3,65	1,01	8	0
TUNEL	0,100	0	0,900	0,011	2,65	45,0	62,9	35,2	14,1	6,05	1,52	92	0
LLANO ALARCON	<0,1	0	3,00	0	3,20	45,0	67,1	37,0	14,8	7,86	1,13	4	0
PISCICOL	<0,1	0,009	<0,5	0	2,60	44,1	65,9	34,0	13,6	6,47	0,910	74	7
SANTA INES	<0,1	0	<0,5	0	2,83	44,2	89,1	34,6	13,8	6,54	0,430	5	0

Fuente: (Corpoboyacá, 2022)

En la Tabla 40Tabla 37 se evidencian los diferentes parámetros medidos para el periodo de junio del año 2022 en las 8 estaciones ubicadas en el espejo de agua del Lago de Tota, se puede apreciar que la máxima temperatura de 16,6°C es registrada por la estación TUNEL, el máximo valor de pH y color es registrado por la estación de LLANO ALRCON siendo de 8,60, y 15,0 Un. Pt-Co, para el parámetro de turbidez dos estaciones reportan el valor máximo para el periodo de tiempo estudiado, LA CUSTODIA y TUNEL, la estación de SANTA INES reporta el máximo en el parámetro de SDT con 65 mg/l, por último, LLANO ALARCON reporta un valor de 7,86 mg/l O_2 y TUNEL reporta un valor de 1,52 mg/l O_2 para DQO y DBO respectivamente.

2.1.4.12 Definición de los tramos y zonas homogéneas

Partiendo del análisis anteriormente realizado, a continuación, se presenta la propuesta preliminar de definición de tramos y zonas homogéneas de análisis para el Lago de Tota y sus afluentes priorizados.

2.1.4.12.1 Zonas homogéneas Lago de Tota

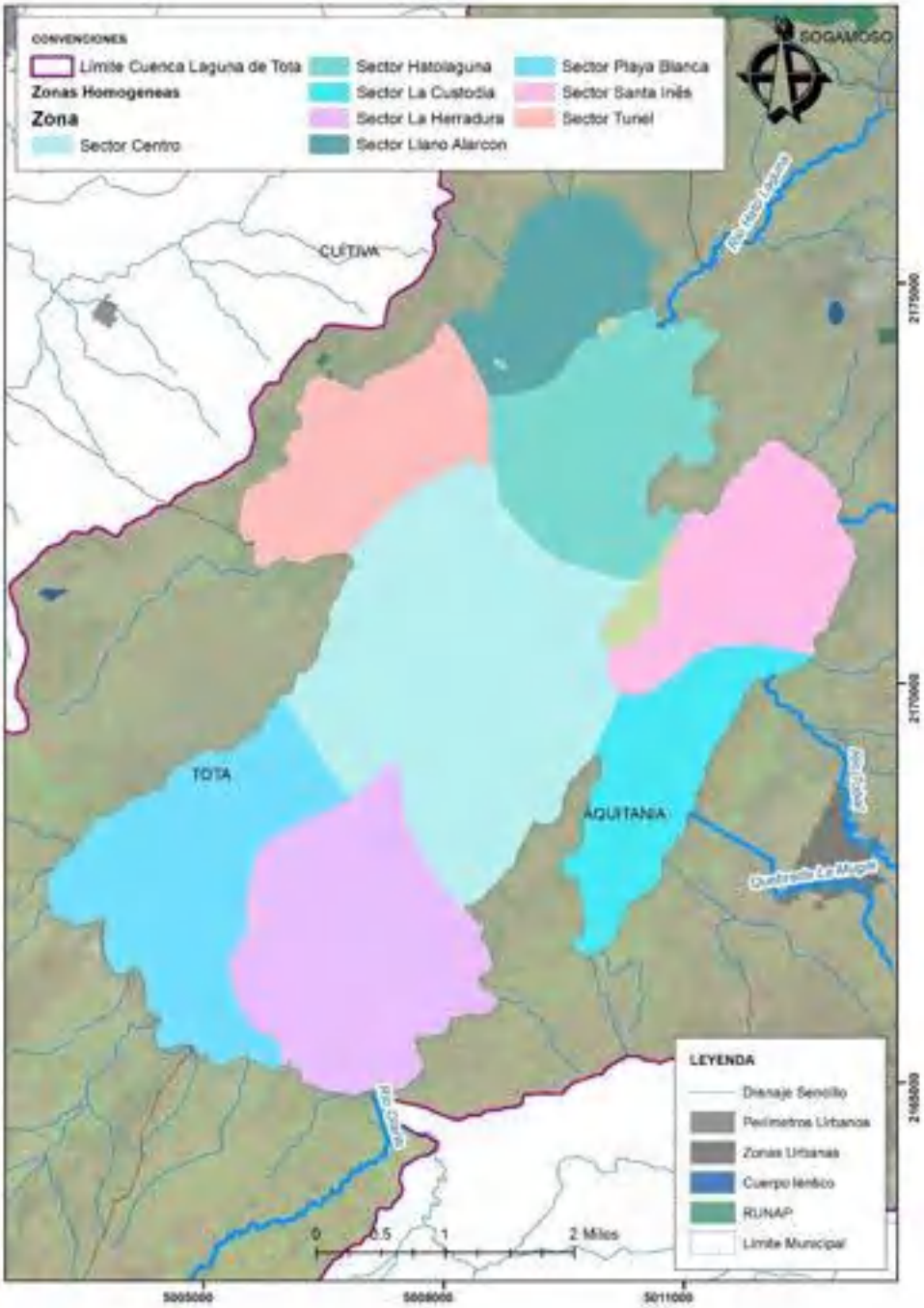
Teniendo en cuenta las condiciones de uso del suelo adyacentes al Lago, las unidades geomorfológicas, el comportamiento del Talweg y la profundidad del en general del cuerpo de agua, así como la ubicación e influencia de permisos ambientales y de las estaciones de calidad del agua, se propone la división del lago en 8 partes con condiciones similares en la actualidad las cuales se presenta a continuación:

Figura 76. Áreas homogéneas propuestas para el Lago de Tota

Zona	Área (ha)	Área (ha)
Sector Centro	1380.16	25.18
Sector La Herradura	861.33	15.72
Sector Playa Blanca	764.91	13.96
Sector Llano Alarcon	376.81	6.88
Sector Tunel	507.67	9.26
Sector Santa Inés	520.66	9.50
Sector La Custodia	439.60	8.02
Sector Hatolaguna	629.42	11.48
Total	5480.56	100.00

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

Figura 77. Áreas homogéneas propuestas para el Lago de Tota



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

2.1.4.12.2 Tramos río Hatolaguna

Se proponen los siguientes 6 tramos de análisis:

Tabla 41. Tramos propuestos para el río Hatolaguna

Tramo	Longitud (m)	Tramo	Longitud (m)
Tramo 1	676.04	Tramo 4	299.33
Tramo 2	870.57	Tramo 5	1535.69
Tramo 3	1143.31	Tramo 6	450.46

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

Figura 78. Tramos propuestos para el río Hatolaguna

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

2.1.4.12.3 Tramos Quebrada Los Pozos

Se proponen los siguientes 4 tramos de análisis:

Tabla 42. Tramos propuestos para la quebrada Los Pozos

Tramo	Longitud (m)	Tramo	Longitud (m)
Tramo 1	2351.81	Tramo 3	813.21
Tramo 2	881.20	Tramo 4	147.51

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

Figura 79. Tramos propuestos para la quebrada Los Pozos

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

2.1.4.12.4 Tramos Río Tobal

Se proponen los siguientes 11 tramos de análisis, considerando tanto las características fisicobióticas analizadas como la delimitación de las unidades hidrográficas de nivel II realizadas en el marco del proyecto AICCA.

Tabla 43. Tramos propuestos para el río Tobal

Tramo	Distancia (m)	Tramo	Distancia (m)	Tramo	Distancia (m)
Tramo 1	1800.92	Tramo 5	895.32	Tramo 9	891.97
Tramo 2	1601.37	Tramo 6	342.89	Tramo 10	1001.06
Tramo 3	975.02	Tramo 7	326.57	Tramo 11	1038.00
Tramo 4	525.19	Tramo 8	528.42		

Figura 80. Tramos propuestos para el río Tobal

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

2.1.4.12.5 Tramos Quebrada La Mugre

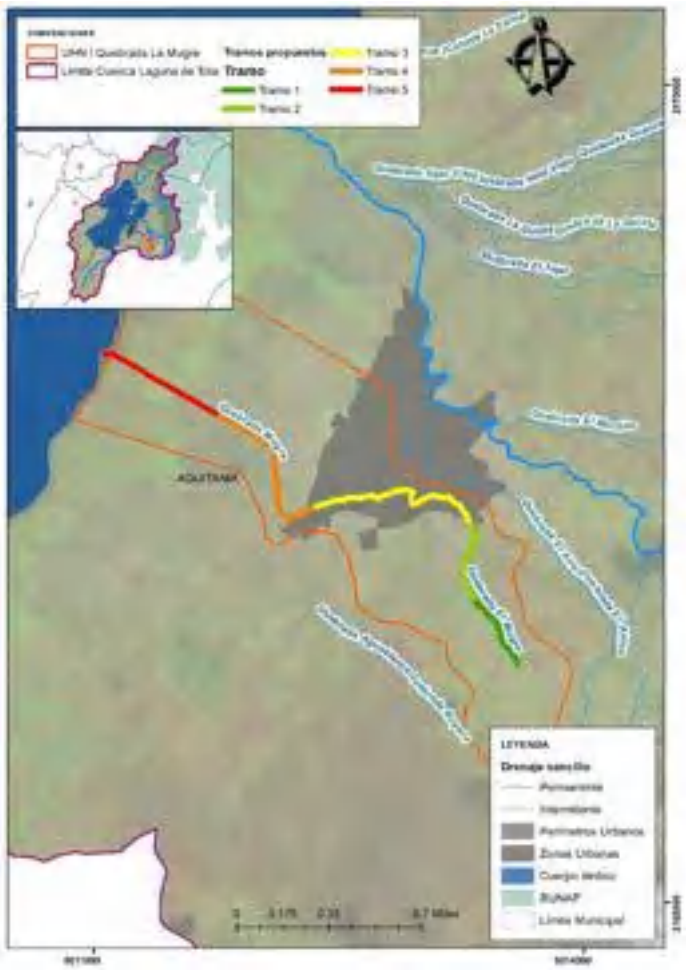
Se proponen los siguientes 5 tramos de análisis:

Tabla 44. Tramos propuestos para la quebrada La Mugre

Tramo	Distancia (m)	Tramo	Distancia (m)
Tramo 1	505.22	Tramo 4	1065.01
Tramo 2	546.23	Tramo 5	779.31
Tramo 3	1163.64		

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

Figura 81. Tramos propuestos para la quebrada La Mugre



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

2.1.4.12.6 Tramos Río Olarte

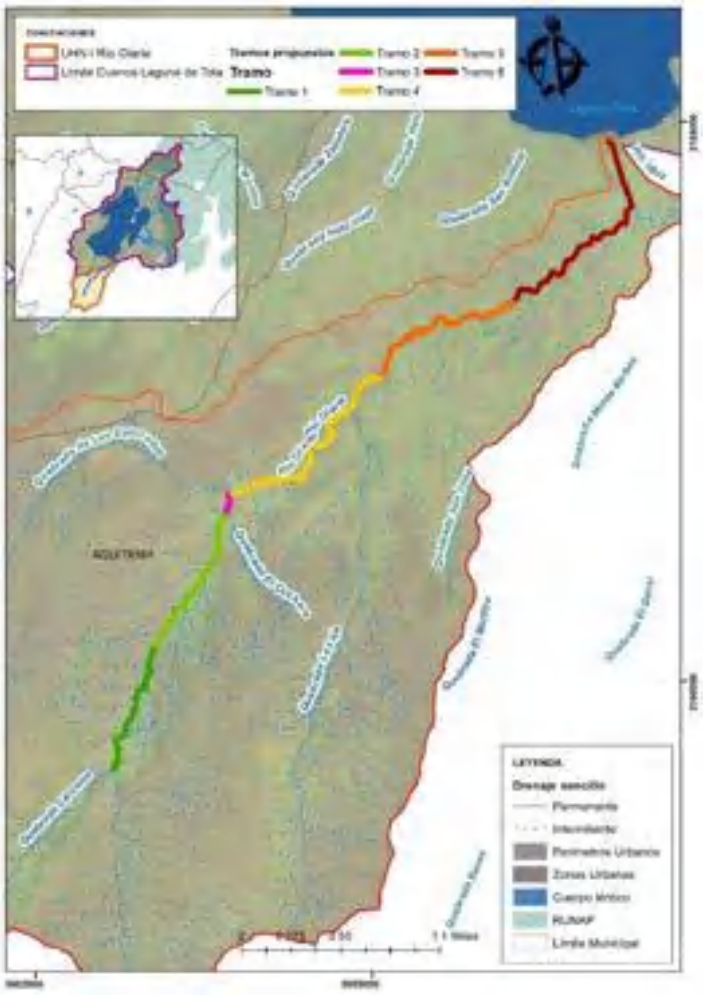
Se proponen los siguientes 6 tramos de análisis:

Tabla 45. Tramos propuestos para el río Olarte

Tramo	Distancia (m)	Tramo	Distancia (m)
Tramo 1	1561.17	Tramo 4	2251.99
Tramo 2	1507.37	Tramo 5	1710.91
Tramo 3	210.04	Tramo 6	2256.20

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

Figura 82. Tramos propuestos para el río Olarte



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

2.1.5 Identificación y revisión de instrumentos de planificación ambiental e información existente

2.1.5.1 Análisis fuentes de información secundaria

Como acción previa al proceso de ordenamiento, es necesario realizar una recopilación de la información disponible y pertinente de fuentes secundarias y de otros instrumentos de gestión ambiental. La información recopilada permite construir una base de apoyo documental mediante la cual se puede realizar un análisis inicial tanto de la cartografía existente para la jurisdicción como de la información disponible y de los requerimientos, vacíos y deficiencias de la información existente.

Para la recopilación de la información secundaria referente a información derivada de insumos e instrumentos de planificación, administración, evaluación y seguimiento del recurso hídrico existente y que incluyan el cuerpo de agua objeto de ordenamiento, se caracterizó la información respecto a diferentes aspectos como el nivel de cobertura, la escala, la fuente de información, el formato en el cual se encontró, entre otros. Adicionalmente, también se realizó una valoración numérica de cada uno de los documentos hallados frente a su actualidad, pertinencia, fiabilidad y calidad.

2.1.5.1.1 Metodología para la caracterización de información secundaria

Para el registro, caracterización y valoración de los documentos recopilados, se generó una herramienta que corresponde a una matriz dividida en tres partes principales.

A continuación, se presentan el modelo de matriz empleado para la caracterización y valoración de la información secundaria recopilada, así como la guía para su diligenciamiento.

Tabla 46. Modelo de la matriz empleada para el registro, caracterización y valoración de la información secundaria recopilada

FICHA DE VALORACION DE INFORMACIÓN SECUNDARIA										
TITULO FUENTE	FUENTE		CATEGORIZACIÓN	VALORACIÓN DE LA INFORMACIÓN						
	NOMBRE DE LA ENTIDAD DONDE SE UBICÓ LA INFORMACIÓN	NIVEL	FUENTE DE INFORMACIÓN	ACTUALIDAD	PERTINENCIA	FIABILIDAD	CALIDAD	TIPO DE DOCUMENTO	FORMATO DE LA INFORMACIÓN	ESCALA DE TRABAJO

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

Tabla 47 Guía para el diligenciamiento del modelo de la matriz empleada para el registro, caracterización y valoración de la información secundaria recopilada

ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA	
FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO - PORH DEL LAGO DE TOTA Y RÍOS TOBAL, OLARTE, HATOLAGUNA Y LAS QUEBRADAS LA MUGRE Y LOS POZOS	
1. NIVEL DE LA FUENTE DE INFORMACIÓN	
LOCAL	
REGIONAL	
NACIONAL	
INTERNACIONAL	
2. CATEGORIZACIÓN DE LAS FUENTES DE INFORMACIÓN	
Fuentes de información desde las que se puede recopilar la información requerida	
Información topográfica de detalle	**ITD**
Imágenes de sensores remotos	**ISR**
Fotografía aérea	**FA**
Información cartográfica Oficial	**ICO**
Series temporales hidroclimáticas	**STH**
Información hidrológica e hidráulica	**IHH**
Base de datos o registro de peticiones, quejas, reclamos y solicitudes	**PQRS**

Instrumentos de gestión ambiental	**IGA**
Estudios de detalle	**EDD**
Instrumentos de las entidades territoriales	**IET**
Anuarios Estadísticos Departamentales	**AED**
Información socioeconómica	**ISE**
Usos y cobertura de la tierra	**UCT**
Permisos ambientales	**PA**
Licencias ambientales	**LA**
3. VALORACIÓN DE LA INFORMACIÓN	
Actualidad de la Información: Para la operatividad de este proceso, se contempla el criterio de actualidad requerido por la guía para el ordenamiento del recurso hídrico continental superficial	**LEYENDA**
Información mayor a 5 años	**0**
Información entre 1 y 5 años	**1**
Información menor a 1 año	**2**
Pertinencia de la Información: Cualidad de la información de estar encaminada o directamente asociada con la acción que se trata de facilitar o con el resultado que se trata de producir.	**LEYENDA**
Información no pertinente (sin ninguna relación con el tema que propone)	**0**
Información de mediana pertinencia (con algún tipo de relación con el tema que propone)	**1**
Información de alta pertinencia (totalmente relacionado con el tema que propone)	**2**
Fiabilidad de la Información: Referida a la capacidad de una información de expresar, con el máximo rigor, las características básicas y condiciones de los hechos reflejados.	**LEYENDA**
Información sin fiabilidad (sin fuentes y datos de respaldo para sus afirmaciones o conclusiones)	**0**
Información con fiabilidad media (con fuentes y datos para algunas de sus afirmaciones o conclusiones)	**1**
Información con total fiabilidad (con fuentes y datos que respaldan todas sus afirmaciones o conclusiones)	**2**
Calidad de la Información: Que atributos de la información satisfaga a los usuarios para los que ha sido diseñado. Operativamente, que sea información apropiada, completa y precisa.	**LEYENDA**
Calidad de la Información escasa	**0**
Calidad de la Información deficiente	**1**
Calidad de la Información suficiente	**2**
Tipo de Documento	**LEYENDA**
Plan	**PL**

Informe	I
Boletín	B
Acto normativo	AN
Tesis de grado	TE
Artículo de Revista científica	RE
Base de datos	BD
Prensa	PR
Libro o capítulo de libro	LI
Información cartográfica	IC
Formato de la Información	**LEYENDA**
Información Espacializada o cartográfica	IE
Documento Digital	MD
Documento Impreso	IM
Escala de Trabajo	**LEYENDA**
Poco detallada	0
Semi detallada	1
Detallada	2

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

El primer campo de la matriz se diligenció con el título del documento consultado posteriormente se indicó de forma específica el área de estudio que cubre el documento consultado.

Respecto a la fuente de información, se indicó el nombre de la fuente de información y el nivel de cobertura de la fuente de información, el cual puede ser local, regional, nacional o internacional.

Se especificaron quince (15) categorías de fuentes de información, las cuales permiten dar una idea general del tipo de información consultada, su calidad, su confiabilidad y el enfoque con el cual fue elaborada.

La valoración de la información se realizó analizando cuatro (4) criterios, la actualidad, pertinencia, fiabilidad y calidad de la información. Estos criterios fueron evaluados en una escala del 0 al 2, siendo 2 la mejor calificación para cada uno de los criterios.

Por último, se caracterizaron otros aspectos de la información consultada, tales como el tipo de documento, el formato en que fue encontrada y la escala de trabajo. Adicionalmente, se hizo una descripción de la información de utilidad encontrada en cada uno de los documentos consultados.

2.1.5.1.2 Análisis de información secundaria del componente hidrológico

Esta búsqueda de información secundaria se realizó basándose en la Guía para el ordenamiento del recurso hídrico continental superficial, así como los criterios técnicos de los diferentes profesionales del componente.

En total se encontraron treinta y cinco (35) fuentes de información de carácter público y privado, los cuales se encuentran a diferentes escalas, tanto de orden nacional como regional o local. Las fuentes consultadas pueden ser visualizadas de mejor manera en el Anexo 1. Matriz revisión y valoración. En donde están caracterizadas evaluadas según los criterios mencionados en la Tabla 47. A continuación, se presenta el tipo, la fuente y el nivel de dicha información.

Tabla 48 Fuentes de información

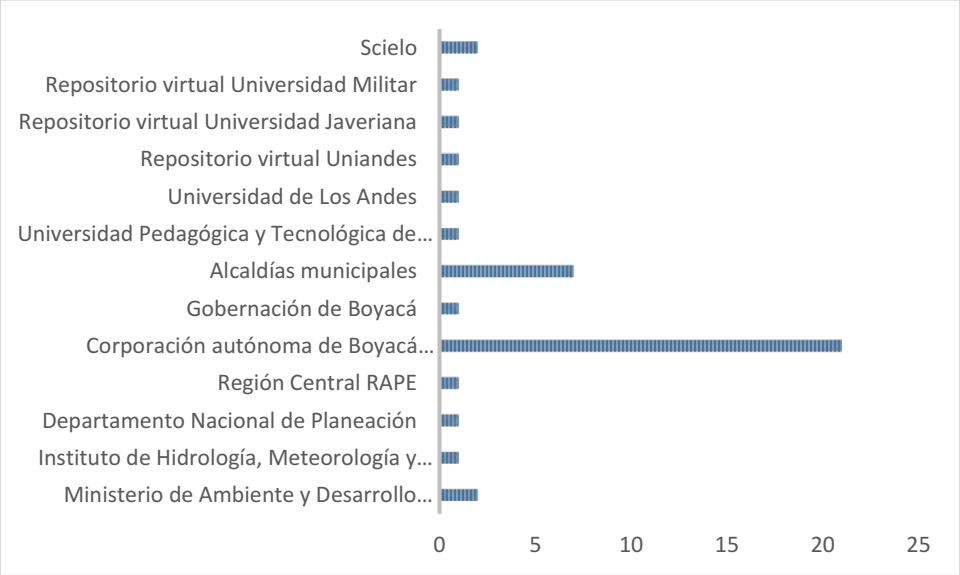
Tipo de entidad	Fuente	Escala
Entidades publicas	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Nacional
	Departamento Nacional de Planeación	Nacional
	Región Central RAPE	Regional
	CORPOBOYACÁ	Regional
	CORPOBOYACÁ, CORPOCHIVOR y CORPOORINOQUIA	Regional
	Gobernación de Boyacá	Regional
	Alcaldías municipales	Local
Instituciones de educación superior	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia	Local
Repositorios	Repositorio Universidad de los Andes	Local
	Repositorio Universidad Javeriana	Local

	Repositorio Universidad Militar	Local
	Repositorio Universidad del Magdalena	Local
Otros	Scielo	-

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

Por otro lado, en la siguiente gráfica, se identifica la frecuencia de citación por cada fuente de información, es decir el número de documentos que tienen la misma institución como Autor. Con esto se logró identificar que la fuente de información más citada fue la Corporación autónoma de Boyacá CORPOBOYACÁ seguido por las alcaldías municipales.

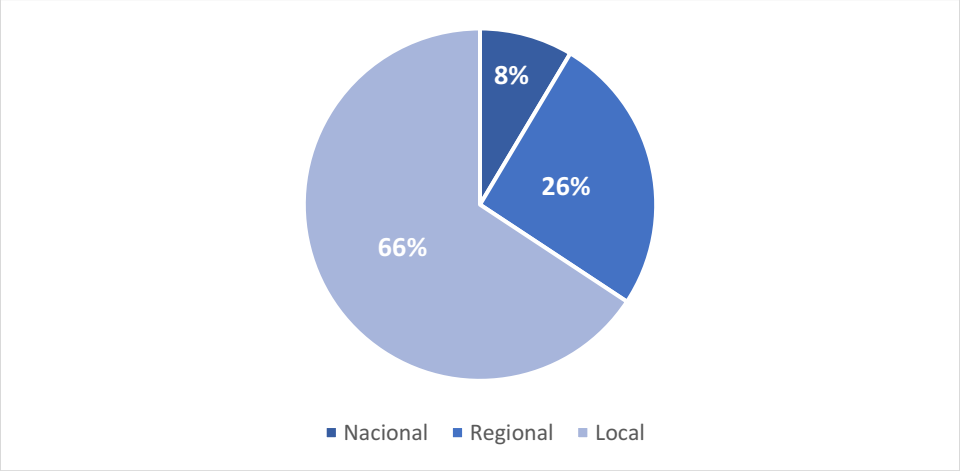
Figura 83 Numero de documentos consultados por fuente de información



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

De igual forma, las veinte fuentes de información recopiladas en la búsqueda de información secundaria fueron clasificadas por la escala de cobertura territorial a la cual corresponde el contenido, encontrando así que las fuentes se presentan a nivel local, regional y nacional como se muestra a continuación.

Figura 84 Escala de cobertura territorial de las fuentes de información



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

Como se puede observar en la figura anterior, la escala local es la más representativa en esta búsqueda, ya que, de las 35 fuentes de información encontradas, 23 de ellas se encuentran en dicha escala haciendo referencia al 66% del total, seguidamente se presentan las fuentes de información a escala regional con un total de 9 fuentes de información, representando el 26% del total de las fuentes encontradas y finalmente el nivel Nacional solo presentaron 3 fuentes de información representando así el 8% del total de las fuentes encontradas.

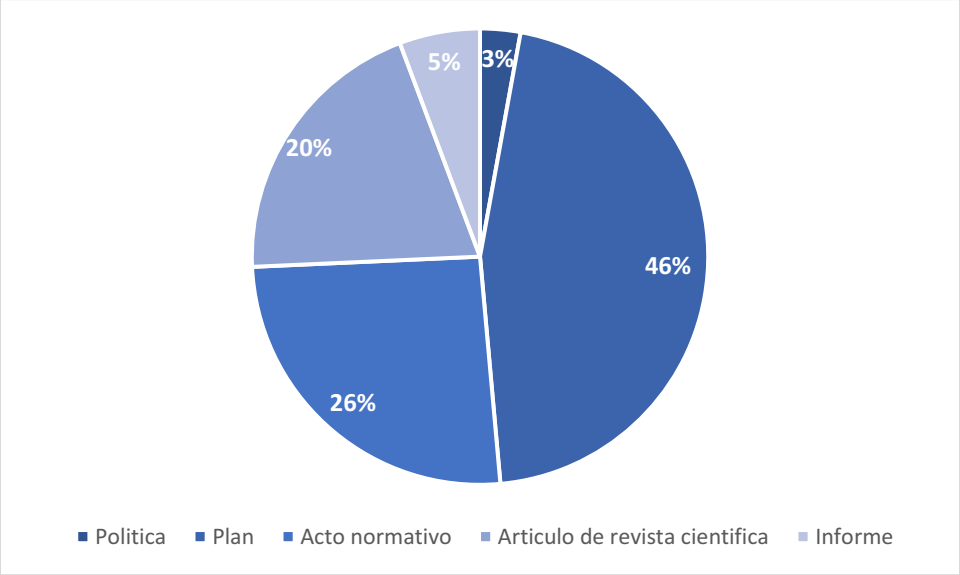
2.1.5.1.2.1 Valoración de la información

En la recopilación de información secundaria, desde el componente hidrológico se revisaron documentos que se encuentran enfocados en información hidrológica, hidrogeológica, climatológica, meteorológica, entre otros enfoques que son necesarios para el desarrollo de diferentes actividades del componente.

En esta búsqueda se tuvieron en cuenta documentos que proporcionaran información de niveles de caudales, precipitación, parámetros morfométricos, datos climatológicos, instrumentos de gestión ambiental, entre otros.

Dentro de la búsqueda de dicha información se establecieron algunos parámetros de valoración como lo son la actualidad, la pertinencia, la fiabilidad y la calidad del documento. Para ello se estableció el tipo de documento, si es un estudio, un informe, una tesis, artículos, libros, entre otros.

Figura 85 Tipo de documento



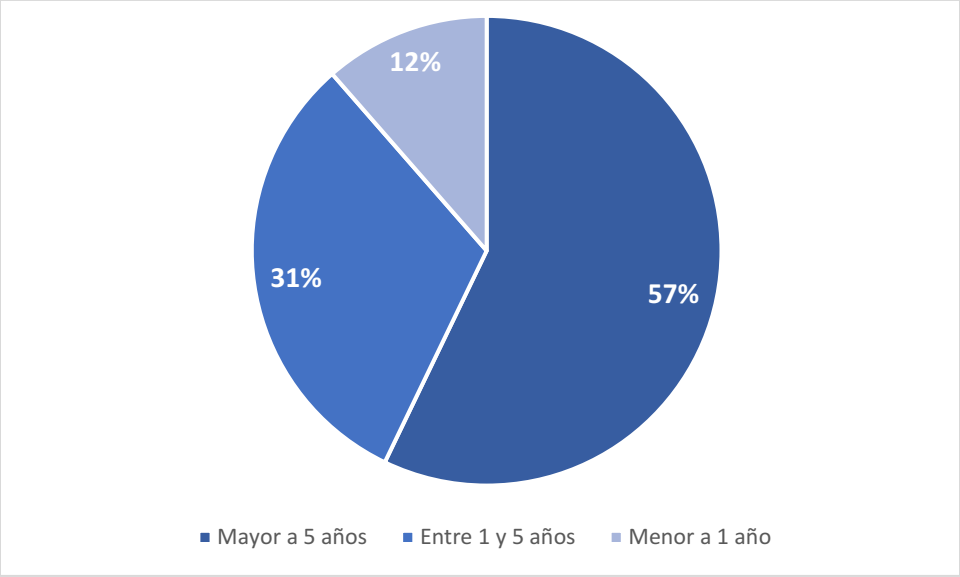
Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

De acuerdo con la gráfica anterior, se puede identificar que, de las 35 fuentes de información encontradas para el componente hidrológico, el 46% de estos corresponden a Planes, es decir 16 de los 35 documentos están en esta categoría. Seguidamente, se presenta que 9 documentos identificados, correspondientes al 26% del total de fuentes analizadas, pertenecen a actos normativos; con respecto a los artículos de revista se evidencio que 7 documentos están en esta categoría, representando el 20% del total de la información encontrada.

Finalmente, se evidencia que solo se encontró 2 informes y una política, representando el 5% y 3% cada uno.

Estos documentos, como se mencionó anteriormente cuentan con unos parámetros, el primero de ellos es la actualidad el cual se calificó en información mayor a 7 años, entre 6 y 3 años y menor a 3 años.

Figura 86 Actualidad de la información

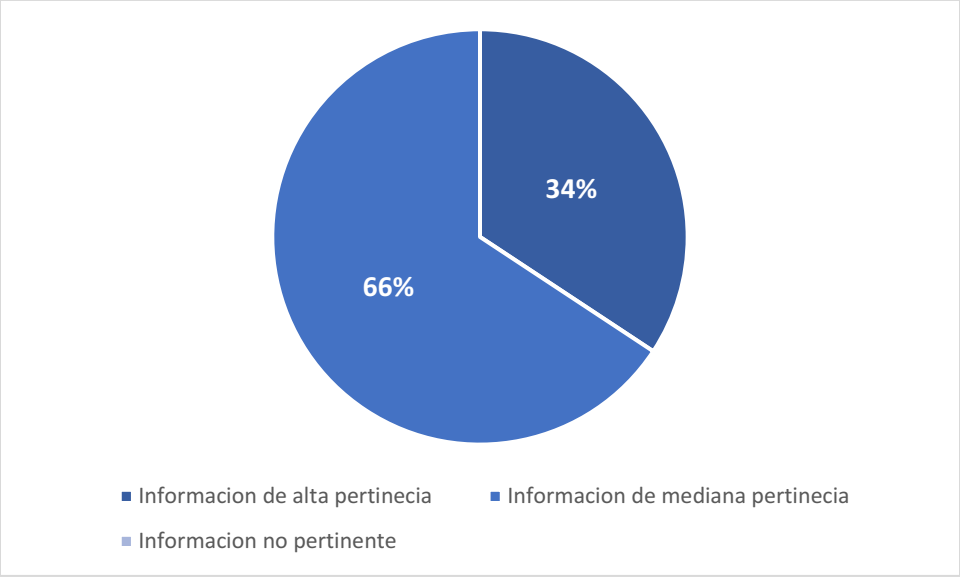


Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

Como se logra evidenciar en la figura anterior, 11 de los 35 documentos se encuentran en un periodo de tiempo entre 1 y 5 años, por lo que se consideran documentos un poco desactualizados, sin embargo, cuentan con información muy pertinente para el componente hidrológico ya que presentan información histórica, estos documentos representan el 31% de la información total. Seguidamente se presentan 20 documentos que están en el periodo comprendido mayor a 5 años, los cuales representan el 57% del total de la información evaluada, finalmente se encuentran 4 documentos con menos de un año de publicación, representado así el 12% del total de la información encontrada.

Por otro lado, se encuentra la pertinencia de los documentos encontrados en la búsqueda de información, este criterio de evaluación busca establecer los documentos que se encuentran encaminados o directamente asociados con la temática de hidrología. Este criterio se clasifica en: información no pertinente, la cual no tiene ninguna relación con el tema; información de mediana pertinencia, que tiene algún tipo de relación con el tema; y alta pertinencia, es decir que está relacionada con el tema.

Figura 87 Pertinencia de la información



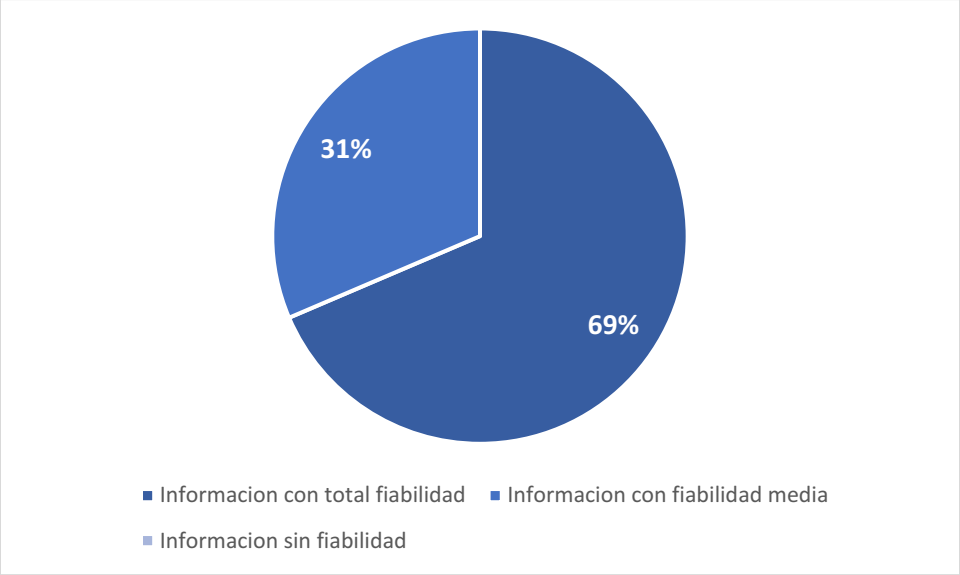
Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

Como se puede evidenciar en la Figura 87, todos los documentos encontrados presentan algún tipo de pertinencia con el componente hidrológico; del total de documentos analizados, 23 de ellos tienen una pertinencia mediana, es decir que no solo tocan temas hidrológicos, sino que abarcan más información, dichos documentos representan el 66% del total analizado.

Por otro lado, se encuentran los documentos con alta pertinencia al tema hidrológico, es decir que son aquellos documentos que cuentan con información e insumos necesarios para el desarrollo del componente. Se identificaron 12 documentos correspondientes al 34% del total de documentos analizados.

Otro de los parámetros evaluados fue la fiabilidad de la información, este permitió establecer la capacidad que tiene una información de expresar, con el máximo rigor, las características básicas y condiciones de los hechos reflejados, este parámetro fue categorizado en información sin fiabilidad, información con fiabilidad media e información con total fiabilidad.

Figura 88 Fiabilidad de la información



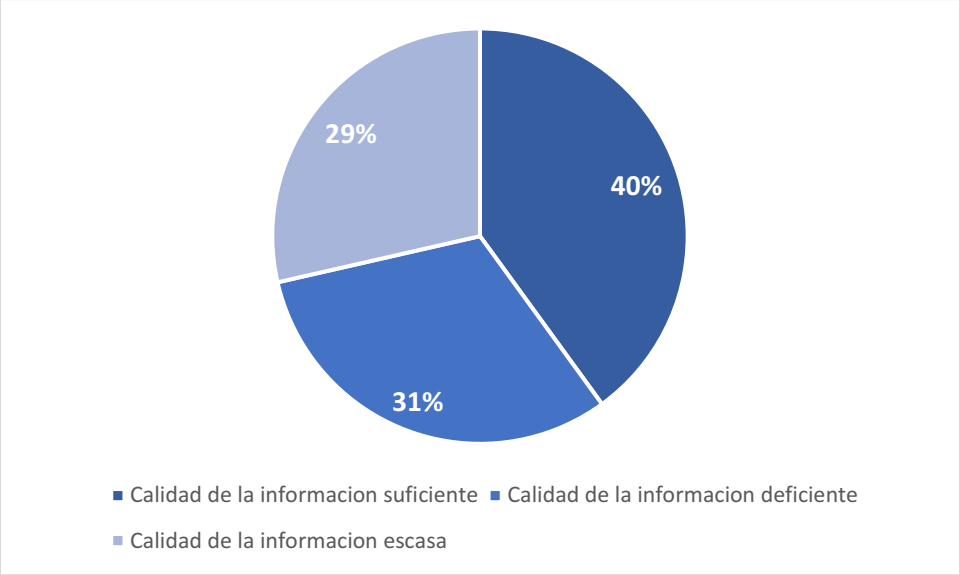
Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

En la gráfica anterior se puede evidenciar que la mayoría de la información presenta una alta fiabilidad, es decir que 24 documentos los cuales representan el 69% del total de la información, presentan datos que validan sus afirmaciones y conclusiones, de igual forma los 11 documentos que representan el 31% del total de la información encontrada presenta una fiabilidad media, es decir que cuentan con datos tanto primarios como secundarios, que respaldan algunas de sus afirmaciones y conclusiones.

Finalmente, la otra variable evaluada fue la calidad de la información, esta al igual que las otras variables, fue clasificada en tres categorías: calidad de la información escasa, calidad de la información deficiente y calidad de la información suficiente.

De igual forma se evaluó que la información fuera apropiada, completa y precisa para ser utilizada por el componente hidrológico. A continuación, se presenta la gráfica que muestra el número de documentos clasificados en las categorías anteriormente mencionadas.

Figura 89 Calidad de la información



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

Como se logra evidenciar en esta gráfica, 11 de los 35 documentos analizados presentan una calidad deficiente, representando así el 31% del total de la información analizada, sin embargo, es importante aclarar que a pesar de que está categorizada en información deficiente, es información que se encuentra muy apropiada y precisa para el componente hidrológico, y se categorizo en esta debido a que no está completa la información para toda la zona de estudio sino por secciones. Por el otro lado, el 40% del total de información analizada, es decir 14 documentos, corresponden a la calidad de información suficiente, debido a que cumple con los tres criterios evaluados: apropiado, completo y preciso. En este parámetro se encontraron 10 documento que se encuentra clasificado en la calidad de información escasa, estos corresponden a las Resoluciones ya que reglamentan un aspecto en torno al área de estudio, pero no presentan datos, afirmaciones o conclusiones.

2.1.5.2 Análisis a partir de la información secundaria

La información secundaria revisada se organizó siguiendo lo propuesto en la Guía para el Ordenamiento del Recurso Hídrico Continental Superficial en el numeral 2.2.3 Recopilación de información de instrumentos existentes en donde se describe que se debe realizar una identificación, revisión, organización y clasificación de información derivada de insumos e instrumentos de planificación, administración, evaluación y seguimiento del recurso hídrico existente y que incluyan el cuerpo de agua objeto de ordenamiento. Por tanto, la información se encuentra disgregada en:

- Instrumentos de planificación
- Instrumentos de administración

- Instrumentos o estudios de evaluación
- Instrumentos o estudios de seguimiento

De igual manera se toma las directivas de instrumentos de orden superior tales como la Política Nacional De Gestión Integral de Recurso Hídrico (PNGIRH) en donde menciona 6 objetivos específicos para trabajar en un horizonte de 10 años, dichos objetivos serán usados para el análisis de cada instrumento que le competa al área de estudio, tales son

- Oferta: Conservar los ecosistemas y los procesos hidrológicos de los que depende la oferta de agua para el país.
- Demanda: Caracterizar, cuantificar y optimizar la demanda de agua en el país.
- Calidad: Mejorar la calidad y minimizar la contaminación del recurso hídrico.
- Riesgo: Desarrollar la gestión integral de los riesgos asociados a la oferta y disponibilidad del agua.
- Fortalecimiento Institucional: Generar las condiciones para el fortalecimiento institucional en la gestión integral del recurso hídrico.
- Gobernabilidad: Consolidar y fortalecer la gobernabilidad44 para la gestión integral del recurso hídrico.

2.1.5.2.1 Instrumentos de planificación

2.1.5.2.1.1 Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH)

La Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico tiene un horizonte de 12 años (2010- 2022) y para su desarrollo se establece ocho principios y seis objetivos específicos. Para alcanzar dichos objetivos se han definido estrategias en cada uno de ellos y directrices o líneas de acción estratégicas que definen el rumbo hacia donde deben apuntar las acciones que desarrollen cada una de las instituciones y de los usuarios que intervienen en la gestión integral del recurso hídrico, en la formulación de la política se elaboró un documento de Diagnóstico que establece la base técnica que la soporta y en donde se refleja en detalle el estado actual del recurso hídrico en el país.

Esta política fue proyectada como el instrumento direccionador de la gestión integral del recurso, incluyendo las aguas subterráneas, establece los objetivos y estrategias del país para el uso y aprovechamiento eficiente del agua; el manejo del recurso por parte de autoridades y usuarios; los objetivos para la prevención de la contaminación hídrica, considerando la armonización de los aspectos sociales, económicos y ambientales; y el desarrollo de los respectivos instrumentos económicos y normativos.

La Política para la Gestión Integral del Recurso Hídrico se fundamenta en los siguientes principios, todos de igual jerarquía:

1. Bien de uso público: El agua es un bien de uso público y su conservación es responsabilidad de todos.
2. Uso prioritario: El acceso al agua para consumo humano y doméstico tendrá prioridad sobre cualquier otro uso y en consecuencia se considera un fin fundamental del Estado. Además, los usos colectivos tendrán prioridad sobre los usos particulares.
3. Factor de desarrollo: El agua se considera un recurso estratégico para el desarrollo social, cultural y económico del país por su contribución a la vida, a la salud, al bienestar, a la seguridad alimentaria y al mantenimiento y funcionamiento de los ecosistemas.
4. Integralidad y diversidad: La gestión integral del recurso hídrico armoniza los procesos locales, regionales y nacionales y reconoce la diversidad territorial, ecosistémica, étnica y cultural del país, las necesidades de las poblaciones vulnerables (niños, adultos mayores, minorías étnicas), e incorpora el enfoque de género.
5. Unidad de gestión: La cuenca hidrográfica es la unidad fundamental para la planificación y gestión integral descentralizada del patrimonio hídrico.
6. Ahorro y uso eficiente: El agua dulce se considera un recurso escaso y por lo tanto, su uso será racional y se basará en el ahorro y uso eficiente.
7. Participación y equidad: La gestión del agua se orientará bajo un enfoque participativo y multisectorial, incluyendo a entidades públicas, sectores productivos y demás usuarios del recurso, y se desarrollará de forma transparente y gradual propendiendo por la equidad social.
8. Información e investigación: El acceso a la información y la investigación son fundamentales para la gestión integral del recurso hídrico.

De igual manera tiene como objetivo garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, mediante una gestión y un uso eficiente y eficaz, articulados al ordenamiento y uso del territorio y a la conservación de los ecosistemas que regulan la oferta hídrica, considerando el agua como factor de desarrollo económico y de bienestar social, e implementando procesos de participación equitativa e incluyente. Los objetivos específicos son:

- Oferta: Conservar los ecosistemas y los procesos hidrológicos de los que depende la oferta de agua para el país.
- Demanda: Caracterizar, cuantificar y optimizar la demanda de agua en el país.
- Calidad: Mejorar la calidad y minimizar la contaminación del recurso hídrico.
- Riesgo: Desarrollar la gestión integral de los riesgos asociados a la oferta y disponibilidad del agua.
- Fortalecimiento Institucional: Generar las condiciones para el fortalecimiento institucional en la gestión integral del recurso hídrico.
- Gobernabilidad: Consolidar y fortalecer la gobernabilidad para la gestión integral del recurso hídrico.

Para alcanzar cada uno de los objetivos específicos, a continuación, se presentan las estrategias y las líneas de acción estratégica que las desarrollan y en las que tienen que converger todas las acciones que se realicen en el país en materia de gestión integral del recurso hídrico. Las líneas de acción estratégicas serán desarrolladas en detalle en el Plan Hídrico Nacional, atendiendo a las características y particularidades

regionales, pero apuntando siempre al cumplimiento de los objetivos y metas nacionales definidos en la presente política

2.1.5.2.1.1.1 OFERTA

Para el logro de este objetivo se han diseñado tres estrategias: conocimiento, planificación y conservación de los ecosistemas y los procesos hidrológicos de los cuales depende la oferta hídrica nacional.

Estrategia 1.1- Conocimiento: Esta estrategia se orienta al entendimiento de cómo funcionan y cómo se relacionan los ecosistemas y los procesos hidrológicos de los cuales depende la oferta hídrica nacional, para con base en ello cuantificar la cantidad de agua disponible en el país para los diferentes usos, incluida el agua requerida para el mantenimiento de los ecosistemas. Para tal fin, se prevén las siguientes líneas de acción estratégicas:

- Ampliar y consolidar, a nivel de cuenca, el conocimiento de la oferta hídrica total y disponible del país, para tener balances hídricos confiables.
- Profundizar en el conocimiento de la oferta (recursos y reservas) de aguas subterráneas en el país.
- Cuantificar los bienes y servicios ambientales relacionados con el agua que prestan los ecosistemas clave para la regulación de la oferta hídrica y por el recurso hídrico en sí mismo.

Estrategia 1.2 – Planificación: Esta estrategia se orienta a establecer lineamientos específicos a nivel de la cuenca hidrográfica (aguas superficiales, subterráneas y marino costeras), para orientar la gestión y el uso sostenible del agua, teniendo en cuenta las dinámicas de ocupación del territorio, de tal forma que se garantice el aprovechamiento eficiente del recurso hídrico, pero garantizando su conservación para las generaciones futuras y la supervivencia de los ecosistemas que dependen de él. Para tal fin se prevén las siguientes líneas de acción estratégicas:

- Realizar análisis estratégico de las cinco macrocuencas del país para establecer pautas y directrices para su ordenamiento y manejo sostenible.
- Priorizar, formular e implementar los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas a desarrollar en las cuencas objeto de ordenación y manejo que correspondan a sub-zonas hidrográficas o de nivel subsiguiente según definición del IDEAM.
- Promover la articulación de los planes de ordenamiento territorial a los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas, como determinantes para la conservación y protección del medio ambiente, los recursos naturales y la prevención de amenazas y riesgos naturales.
- Formular e implementar los planes de manejo de acuíferos priorizados definidos en el Plan Hídrico Nacional, que no estén dentro de uno de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas priorizados en el Plan Hídrico Nacional.

- Orientar estrategias de ocupación del territorio en los planes de ordenamiento territorial y en los planes de desarrollo territorial, para que tengan en cuenta la disponibilidad y calidad del agua.

Estrategia 1.3 – Conservación: Esta estrategia se orienta a la restauración y preservación de los ecosistemas considerados clave para la regulación de la oferta hídrica, tales como acuíferos, glaciares, páramos, humedales, manglares, zonas de ronda, franjas forestales protectoras, nacimientos de agua, zonas de recarga de acuíferos, áreas marinas y costeras, entre otros. Para tal fin se prevén las siguientes líneas de acción estratégicas:

- Promover y apoyar procesos nacionales, regionales y locales para la protección, conservación y restauración de los ecosistemas clave para la regulación de la oferta hídrica, a través de acciones como la formulación e implementación de planes de manejo cuando haya lugar.
- Adquirir, delimitar, manejar y vigilar las áreas donde se encuentran los ecosistemas clave para la regulación de la oferta del recurso hídrico.
- Definir los caudales mínimos necesarios para el mantenimiento de las corrientes superficiales y sus ecosistemas acuáticos asociados, e implementar medidas para garantizarlos.

2.1.5.2.1.1.2 DEMANDA

Para el logro de este objetivo se han diseñado cuatro estrategias: caracterización y cuantificación de la demanda de agua en cuencas priorizadas, fomento a la gestión integral del recurso hídrico en los principales sectores usuarios del agua, y uso eficiente y sostenible del agua.

Estrategia 2.1 – Caracterización y cuantificación de la demanda del agua en cuencas priorizadas: Esta estrategia se orienta a medir a nivel de cuencas priorizadas (aguas superficiales, subterráneas y marino costeras), la oferta y demanda de agua en detalle suficiente para asignar eficiente y eficazmente el recurso hídrico, identificar e intervenir usos no legalizados con el fin de ajustarlos a la reglamentación vigente, garantizando de esta forma su correcta y permanente administración. Para tal fin se prevén las siguientes líneas de acción estratégicas:

- Realizar inventarios y registros de usuarios (legales y por legalizar) del recurso hídrico, a nivel de cuenca priorizada en el Pan Hídrico Nacional, en relación con las aguas superficiales, subterráneas y marino costeras.
- Cuantificar la demanda y calidad del agua requerida para el desarrollo de las actividades de los principales sectores usuarios del recurso hídrico, a nivel sectorial y regional.
- Implementar y hacer seguimiento periódico a los sistemas de medición de los consumos de agua para usuarios priorizados en el Plan Hídrico Nacional.
- Aplicar la metodología de balance hídrico (oferta vs. demanda) a nivel de cuenca para administrar la demanda, teniendo en cuenta el caudal mínimo ambiental.

Estrategia 2.2 – Incorporación de la gestión integral del recurso hídrico en los principales sectores productivos usuarios del agua: Esta estrategia se orienta a promover y apoyar la adopción de herramientas de gestión integrada para el uso del recurso hídrico por parte de los sectores productivos del país que sean mayores consumidores de agua. Para tal fin se prevén las siguientes líneas de acción estratégicas:

- Estructurar e implementar el componente ambiental de los planes departamentales de agua y saneamiento (PDA).
- Incorporar las directrices de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico en los planes estratégicos y de acción de los principales sectores usuarios del recurso hídrico priorizados en el Plan Hídrico Nacional.

Estrategia 2.3 – Uso eficiente y sostenible del agua: Esta estrategia se orienta a fortalecer la implementación de procesos y tecnologías de ahorro y uso eficiente y sostenible del agua entre los principales consumidores de agua en el país, así como, a promover el cambio de hábitos no sostenibles de uso del recurso hídrico entre los usuarios comunes del recurso hídrico. Para tal fin se prevén las siguientes líneas de acción estratégicas:

- Incrementar la utilización de tecnologías ahorradoras y de uso eficiente del agua.
- Adoptar programas de reducción de pérdidas de agua y de mejoramiento de la infraestructura obsoleta existente en los sistemas de abastecimiento de agua para cualquier uso.
- Incrementar la implementación de los programas de uso eficiente y ahorro de agua, en empresas de acueducto y alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios, priorizados en el Plan Hídrico Nacional.
- Desarrollar e implementar mecanismos que promuevan cambios en hábitos de consumo no sostenibles en los usuarios del agua.

2.1.5.2.1.1.3 CALIDAD

Para el logro de este objetivo se han diseñado tres estrategias: ordenamiento y reglamentación de usos del recurso, reducción de la contaminación del recurso hídrico, monitoreo, seguimiento y evaluación de la calidad del agua.

Estrategia 3.1 – Ordenamiento y reglamentación de usos del recurso: Esta estrategia se orienta a la implementación de la ordenación de las cuencas hidrográficas, entendida como la planeación del uso coordinado del suelo, de las aguas, de la flora y la fauna; incluye además, el registro de usuarios y la reglamentación de las aguas, entendida como su mejor distribución en cada corriente o derivación, teniendo en cuenta el reparto actual y las necesidades futuras de los usuarios. Para tal fin se prevé la siguiente línea de acción estratégica:

- Desarrollar y aplicar la ordenación, reglamentación y el registro de usuarios en las cuencas priorizadas en el Plan Hídrico Nacional, y hacer seguimiento a sus obligaciones.

Estrategia 3.2 – Reducción de la contaminación del recurso hídrico: Esta estrategia se orienta a combatir las principales causas y fuentes de contaminación del recurso hídrico mediante acciones preventivas y correctivas, priorizando acciones sobre los diferentes tipos de contaminación de acuerdo con las particularidades del problema en cada región del país. Para tal fin se prevén las siguientes líneas de acción estratégicas:

- Reducir en los cuerpos de agua priorizados en el Plan Hídrico Nacional, los aportes de contaminación puntual y difusa implementando, en su orden, acciones de reducción en la fuente, producción limpia y tratamiento de aguas residuales, para reducir además de la contaminación por materia orgánica y sólidos en suspensión, patógenos, nutrientes y sustancias de interés sanitario.
- Eliminar la disposición de los residuos sólidos a los cuerpos de agua, en el marco de lo establecido en los planes de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS).

Estrategia 3.3 – Monitoreo, seguimiento y evaluación de la calidad del agua: Esta estrategia se orienta a mejorar las prácticas y herramientas de monitoreo y seguimiento del recurso hídrico, como medio para realizar una gestión eficiente del agua y medir el logro de los objetivos y metas de la Política Nacional para la GIRH. Para tal fin se prevén las siguientes líneas de acción estratégicas:

- Formular e implementar el programa nacional de monitoreo del recurso hídrico.
- Optimizar, complementar y mantener en operación permanente la red de monitoreo de calidad y cantidad del agua en las 42 cuencas objeto de instrumentación y monitoreo a nivel nacional, que corresponden a las zonas hidrográficas definidas por el IDEAM, así como de las aguas marinas con base en la REDCAM.
- Continuar con el programa de acreditación y certificación de los laboratorios ambientales que desarrolla el IDEAM.
- Articular y optimizar las redes y los programas de monitoreo regional del recurso hídrico superficial, subterráneo y marino costero, mediante acciones como la integración de redes de monitoreo, el establecimiento de reglamentos y protocolos de monitoreo de la calidad del recurso hídrico, entre otras.
- Incrementar y/o mejorar los sistemas de monitoreo, seguimiento y evaluación de los vertimientos, de tal forma que permitan conocer periódicamente su evolución, así como, la calidad y el estado de los cuerpos de agua receptores priorizados en el Plan Hídrico Nacional.

2.1.5.2.1.1.4 RIESGO

Para el logro de este objetivo se han diseñado tres estrategias: generación y divulgación de información y conocimiento sobre riesgos que afecten la oferta y disponibilidad hídrica, incorporación de la gestión de los riesgos asociados a la disponibilidad y oferta del recurso hídrico en los instrumentos de planificación y, medidas de mitigación y adaptación para la reducción de los riesgos asociados a la oferta hídrica resultantes de los fenómenos de variabilidad climática y cambio climático.

Estrategia 4.1 – Generación y divulgación de información y conocimiento sobre riesgos que afecten la oferta y disponibilidad hídrica: Esta estrategia se orienta a mejorar el conocimiento acerca de las causas y efectos de los principales riesgos que afectan la oferta y disponibilidad del recurso hídrico para los diferentes usos, así como, a brindar información a los usuarios del agua acerca de cómo prevenirlos, manejarlos y restablecer las condiciones normales. Para tal fin se prevén las siguientes líneas de acción estratégicas:

- Generar conocimiento sobre los riesgos asociados al recurso hídrico, mediante acciones como la identificación y caracterización de la vulnerabilidad de los ecosistemas clave para la regulación hídrica y de los sistemas artificiales para la regulación hídrica.
- Inventariar e identificar los riesgos sobre la infraestructura de abastecimiento de agua de los diferentes usuarios, ante amenazas naturales o antrópicas que afecten la disponibilidad hídrica.
- Sistematizar la información relacionada con los riesgos que afectan la oferta y disponibilidad hídrica, y divulgarla a la comunidad para que los conozca y los prevenga.

Estrategia 4.2 Incorporación de la gestión de los riesgos asociados a la disponibilidad y oferta del recurso hídrico en los instrumentos de planificación: Esta estrategia se orienta incluir la gestión del riesgo en la formulación e implementación de los principales instrumentos de planeación del recurso hídrico, así como a fortalecer las capacidades en el tema, de las instituciones encargadas de la planificación ambiental y territorial a nivel regional y local. Para tal fin se prevén las siguientes líneas de acción estratégicas:

- Incorporar la gestión de los riesgos asociados a la oferta y disponibilidad del recurso hídrico en los planes de ordenamiento territorial, planes de desarrollo territorial y en los planes de atención y prevención de desastres de los entes territoriales.
- Incorporar la gestión de los riesgos asociados a la oferta y disponibilidad hídrica en los planes estratégicos y de acción de los principales sectores productivos usuarios del recurso hídrico.
- Incorporar la gestión de los riesgos asociados a la oferta y la disponibilidad del recurso hídrico en los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas, Planes de saneamiento y manejo de vertimientos (PSMV), Programas de uso eficiente y ahorro del agua (PUEAA), en los planes de manejo de aguas subterráneas y en los planes de manejo de los otros ecosistemas clave para la regulación de la oferta hídrica.

Estrategia 4.3 Medidas de reducción y adaptación de los riesgos asociados a la oferta hídrica: Esta estrategia se orienta a fortalecer la formulación e implementación de medidas de adaptación y mitigación a la variabilidad y cambio climático por parte de los usuarios del recurso hídrico que resulten más expuestos a estos fenómenos naturales. Para tal fin se prevén las siguientes líneas de acción estratégicas:

- Diseñar e implementar medidas de adaptación a los efectos del cambio climático en los ecosistemas clave para la regulación de la oferta hídrica, así como, por parte de los siguientes sectores: hidroenergía, agricultura, navegación fluvial y, abastecimiento de agua potable.
- Diseñar e implementar a nivel regional y local, medidas de reducción de riesgos por variabilidad climática (fenómenos de El Niño y La Niña) y por otras amenazas naturales que afecten los ecosistemas clave para la regulación hídrica, así como la oferta y disponibilidad hídrica de los principales usuarios del agua en el país.

2.1.5.2.1.1.5 FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL

Para el logro de este objetivo se han diseñado tres estrategias: mejoramiento de la capacidad de gestión pública del recurso hídrico; Formación, investigación y gestión de la información; Revisión normativa y articulación con otras políticas y, Sostenibilidad financiera.

Estrategia 5.1 – Mejoramiento de la capacidad de gestión pública del recurso hídrico: Esta estrategia se orienta a fortalecer las acciones de las autoridades ambientales en la planificación, administración, monitoreo y control del recurso hídrico, así como a mejorar su capacidad para vincular a los principales usuarios del agua a participar en la GIRH y a articular con los entes territoriales la planificación del territorio en función de la oferta y disponibilidad hídrica, así como en el control y vigilancia del recurso. Para tal fin se prevén las siguientes líneas de acción estratégicas:

- Mejorar la capacidad de gestión integral del recurso hídrico en las autoridades ambientales y otros tomadores de decisiones.
- Articular y coordinar entre el MAVDT y las autoridades ambientales, las acciones que tengan incidencia sobre el recurso hídrico, con otros Ministerios y con los entes territoriales.
- Implementar programas de legalización de los usuarios de hecho del recurso hídrico.
- Orientar e incrementar las acciones de conservación y uso eficiente del recurso hídrico que desarrollen voluntariamente los usuarios del recurso (particulares, entidades públicas y privadas, y comunidad en general).
- Reglamentar los cuerpos de agua priorizados en el Plan Hídrico Nacional.
- Implementar el registro de usuarios del recurso hídrico (RURH) (Decreto 1324 de 2007).

Estrategia 5.2 – Formación, investigación y gestión de la información: Esta estrategia se orienta a fomentar y desarrollar acciones de investigación y de manejo de la información relacionada con el recurso hídrico, por parte de entidades o personas públicas o privadas, de tal forma que aporten a la comprensión del estado y evolución del recurso hídrico en el país, como medio para lograr el buen manejo del recurso. Para tal fin se prevén las siguientes líneas de acción estratégicas:

- Formular e implementar el plan nacional de investigación y formación en la gestión integral del recurso hídrico.
- Implementar el sistema de información del recurso hídrico (Decreto 1323 de 2007).

Estrategia 5.3 – Revisión normativa y articulación con otras políticas: Esta estrategia se orienta a hacer los ajustes, armonizaciones e incluso los desarrollos normativos necesarios para el desarrollo de la Política para la GIRH y a realizar la articulación de las acciones de esta política con la demás políticas ambientales o sectoriales que incidan en la gestión integral del recurso hídrico. Para tal fin se prevén las siguientes líneas de acción estratégicas:

- Integrar, armonizar y optimizar la normativa relativa a la gestión integral del recurso hídrico, y diseñar e implementar protocolos, guías y cajas de herramientas para su correcta aplicación.
- Incidir en las políticas públicas o privadas que afectan de manera importante el recurso hídrico, articulando las acciones de la Política para la GIRH con las de otras políticas ambientales, sectoriales y multisectoriales como la Política Nacional del Océano y los Espacios Costeros.
- Establecer y aplicar criterios y estándares de calidad del recurso hídrico para usos con necesidad de reglamentación, tales como las aguas marino costeras, recarga de acuíferos y re-uso de aguas residuales tratadas.
- Establecer las reglas y criterios de ordenamiento ambiental de uso del territorio en el marco de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas.
- Reglamentar el ordenamiento ambiental de los mares adyacentes.

Estrategia 5.4 – Sostenibilidad financiera: Esta estrategia se orienta a estimar, priorizar y asegurar las inversiones necesarias para la implementación de la Política para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, la cual se materializará principalmente a través de la ejecución del Plan Hídrico Nacional. Para tal fin se prevén las siguientes líneas de acción estratégicas:

- Cuantificar y priorizar las inversiones, así como apropiar los recursos necesarios para el financiamiento del Plan Hídrico Nacional.
- Articular y optimizar las fuentes existentes de financiamiento para la gestión integral del recurso hídrico y gestionar las nuevas fuentes que sean necesarias para el cierre financiero de los programas y proyectos prioritarios del Plan Hídrico Nacional.

- Realizar el seguimiento y hacer evaluación periódica y pública de los resultados de las inversiones realizadas en el marco del Plan Hídrico Nacional.

2.1.5.2.1.1.6 GOBERNABILIDAD

Para el logro de este objetivo se han diseñado tres estrategias: participación, cultura del agua, y manejo de conflictos.

Estrategia 6.1 – Participación: Esta estrategia se orienta a incentivar el desarrollo de mecanismos y espacios de participación que motiven a los usuarios del agua a que hagan parte de la gestión integral del recurso hídrico y a que conformen grupos de veeduría y control ciudadanos sobre las inversiones y acciones desarrolladas por las instituciones públicas y privadas, así como, por los usuarios del agua en general, en materia de GIRH. Para tal fin se prevén las siguientes líneas de acción estratégicas:

- Incrementar la capacidad de participación de todos los actores involucrados en la gestión integral del recurso hídrico.
- Implementar programas para promover el control social y la veeduría ciudadana hacia la gestión sostenible del recurso hídrico.
- Implementar programas para asegurar la participación en la gestión integral del recurso hídrico de los grupos sociales más vulnerables.
- Implementar programas masivos de comunicación e información a nivel nacional, regional y local, acerca de las acciones desarrolladas y proyectadas para implementar el Plan Hídrico Nacional.
- Desarrollar e implementar esquemas de gestión comunitaria local hacia el uso y manejo responsable del agua.

Estrategia 6.2 – Cultura del agua: Esta estrategia se orienta a incrementar en los usuarios del agua la conciencia y el conocimiento sobre la importancia de conservar y hacer uso sostenible del recurso hídrico, así como, de abolir prácticas y hábitos de consumo no sostenibles del agua. Para tal fin se prevén las siguientes líneas de acción estratégicas:

Implementar campañas de sensibilización y campañas educativas acerca de la gestión integral del recurso hídrico, que incluyan a todos los sectores usuarios del agua.

Desarrollar e implementar contenidos curriculares en el tema de la gestión integral del recurso hídrico adaptados a los contextos locales.

Estrategia 6.3 – Manejo de conflictos: Esta estrategia se orienta a proveer a las autoridades ambientales y territoriales, así como a los usuarios del agua, de herramientas para identificar, tratar y manejar o resolver los conflictos que surjan en torno al uso, accesibilidad y/o asequibilidad del recurso hídrico. Para tal fin se prevén las siguientes líneas de acción estratégicas:

- Identificar, caracterizar y clasificar los conflictos relacionados con el recurso hídrico.
- Desarrollar e implementar escenarios y espacios para el manejo y transformación de conflictos y asegurar el uso compartido y equitativo del agua.
- Proveer los recursos, herramientas y capacitaciones necesarias para el manejo y transformación de conflictos en la gestión integral del recurso hídrico.

2.1.5.2.1.2 CONPES 3801 - Manejo ambiental integral de la cuenca hidrográfica del Lago de Tota

Este documento de política propicia una gestión integral de los servicios ecosistémicos y de las dinámicas socioeconómicas que se desarrollan en la cuenca del Lago de Tota mediante escenarios de sostenibilidad, el ordenamiento ambiental, social y productivo. Para ello se busca desarrollar estrategias para mejorar la competitividad de la región y el bienestar de los habitantes, que promueva la ocupación y uso planificado del territorio, el conocimiento sobre la cuenca y la implementación de acciones sostenibles en el uso de bienes y servicios que esta provee. De igual manera, por medio de la articulación institucional, se espera promover la participación de los habitantes y la sociedad civil en las decisiones sobre la cuenca, recuperar la confianza y llegar a un consenso sobre el uso de acuerdo con las realidades del territorio. (DNP, 2014).

El plan incluye las acciones que en el corto plazo deben realizar las entidades del orden nacional para mejorar la regulación hídrica de la cuenca del Lago de Tota y la restauración ambiental de zonas degradadas a partir del conocimiento hidrológico, hidráulico y de la calidad del agua del Lago. El desarrollo de acciones enfocadas al conocimiento ambiental de la cuenca, a la valoración de servicios ecosistémicos y al monitoreo de la calidad del agua, le permitirán a las entidades contar con la información técnica para la actualización de instrumentos de planificación como el POMCA, los PORH y los EOT, entre otros, los cuales son necesarios para la toma de decisiones y el ordenamiento ambiental, sectorial y territorial. Así mismo, se incluyen acciones dirigidas al desarrollo productivo sostenible de las actividades agropecuarias y piscícolas que se desarrollan en la cuenca. (DNP, 2014).

2.1.5.2.1.2.1 OFERTA

Estrategia 1. Implementar proyectos de recuperación y restauración ambiental en la cuenca del Lago de Tota que mejore la capacidad de regulación hídrica a partir del conocimiento del recurso hídrico.

Se plantean acciones que contribuyen a la conservación de la base natural, la recuperación y fortalecimiento del manejo integral de la cuenca, mediante una debido conocimiento, gestión y administración de los recursos naturales, que incorpora el diseño del modelo hidrológico, la delimitación de la ronda hídrica y los páramos, la implementación de la red hidroclimática, entre otras acciones, que contribuyen a la generación de información para la toma de decisiones y la planificación sobre la cuenca. Se disponen las siguientes acciones:

- Delimitar la ronda hídrica del Lago de Tota y sus afluentes.

- Delimitar los páramos a escala 1:25000 que hacen parte de la cuenca del Lago de Tota.
- Realizar la adecuación hidráulica de quebradas y ríos aportantes.
- Realizar la batimetría y modelación hidrológica del Lago de Tota.
- Elaborar el modelo hidráulico, hidrológico y de calidad de agua de la cuenca del Lago de Tota, que incluya establecer módulos de consumo en los principales cultivos.
- Diseñar e implementar una red hidroclimatológica, sedimentológica y de calidad de agua.
- Optimizar las compuertas de desviación del Río Olarte hacía el Lago de Tota y el Río Upía.
- Adelantar el proceso agrario de deslinde sobre el Lago de Tota y su área rivereña.
- Adelantar un programa de investigación para la identificación de especies que afecten o puedan afectar al Lago de Tota, y generar un programa de erradicación y/o control de las especies identificadas.
- Diseñar e implementar el proyecto de recuperación ambiental de la Isla San Pedro.
- Diseñar e implementar el proyecto de recuperación ambiental de Playa Blanca.
- Diseñar e implementar proyectos de reforestación y restauración ecológica de áreas degradadas y de ecosistemas estratégicos afectados por la expansión de la frontera agropecuaria y la erosión laminar en la cuenca del Lago de Tota.
- Diseñar e implementar un programa de control de plantas acuáticas.

2.1.5.2.1.2.2 DEMANDA

Estrategia 2. Fortalecer el conocimiento frente a la demanda de agua de los municipios que se abastecen de la cuenca del Lago de Tota

El Lago de Tota provee bienes y servicios ecosistémicos para el desarrollo económico y social de la región, por lo cual es fundamental conocer tanto la oferta como la demanda real de agua por parte de los usuarios y el estado de legalización de las concesiones. En este sentido, se plantea realizar el registro y reglamentación de los usuarios del agua, lo cual permitirá tener un mayor control sobre el uso del recurso que hacen los actores de la cuenca y posteriormente definir acciones para su conservación, uso eficiente y pago por servicios ambientales. Se disponen las siguientes acciones:

- Realizar el registro, legalización y reglamentación a los usuarios del agua en la cuenca del Lago de Tota.
- Establecer la demanda efectiva y potencial de agua para la cuenca del Lago de Tota.
- Terminar la modificación del Decreto de Tasa por Uso del Agua.
- Definir el caudal ambiental de las fuentes hídricas abastecedoras del Lago de Tota

2.1.5.2.1.2.3 CALIDAD

Estrategia 3. Incrementar la gestión adecuada de aguas residuales domésticas y residuos sólidos

Las aguas residuales generadas por los municipios de la cuenca son vertidas a los afluentes del Lago de Tota de manera directa, ya que estos no cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales y la que existe en el municipio de Aquitania presenta problemas de operación. Estos vertimientos contienen concentraciones de contaminantes orgánicos e inorgánicos que alteran la calidad del agua lo que disminuye su capacidad de uso para abastecimiento. Así mismo, se presentan problemas en la gestión integral de los residuos sólidos lo que disminuye la capacidad de aprovechamiento y valorización de los mismos, además de generar conflictos por su mala disposición. Por lo anterior, se plantean estrategias para incrementar la gestión adecuada de aguas residuales domésticas y residuos sólidos en los municipios de la cuenca. Se disponen las siguientes acciones:

- Estructurar y/o gestionar proyectos de saneamiento básico para los municipios de Aquitania, Cuítiva y Tota.
- Gestionar y priorizar la implementación de los Planes Maestros de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de los municipios Aquitania, Tota y Cuítiva.
- Gestionar recursos de diferentes fuentes (Nación, Cooperación Técnica Internacional, Sistema General de Regalías, departamento, municipios, autoridad ambiental, entre otros), para asegurar el cierre financiero de proyectos de tratamiento de aguas residuales municipales en la cuenca del Lago de Tota.
- Formular e implementar Planes de Aseguramiento de la prestación del servicio de acueducto y alcantarillado, con el fin de garantizar la sostenibilidad de las inversiones.
- Conformar una mesa interinstitucional para definición del esquema de planeación, financiación, ejecución y seguimiento del componente de inversiones en saneamiento.
- Cofinanciar inversiones para el manejo y tratamiento de aguas residuales de los municipios de Aquitania, Cuítiva y Tota, teniendo en cuenta el plan financiero que se defina con diferentes fuentes de financiación (Nación, departamento, municipios y Corporación).
- Actualizar e implementar los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS de los municipios de Aquitania, Tota y Cuítiva.

2.1.5.2.1.2.4 FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL

Estrategia 5. Formular y actualizar los instrumentos de planificación de la cuenca del Lago de Tota enfocados al desarrollo integral.

Busca acordar una visión compartida para el futuro del territorio de la cuenca del Lago de Tota entre todos los niveles y actores que intervienen en ella, que incluya la necesidad de planificar y gestionar racionalmente los recursos, identificar y valorar el capital territorial. Lo anterior, mediante el establecimiento de acciones orientadas a la formulación y actualización de planes de ordenamiento de cuencas hidrográficas, planes de ordenamiento hídrico y programas de pago por servicios ambientales que incorporen criterios de sostenibilidad agropecuaria, ambiental y social. Se disponen las siguientes acciones:

- Diseñar e implementar un programa de pago por servicios ambientales que incluya usuarios del agua públicos y privados, con prioridad en los sectores siderúrgico, cementero y agropecuario.
- Actualizar el POMCA de la cuenca del Lago de Tota que incorpore criterios de gestión del riesgo, acorde a la normatividad vigente en coordinación con la UPRA.
- Formular Planes de Ordenamiento del recurso hídrico en cinco cuerpos de aguas priorizados de la cuenca (Lago de Tota y cuatro afluentes).
- Realizar la evaluación de tierras para el ordenamiento y planificación del territorio de la cuenca para usos agropecuarios y rurales que incorpore determinantes ambientales a escala 1:25.000.
- Elaborar el Plan de Ordenamiento Pesquero y Acuícola, POPA, de conformidad con el POMCA del Lago de Tota.

Estrategia 7. Incrementar la investigación, el conocimiento sobre los aspectos ambientales y económicos de la cuenca del Lago de Tota, y fortalecer los procesos de educación ambiental

Esta estrategia busca contribuir a la construcción de un conocimiento sistémico y compartido sobre las prácticas que se desarrollan al interior de la cuenca, para fortalecer el conocimiento del territorio, de la identidad de la región y adquirir una comprensión de las problemáticas que allí se presentan. Se disponen las siguientes acciones:

- Implementar un Centro de Investigación Científica, Tecnológica y de Desarrollo Productivo para la cuenca del Lago de Tota.
- Incorporar en los PRAES de las instituciones públicas educativas y en los PROCEDAS de los municipios de Cuitiva, Tota, Aquitania y Sogamoso, criterios y actividades relacionadas con la gestión integral de la cuenca del Lago de Tota, que incluyan temas forestales, de suelos, recurso hídrico e identidad cultural acompañado de una constante socialización.
- Diseñar e implementar un programa de cultura del agua que permita mejorar los hábitos de consumo y el uso del agua por parte de los diferentes usuarios.

2.1.5.2.1.2.5 GOBERNABILIDAD

Estrategia 4. Fomentar el desarrollo de actividades productivas sostenibles que incrementen la competitividad de la cuenca del Lago de Tota.

Se busca realizar el ordenamiento y planificación del territorio para los usos agropecuarios y rurales a partir del potencial productivo identificado para la cuenca y fortalecer las ventajas competitivas de la zona que permitan un nivel de desarrollo económico sostenible en el corto, mediano y largo plazo, mediante mecanismos de identificación de nuevas oportunidades de mercado que permitan mejorar la competitividad y la equidad en la generación de ingresos, bajo esquemas sostenibles con el medio ambiente. Se disponen las siguientes acciones:

- Determinar el estado actual de la cadena de valor e identificar alternativas de diversificación y de generación de valor agregado para los productos agropecuarios de la región, principalmente en cebolla junca, papa y trucha.
- Incorporar dentro de la estrategia de mercados verdes la producción y comercialización de cebolla junca proveniente del Lago de Tota.
- Fortalecer las actividades de inspección sanitaria y fitosanitaria en la cuenca del Lago de Tota.
- Apoyar el desarrollo de proyectos productivos agropecuarios y piscícolas bajo esquemas de buenas prácticas agrícolas (conservación, labranza mínima, siembra directa, producción limpia, entre otros aspectos).
- Apoyar la implementación de programas de Asistencia Técnica integral a piscicultores, agricultores y ganaderos de los municipios del área de influencia de la cuenca del Lago de Tota.
- Realizar el seguimiento a los Programas de Uso y Ahorro eficiente de los principales usuarios de la cuenca con énfasis en los sectores de agua potable, agrícola e industrial.

Estrategia 6. Fortalecer la gobernabilidad en el territorio, los espacios de participación ciudadana y las agremiaciones sociales y sectoriales.

Esta estrategia busca fortalecer la capacidad institucional para la planificación, seguimiento y control de las actividades de la cuenca, que facilite la articulación entre los diferentes niveles del gobierno (local, regional y nacional) y de los actores que intervienen en la misma, para el desarrollo y sostenibilidad social, cultural, económico y ambiental de este territorio, bajo procesos de toma de decisiones transparentes y equitativas. En este sentido, es necesario poner en funcionamiento el Consejo de Cuenca y comités sectoriales como espacios de participación social, análisis de problemáticas regionales y transformación de conflictos. Se disponen las siguientes acciones:

- Conformar y poner en funcionamiento el Consejo de Cuenca.
- Crear comités sectoriales en acuicultura, pesca, ganadería, agricultura y turismo.
- Implementar un programa de análisis y transformación de conflictos.
- Fortalecer la unidad de gestión del Lago de Tota de CORPOBOYACA en el componente administrativo, técnico y tecnológico.

2.1.5.2.1.3 Plan estratégico de la macrocuenca del orinoco

El Plan Estratégico de Macrocuenca (PEM) como un “instrumento de planificación ambiental de largo plazo que, con visión nacional, constituye el marco para la formulación, ajuste y/o ejecución de los diferentes instrumentos de política, planificación, gestión, y de seguimiento existentes en cada una de ellas” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013).

Para el plan de ordenamiento del recurso hídrico de la cuenca del Lago de Tota se identificó y revisó diferentes instrumentos de planificación ambiental. En este caso se identificó una de las cinco macrocuencas en las que se divide el país y a la cual pertenece la cuenca en estudio (Orinoco).

La subzona hidrográfica del Lago de Tota se encuentra ubicada en la parte occidental de la macrocuenca del Orinoco correspondiente a la zona hidrográfica Meta.

2.1.5.2.1.3.1 OFERTA

Según el Estudio Nacional de Aguas del 2010 (IDEAM, 2010), la oferta hídrica superficial total de la Macrocuenca del Orinoco es de 616,285 Mm3/año. Se observa que la zona hidrográfica que tiene mayor oferta hídrica para este estudio es Meta con 152,670 Mm3/año. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016).

2.1.5.2.1.3.2 DEMANDA

Según los datos del Estudio Nacional de Aguas del 2014 (IDEAM., 2014) la demanda hídrica en la macrocuenca del Orinoco es de 3,350 Mm3, la Zona hidrográfica de Meta tiene la mayor demanda total con 2,701.47 de Mm3. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016).

2.1.5.2.1.4 Plan de seguridad hídrica (PSH) región central

El Plan de Seguridad Hídrica para la Región Central de Colombia es la hoja de ruta para asegurar agua suficiente y en calidad para las personas y los ecosistemas. Esta iniciativa busca generar condiciones habilitantes para alcanzar la seguridad hídrica a escala regional desde los ámbitos técnico, estratégico y político.

2.1.5.2.1.4.1 OFERTA

En relación a la variabilidad de la oferta hídrica (volumen de agua almacenada en los cuerpos de agua en un periodo determinado de tiempo), el promedio de la región central es aproximadamente 3,167, clasificado como “media”. Sin embargo, en el caso de la subzona hidrográfica del Lago de Tota, la variabilidad de la oferta hídrica (VOH), es 4 clasificado como “alta”, indicando que esta subzona tiene una variabilidad de la oferta hídrica inestable. (REGION CENTRAL, 2021).

2.1.5.2.1.4.2 DEMANDA

La demanda hídrica (volumen de agua usado por los sectores económicos y la población) para la región central fue de 13.556 Mm3/año para el año 2016, representando el 36% de la demanda del país. En el caso de la subzona hidrográfica del Lago de Tota hace uso de menos del 3% de la demanda hídrica de la región central. (REGION CENTRAL, 2021).

2.1.5.2.1.4.3 RIESGO

Según el plan de seguridad hídrica (PSH) de la región central, la regulación y retención hídrica (cantidad de humedad que pueden retener las cuencas), según el IRH, es 0,7 clasificado como “moderada”. Sin embargo,

en el caso de la subzona hidrográfica del Lago de Tota, el Índice de regulación y retención hídrica (IRH), es 0,60 clasificado como "baja", indicando que esta subzona tiene problemas con la retención del agua. La disponibilidad del recurso hídrico se evalúa con ayuda del índice del uso de agua (IUA %). En el caso de la subzona hidrográfica del Lago de Tota, el balance entre demanda y oferta hídrica en promedio es clasificado como "alto" para un año medio y "muy alto" para un año seco según el IUA. Este índica que la demanda de agua en la subzona constituye 26,43% de la oferta en un año de eventos promedios de precipitación. Sin embargo, años secos muestran una situación más grave, con una demanda que constituye más del 90% de la oferta hídrica.

> *"Cuando el IUA es mayor a 50 indica que la demanda hídrica socioeconómica supera la oferta hídrica superficial disponible y la presión es alta o muy alta, de forma que los sistemas hídricos superficiales están llegando al límite para satisfacerla, compitiendo con el caudal ambiental y generando o potenciando:*
>
> *1. Conflictos por el agua.*
> *2. Problemáticas ambientales.*
> *3. Afectaciones sobre el agua disponible para la sostenibilidad de los ecosistemas, la biodiversidad y el caudal mínimo para los usuarios que dependen del agua de estos"*

2.1.5.2.1.4.4 CALIDAD

La calidad del recurso hídrico se evalúa según el Índice de alteración potencial de la calidad del agua IACAL ("*vulnerabilidad a la contaminación a que puede estar sometida una subzona hidrográfica*"), en este caso el plan de seguridad hídrica de la región central cuenta con clasificación "moderada" según el IACAL para un año con precipitación media y clasificación "media alta" para un año seco. Para la subzona hidrográfica del Lago de Tota el IACAL es 4 y se clasifica como "alta" en un año meteorológico medio. Para un año meteorológico seco la subzona hidrográfica del Lago de Tota el IACAL es 5 y se clasifica como "muy alta", indicando en los dos casos problemas con calidad de agua para la subzona. Este índice se obtiene evaluando los parámetros más relevantes y por separado (DBO, DQO-DBO, SST). (REGION CENTRAL, 2021).

2.1.5.2.1.4.5 FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL

Según el plan de seguridad hídrica (PSH) de la región central, las condiciones de cobertura de acueducto en la región central han mejorado particularmente en las zonas urbanas, siendo así para el departamento de Boyacá la cobertura de acueducto es del 85.5% (menor en relación a la región central (87.30%) y al país (86.40%)), de la siguiente manera, los acueductos urbanos con un 99.26% (mayor en relación a la región central (98.60%) y al país (97.90%)) de cobertura y los acueductos rurales con un 64.36% (menor en relación con la región central (70.24%) y al país (71.50%)) de cobertura.

Las condiciones de cobertura de alcantarillado muestra una situación muy similar a los acueductos, en la región central han mejorado particularmente en las zonas urbanas, siendo así para el departamento de Boyacá la cobertura de acueducto es del 63.20% (menor en relación a la región central (76.72%) y al país (76.60%)), de la siguiente manera, los acueductos urbanos con un 97.91% (mayor en relación a la región central (96.93%)) de cobertura y los acueductos rurales con un 9.80% (menor en relación a la región central (19.92%)) de cobertura. (REGION CENTRAL, 2021).

2.1.5.2.1.5 Plan de manejo del sistema de parques naturales unidad biogeográfica Siscunsí Ocetá

El manejo de la región fue formulado fundamentalmente dentro de los lineamientos de la conservación y la restauración, pero teniendo en cuenta el factor humano y su componente socioeconómico, para tratar de establecer una convivencia hombre-ecosistema menos perjudicial para los recursos naturales y más eficiente para el hombre. El marco jurídico se basó en los parámetros establecidos por el decreto 2811 de 1974 del Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables para las categorías de manejo de Áreas Protegidas o pertenecientes al sistema de Parques Nacionales. (CORPOBOYACÁ, 2011).

2.1.5.2.1.5.1 OFERTA

Según el capítulo 3 del Plan De Manejo del Páramo De Siscuensí, diagnóstico previo y análisis del área (CORPOBOYACÁ, 2011) la hidrografía comprende la ubicación, caracterización y análisis de las aguas superficiales y subsuperficiales del área de estudio.

Las quebradas de Las Cintas como de Las Cañas, nacen al norte de las veredas y se dirigen hacia el sur, haciendo parte de la cuenca del Orinoco, pues la Cuchilla Peña Barrancas ubicada al occidente de la Vereda Las Cintas, hace parte de la divisoria de aguas del Río Chicamocha y del Río Orinoco.

Por ser zona de páramo y llegar hasta altitudes de 3.850 msnm, la producción y almacenamiento de agua son factores fundamentales que se deben tener en cuenta para el desarrollo de la región y del municipio.

La precipitación es un factor importante en el almacenamiento y flujo hídrico en el páramo, y el otro factor es la condensación del agua que traen los vientos húmedos al rosar con la vegetación del páramo, que no se mide, pero que puede ser de mayor valor que la precipitación.

De toda el agua lluvia y de condensación acumulada en la vegetación y el suelo, una parte se infiltra para alimentar los acuíferos que a su vez producen los ojos de agua o nacimientos que alimentan en las partes bajas pantanos, lagunillas y quebradas, y otra parte va corriendo por la superficie del suelo hasta formar pequeños arroyos y se va acumulando en las concavidades del suelo formando pantanos, lagunillas y lagunas, de los que nacen las quebradas. (CORPOBOYACÁ, 2011). En la Tabla 49 se presentan las subcuencas y sus microcuencas de las veredas las Cintas y Las Cañas del municipio de Sogamoso:

Tabla 49. Microcuencas del páramo Siscuensí en las veredas Las Cintas y Las Cañas

SUBCUENCA LAGOTA – RÍO UPIA	SUBCUENCA RÍO CUSIANA
Microcuenca Las Cintas - Martinera	Microcuenca La Sarna

SUBCUENCA LAGOTA – RÍO UPIA	SUBCUENCA RÍO CUSIANA
	Microcuenca Piedra Pintada
	Microcuenca Las cañas – Melgarejo
	Microcuenca La Iglesia

Fuente: (CORPOBOYACÁ, 2011).

Microcuenca Las Cintas - Martinera

La vereda las Cintas con una extensión de 1886 ha, coincide con la microcuenca formada por las quebradas Martinera y Las Cintas, esta última le da el nombre a la vereda, incluida una parte de la Vereda Mortiñal, donde nace la quebrada Carnerón, tributaria de la quebrada Martinera, a donde también llegan las quebradas El Chivo, Zanjón Llanito, Zanjón la Carbonera, Quebrada el Vino y Cañada Potrero, esta última sirve de límite entre Las Cintas y Aquitania.

La quebrada Las Cintas que nace en la cuchilla Soriano, colecta las aguas de ocho drenajes menores, antes de llegar a zona de cultivos, por lo que hasta este punto sus aguas bajan limpias, luego recorre la zona de cultivos y entrega sus aguas a la quebrada Martinera, ya en Aquitania, conformando la Quebrada Hato Laguna que llega al Lago de Tota. Esta microcuenca recoge las aguas que el municipio de Sogamoso aporta al lago de Tota, fuente del acueducto que surte al casco urbano; además, de esta microcuenca se abastece el acueducto Chorrerano que beneficia a unas 840 familias de las veredas Primera y Segunda Chorrera, y de la Represa El Llanito se surte parte del Distrito de Riego Siscunsí que beneficia a 13 comunidades de las veredas Primera Chorrera, Pedregal, Vanegas, Villita y Malpaso.

La vegetación arbórea y arbustiva ha sido arrasada como fuente energética de los habitantes y por las quemas que les posibilita generar praderas para ganadería extensiva. Grandes sectores, incluso hasta por encima de los 3600 m.s.n.m. han sido replantados con pino, causando un grave daño a la biodiversidad y al ecosistema; parte de este cultivo ha sido arrasado por las quemas. Subsisten pequeñas manchas de bosque natural y de matorrales, al igual que vegetación herbácea, que puede ser la fuente de repoblamiento del páramo con vegetación natural. (CORPOBOYACÁ, 2011).

2.1.5.2.1.5.2 CALIDAD

En general los cuerpos de agua lénticos (lagunas, turberas y pantanos), presentes en el Páramo de Siscuensí son abundantes, de tamaño pequeño y algunas grandes como la laguna de Siscuensí y la turbera de La Sarna. Algunas de estas, ubicadas en las partes más altas son alimentadas por aguas lluvias y de escorrentía superficial, de carácter oligotrófico y de baja población de organismos, y otras ubicadas en las partes más bajas y alimentadas por aguas subterráneas que brotan y aguas de escorrentía superficial, siendo más ricas en nutrientes y albergando a más población de organismos.

La comunidad no se ha enterado de la importancia del páramo para la región ni de su mejor oferta ambiental, ni de que existen leyes de carácter nacional que regulan el uso del suelo, por lo que está convertido en zona agropecuaria extensiva con muy mala tecnología sin tener vocación para ello, generando un daño casi irreparable que se nota en:

- El agua está siendo contaminada con pesticidas agropecuarios antes de entrar a los acuíferos al igual que las aguas superficiales.
- La cobertura natural del páramo ha sido reemplazada casi en su totalidad por praderas para ganadería y cultivos de papa y pinos con lo que se reduce la posibilidad de condensar agua de la atmósfera.
- Se está dañando la estructura del suelo con la labranza, con lo que se impide la infiltración del agua a los acuíferos y se favorece la escorrentía superficial ocasionando erosión con la velocidad del agua y escasez en épocas secas porque ya no hay donde almacenarla.
- Se están presentando problemas sociales por el uso del agua entre los habitantes del páramo porque el recurso escasea y porque se la llevan del páramo para otras veredas, pero no hay acueductos suficientes para los más vecinos a la fuente.
- Han contaminado las lagunas y quebradas con trucha, extinguiendo la poca fauna de estos cuerpos de agua.

Si se tiene en cuenta el historial de precipitación como el de caudales, se nota que se está disminuyendo el agua que puede aportar el páramo al ecosistema, y que está bajando más turbia y contaminada, haciéndola impotable y con limitaciones para riego y abrevaderos.

Los parámetros fisicoquímicos medidos en algunas lagunas señalan valores ajustados en general a la normatividad tanto nacional como de la OMS, e indican que sus aguas son de muy buena calidad. Estos ecosistemas presentan circulación escasa de nutrientes y ecológicamente se consideran como oligomesotróficos. La sedimentología primaria no revela presencia de núcleos contaminantes ni vertimientos extraños que desmejoren la calidad del agua. Sin embargo, se deben implementar correctivos en lo relacionado con algunas prácticas de ganadería, de agricultura y de pesca que pueden llegar a deteriorar estos cuerpos de agua especialmente por contaminación con agrotóxicos, sedimentación y extinción de la fauna acuática.

Tabla 50. Parámetros fisicoquímicos en ecosistemas acuáticos de alta montaña (mg/l)

PARAMETRO	LAGUNAS Y EMBALSES EN PARAMOS	LAGO TOTA (SUBPARAMO)	LAGUNAS EN PARAMOS DE BOYACA
ION BICARBONATO	20.0	12.0	-
ION SULFATO	4.0	8.0	< 1.0

PARAMETRO	LAGUNAS Y EMBALSES EN PARAMOS	LAGO TOTA (SUBPARAMO)	LAGUNAS EN PARAMOS DE BOYACA
CLORUROS	2.0	5.0	0.4 – 10.0
ION CALCIO	4 - 20	5.0	10.0
ION MAGNESIO	3.0	3.0	-
ION SODIO	1.5	1.5	-
HIERRO (Fe+++)	0.05	-	0.05 - 0.5
SILICE	-	< 1.0	-
DUREZA TOTAL	4 - 26	-	
FOSFORO TOTAL	0.1 - 0.48	-	
NITROGENO TOTAL	0.0 - 1.2		
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (microsiemens,cm $^{-1}$)	< 10 - 90	50	15 – 30
Ph	5.5	5.5 - 6.8	4.5 – 7.5

Fuente: (CORPOBOYACÁ, 2011).

Como se puede ver, en las lagunas el ion sulfato tiene un valor promedio de 4.0 mientras que en el Lago de Tota es el doble debido a la incidencia de la actividad agropecuaria en la zona especialmente del cultivo de cebolla en límite con sus aguas; en las lagunas de los páramos de Boyacá no llega a 1.0, lo que es una manifestación de la pureza de sus aguas.

Los iones Magnesio y Sodio presentan igual comportamiento, el Hierro presenta un comportamiento contrario, es decir, más concentrado en las lagunas de los páramos que en el Lago de Tota porque las rocas que han generado los suelos de las lagunas y sus alrededores lo tienen como componente natural, en cambio en el lago de Tota se pierde por fenómenos de oxidorreducción; el Calcio también se presenta más abundante en las lagunas de los páramos, pero se va neutralizando con la acidez de la materia orgánica y del suelo aguas abajo. Su conductividad, alcalinidad y dureza es baja por la pobreza de iones, y el pH puede ir de ácido hasta neutro; por lo general, son aguas blandas de poca mineralización y presentan al Nitrógeno como factor limitante. Según la Tabla 50, el estado trófico (capacidad de un cuerpo de agua para alimentar organismos), de las lagunas de páramo corresponde a Oligomesotrófico o Ultraoligotrófico que se caracteriza por bajas concentraciones de nutrientes y por ende bajas concentraciones de organismos.

Desafortunadamente la calidad de aguas encontrada en las lagunas, no se encuentra en los ríos y quebradas, especialmente aguas abajo. Los análisis fisicoquímicos reportan frecuentemente valores por fuera de los admisibles para aguas potables según el Decreto 2105 del Ministerio de Salud para: hierro, pH, color y turbiedad. Los análisis bacteriológicos reportan la presencia de Coliformes fecales. Esto no es raro si se tiene en cuenta que estas fuentes hídricas están expuestas a contaminación por residuos orgánicos de los habitantes y de los animales, residuos de agroquímicos, arrastre de suelos, residuos de explotaciones

piscícolas, sin contar la posible contaminación de metales pesados como plomo y mercurio derivadas de pesticidas de alta toxicidad.

A pesar del deterioro, la cantidad de agua producida en estos páramos todavía es suficiente para proveer los acueductos de las diferentes veredas, el distrito de riego, infinidad de reservorios y acequias para uso agropecuario. (CORPOBOYACÁ, 2011).

2.1.5.2.1.6 Plan de desarrollo departamental de Boyacá

El Plan de Desarrollo es un instrumento mediante el cual los departamentos formulan de manera organizada y estructural la ejecución de los programas y proyectos para el período que se establece, en este caso para el periodo 2020-2023.

El departamento posee un total de 2'277.667 hectáreas, en donde el 67 % está destinada al uso agropecuario. Del porcentaje anterior, para el uso agrícola el 86.2% están dedicadas a cultivos, el 13.2% se encuentran en área de descanso y el 0.6% están en barbecho.

El conflicto de uso de suelo radica en la sobreutilización del uso actual vs su aptitud. El 22,8% del uso actual de la tierra están dedicadas a cultivos agrícolas, lo que es 12% más de lo que está establecido. Igual situación ocurre con los pastos, que representan el 57.1% del territorio y que superan en un 42,5% la aptitud del suelo para este tipo de cultivos. (Gobernación de Boyacá, 2020).

Según el plan de desarrollo del Departamento de Boyacá, en relación al servicio de aseo el sector urbano del departamento presenta una cobertura de 97,99%. El departamento cuenta con dos rellenos sanitario, el primero el de Pirgua ubicado en Tunja en el área rural. Allí cincuenta y nueve (59) municipios disponen del relleno que tiene una recepción anual (2019) 64.985 de toneladas.

Y el segundo (en donde se encuentra la cuenca del Lago de Tota) el relleno sanitario Terrazas del Porvenir – Sogamoso, ubicado en la vereda San José del Porvenir. En este relleno realizan la disposición final 43 municipios del departamento, depositando 53.845,64 toneladas anuales.

Según el plan de desarrollo del Departamento de Boyacá, el sector agropecuario boyacense es conformado por 15 cadenas productivas (papa, lácteos, cárnicos, hortalizas, cacao, café, frutales: agroindustriales, caña panelera, quinua y cereales, forestal, apícola, y especies menores: piscicultura, avícola, porcicultura, ovino – caprino). (Gobernación de Boyacá, 2020).

2.1.5.2.1.6.1 FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL

Según el plan de desarrollo del Departamento de Boyacá, la cobertura de acueducto, a nivel nacional es de 86.40%, a partir de esto, la cobertura a nivel departamental es del 85.52%. Con respecto a la prestación del servicio de acueducto, en la zona urbana del departamento cuenta con un 99,26% de cobertura. En el sector rural, el departamento presta el servicio de acueducto al 64.37% de las viviendas y el 35.63% corresponde a viviendas que no cuentan con la prestación del servicio de acueducto. La población del área rural aún se ve expuesta a altos índices de enfermedad por consumo de agua no potable, ya sea porque no poseen

sistema de tratamiento, o porque en donde existe no funciona o no se encuentra bien operada por la baja escolaridad de los operarios. La cobertura del servicio de alcantarillado a nivel nacional es de 76.60% a partir de esto la cobertura a nivel departamental es de 63.20%. En relación con la prestación del servicio de alcantarillado en el sector urbano del departamento presenta una cobertura de 97,92%

En los centros poblados y rural disperso, solo el 9.81% posee alcantarillado y el 90.19% restante no cuenta con el sistema de alcantarillado. Sin embargo, el manejo de aguas residuales en los centros poblados y rural disperso se ha realizado con sistemas de disposición ín-situ, que contempla unidad sanitaria, tanque séptico y campo de infiltración. (Gobernación de Boyacá, 2020).

2.1.5.2.1.7 Plan de acción CORPOBOYACA 2020-2023

El Plan de acción institucional plantea las posturas conceptuales desde las cuales se concibe la acción de la Corporación durante el periodo 2020 a 2023. En él, se concretan las acciones específicas e inversiones puntuales, a través de las cuales se busca atender las funciones constitucionales y legales de la institución, pero más allá de ello, la manera como se pretende incidir en la protección del medio ambiente, el desarrollo, la construcción de tejido social con las comunidades y los puentes para que, como sociedad, podamos avanzar en una ruta que nos permita pactar la paz con la naturaleza. (Corporación Autónoma Regional de Boyacá, Corpoboyacá, 2020)

La jurisdicción de Corpoboyacá hace parte de dos macrocuencas o áreas hidrográficas: Magdalena – Cauca donde sus aguas fluyen hacia el mar Caribe y ocupa el 69,56% del territorio y la macrocuenca del Orinoco con el 29,24% de ocupación, sus aguas circulan hacia el Río Meta, conformadas a su vez por diecinueve subzonas hidrográficas. Además de los Planes de Ordenación y Manejo de las Cuencas hidrográficas, Corpoboyacá ha formulado los instrumentos que le permiten administrar el uso del recurso hídrico, a partir de la síntesis diagnostica y normativa aplicable.

La cuenca del Lago de Tota con un área de 22.370 Ha, se encuentra localizada en los municipios de Aquitania, Cuítiva, Tota y Sogamoso en el departamento de Boyacá, en la subzona hidrográfica del mismo nombre conformando la parte alta del río Upía correspondiente a la zona hidrográfica del Orinoco (IDEAM,2013). La cuenca se encuentra rodeada en su parte alta por el complejo de páramos Tota - Bijagual – Mamapacha en una extensión de 12.944 Ha (57% de la cuenca). En la actualidad, se evidencia la intervención del territorio que ha alterado los procesos naturales, lo cual genera cambios en la cobertura del suelo y del paisaje.

Desde el punto de vista ambiental, la problemática en la afectación de la calidad del recurso hídrico es propiciada por la falta de educación ambiental que hace que las personas que habitan la cuenca contaminen el agua con sus vertimientos domésticos, dificultades en el control a estos y a la escorrentía agrícola. A su vez, existe incertidumbre sobre el impacto generado por la piscicultura de truchas en el Lago de Tota y la agricultura, desconocimiento de la capacidad de carga del Lago para desarrollar actividades económicas y ausencia de programas de educación ambiental que generen un sentido de apropiación del territorio por parte de sus habitantes. (DNP, 2014)

También se evidencia que hay poca comprensión del territorio, los servicios ecosistémicos que presta la cuenca y las necesidades de conservación de los mismos entre los habitantes de la región, que trae consigo prácticas que van en contravía del desarrollo sostenible de la cuenca, generando contaminación y uso inadecuado de los recursos naturales. Estas prácticas incluyen la ilegalidad en el uso del recurso hídrico, algunos distritos de riego sin personería jurídica, manejo de cultivos con uso excesivo de abonos y agroquímicos, actividades de ganadería que se extienden hacía zonas de páramo, acuicultura en áreas de conservación ambiental y desarrollo de actividades en zonas de ronda de protección.

La Corporación Autónoma Regional de Boyacá Corpoboyacá mediante el Concurso de Méritos Abierto No. 011-2014 del 10 de noviembre de 2014, realizó la convocatoria para contratar la “Formulación de un plan de ordenamiento ecoturístico y realización de los estudios y diseños de la infraestructura ecoturística para el predio "Playa Blanca", ubicado en el ecosistema estratégico de humedal “Lago de Tota", como estrategia para su conservación, de conformidad con las especificaciones técnicas que obran en los estudios previos.”; contratación que fue adjudicada a la Unión Temporal Playa Blanca a través del Contrato de Consultoría CCC 2014009.

La convocatoria fue desarrollada en el marco de las estrategias para la conservación y manejo de los recursos naturales y la biodiversidad, contempladas en el Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Lago de Tota y del programa de Conservación, Restauración y Manejo de Ecosistemas y Biodiversidad.

Durante el diagnóstico realizado se corroboró que las actividades que se están llevando en el predio Playa Blanca están generando impactos negativos en este ecosistema estratégico, debido a que no se desarrollan de manera planificada. Por esta razón, como autoridad ambiental responsable del predio, Corpoboyacá pretende cambiar su actual vocación turística por una ecoturística, toda vez que el ecoturismo es una forma de turismo especializado que se desarrolla en áreas con un atractivo natural, el cual busca, a través del aprendizaje generar conciencia a los actores involucrados sin alterar los ecosistemas allí existentes.

Las principales problemáticas existentes en el sector de Playa Blanca residen en que el área no cuenta con una zonificación que delimite las áreas y reglamente sus usos, no existe ningún tipo de restricción para el número de personas ni de vehículos que ingresan al área, sobrepasando en la mayoría de los casos la capacidad instalada, así mismo la infraestructura actual es insuficiente y no cuenta con las condiciones óptimas para prestar un servicio con calidad, que a su vez minimice los impactos que se puedan generar por el uso inadecuado de los recursos naturales. (Corporación Autónoma Regional de Boyacá, Corpoboyacá, 2020)

2.1.5.2.1.7.1 OFERTA

En general, Boyacá posee una oferta hídrica significativa tanto superficial como subterránea, sin embargo, diferentes factores como el cambio climático, la deforestación de los bosques, la transformación de los páramos que han cedido grandes áreas para ampliar la frontera agrícola del cultivo de diferentes productos y el desplazamiento de comunidades en las partes altas de la montaña, han logrado una reducción significativa del recurso hídrico superficial que posee el departamento, viéndose afectados unos municipios

más que otros. Corpoboyacá en su gestión como autoridad ambiental en el marco de la Gestión Integral del Recurso Hídrico y lo definido en el Plan De Gestión Ambiental Regional - PGAR, ha venido articulando oferta, demanda y calidad mediante acciones y estrategias desde la parte misional mediante los permisos tanto de aprovechamiento del recurso hídrico para su consumo, como receptor de vertimientos, además del acompañamiento técnico a los municipios en la formulación de los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos - PSMV y en los trámites de los permisos de vertimiento.

La reglamentación de corrientes hídricas, son estudios que realiza la autoridad ambiental, con el fin de distribuir el recurso hídrico ya sea de una Cuenca, Subcuenca, Microcuenca, Unidad Hidrológica o fuente, buscando que todos los usuarios puedan hacer uso del recurso hídrico, basados en el estudio de oferta y demanda que se desarrolla. (Corporación Autónoma Regional de Boyacá, Corpoboyacá, 2020).

Tabla 51 Fuentes hídricas reglamentadas o en proceso de reglamentación, en la jurisdicción de Corpoboyacá.

Área Hidrográfica	Subzona Hidrográfica o Nivel Subsiguiente	Cuerpo o fuente de agua	N° Resolución de apertura	Fecha de apertura	Estado	N° Resolución de reglamentación	Fecha
Orinoco	Lago de tota (3516)	Microcuenca los Pozos	466	13/05/2009	Finalizada con Resolución	1539	13/06/2012
		Microcuenca Atoi					
		Lagunas Olarte y Tobal					
		Aguas derivadas del lago de tota a través del túnel de Cuítiva	3071	14/11/2014	Publicación del proyecto de distribución	NA	NA
	Río Garagoa (3507)	Río Teatinos	1980	29/10/2013	Finalizada con Resolución	868	16/03/2016

Fuente: Plan de acción Corpoboyacá 2020, modificado por el Consorcio PORH Tota 21

De acuerdo con lo anterior, y teniendo en cuenta que la unidad de análisis y gestión para llevar a cabo planificación y administración del recurso hídrico es la Cuenca hidrográfica, en las que, para el caso de la jurisdicción de Corpoboyacá, dentro de las 19 subzonas hidrográficas o nivel subsiguiente, se ha identificado la oferta y demanda hídrica presentada en la Tabla 52.

Tabla 52 Oferta y demanda de recurso hídrico por cuenca

NOMSZH	POMCA	COD POMCA	Oferta (m3/s)	Demanda (m3/s)*
Río Negro	Río Negro - SZH	2306		0,03
Directos al Magdalena Medio entre ríos Negro y Carare (md)	Directos al Magdalena Medio entre ríos Negro y Carare (md) – SZH	2311	84,15*	0,05
Río Carare (Minero)	Río Carare (Minero) - SZH	2312	7091,54*	0,20
Río Suárez	Río Alto Suárez - NSS	2401-01	14,95*	0,17
	Río Medio y Bajo Suárez - NSS	2401-02	100,60*	1,55
Río Fonce	Río Fonce - SZH	2402		0,14
Río Chicamocha	Río Alto Chicamocha - NSS	2403-01	49,30***	45,31
	Río Medio Chicamocha - NSS	2403-02		1,76
	Río Bajo Chicamocha - NSS	2403-03		0,0019
Río Pauto	Río Pauto - NSS	3253-01		
Río Garagoa	Río Garagoa - SZH	3507	1,41**	0,51
Río Lengupá	Río Lengupá - SZH	3508		0,26
Río Upía	Río Upía - SZH	3509		0,23
Lago de Tota	Lago de Tota - SZH	3516		0,67
Río Cusiana	Río Cusiana - NSS	3519-01	713,6*	0,08
Río Cravo Sur	Río Cravo Sur - SZH	3521	130,6*	0,002
Río Casanare	Río Casanare - NSS	3602-02		
Río Cobugón - Río Cobaría	Río Cobugón - Río Cobaría – SZH	3703		0,0001
Río Bojabá	Río Bojabá - SZH	3704		
	TOTAL		8186,18	51,04

Fuente: Plan de acción Corpoboyacá, 2020

A junio de 2019, Corpoboyacá había otorgado 4.959 concesiones de agua, con un caudal de 51,04 m3 /s, de los cuales el 29,40% está destinado al consumo humano, el 40,15% al uso agrícola, el 15,61% al uso pecuario, el 13,95% al uso industrial y el 0,34% a otros usos tales como institucional y recreativo de ella, el 88.7% han sido otorgadas en la cuenca del río Alto Chicamocha y solamente 124 (2.5%), cuentan con Programas de uso eficiente y ahorro de agua aprobados, información consultada en bases de datos de Corpoboyacá 2019.

2.1.5.2.1.7.2 DEMANDA

Dentro de las estrategias adoptadas por la Corporación en la administración de los años 2016-2019 y en cumplimiento al Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015, sección 19 “De las obras hidráulicas”, Corpoboyacá dentro de sus estrategias para la formalización del uso del recurso hídrico estableció el apoyo en la

formulación y elaboración de las memorias técnicas, cálculos y planos del sistema de control de caudal para usuarios que tengan un caudal otorgado menor o igual a 1 LPS y su sistema de captación sea por gravedad.

En marco de la ejecución de un proyecto piloto de uso eficiente del agua enfocado en acueductos, se logró el suministro, instalación y puesta en marcha de 135 dispositivos de regulación de caudal en varios municipios del Departamento tales como Aquitania, Betéitiva, Boavita, Combita, Cerinza, Chiscas, Covarachía, Duitama, El Espino, Firavitoba, Floresta, Gachantivá, Guacamayas, Miraflores, Mongua, Moniquirá, Motavita, Nobsa, La Uvita, Paipa, Panqueba, Paz de Rio, Pesca, Sáchica, Samacá, Santana, San José de Pare, San Mateo, Santa Rosa de Viterbo, Siachoque, Soata, Socotá, Soracá, Sutamarchán, Tasco, Toca, Togüí, Tunja, Tópaga, Tota, Tuta, Villa de Leyva.

En el periodo comprendido entre los años 2016-2019 se tiene la siguiente información de trámites ambientales de Recurso Hídrico:

Tabla 53 Fuentes hídricas reglamentadas o en proceso de reglamentación, en la jurisdicción de Corpoboyacá.

Trámite Permisionario	No. de Trámites Radicados				
	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019	TOTAL
Concesiones de agua Superficial (OOCA)	186	148	120	152	606
Concesiones de agua Subterránea (CAPP)	19	9	15	8	51
Permisos de Vertimientos (OOPV)	27	21	20	24	92
Ocupaciones de Cauce (OPOC)	55	56	53	57	221
Prospección y exploración de agua subterránea (OOPE)	61	25	20	24	130
Concesión de agua por reúso (OOCA)	1	2	2	0	5

Fuente: Plan de acción Corpoboyacá, 2020

2.1.5.2.1.7.3 CALIDAD

La red de monitoreo del recurso hídrico es el eje para orientar las acciones de gestión del recurso hídrico en la Jurisdicción. Los programas de monitoreo de las cuencas priorizadas de aguas superficiales y subterráneas de acuerdo al Programa Nacional de Monitoreo del Recurso Hídrico permiten:

- La generación de conocimiento e información sobre los procesos naturales que integran el ciclo del agua
- Permitir el seguimiento al comportamiento de estos procesos.
- Interpretar la respuesta ante la influencia de la actividad humana
- Evaluar el estado, dinámica y alteraciones
- Evaluar la gestión y controlar esta influencia

Para garantizar el uso del recurso hidrico es importante conocer la calidad, por lo tanto se han llevado a cabo a partir del año 2015 y en forma gradual y anual jornadas de monitoreo tanto a las principales fuentes hídricas como a los vertimientos puntuales de los municipios de la jurisdicción de la Corporación con el fin de tener información que permita definir sus cargas contaminantes al recurso hídrico y su incidencia que se verifica con el monitoreo que se hace a las fuentes hídricas y así crear conciencia de la necesidad de implementar sistemas de tratamiento de aguas residuales domesticas -PTAR, las cuales son fundamentales en un proceso de descontaminación.

Teniendo en cuenta que la mayoría de los municipios que hacen parte de la jurisdicción son categoría 6 y 5 y además no cuentan con los recursos necesarios para estas obras de descontaminación, se requiere que los representantes legales de estos gestionen recursos para dichas obras, La Corporación ha venido aplicando los recursos que ingresan por tasa retributiva de acuerdo a lo que establece el decreto 1076 del 2015, los cuales tiene destinación específica y se pueden utilizar para obras de descontaminación y hasta en un 10% del recaudo para diseño de las mismas.

Con el propósito de utilizar los recursos de la tasa retributiva se establece para el plan de acción atender la solicitud de los municipios y apoyar a cuatro municipios en diseños de obras de descontaminación y a otros cuatro municipios apoyar en la construcción de estas obras, en concordancia con los ejes programáticos de los POMCAS y además para sumar esfuerzos de Organizaciones internacionales, del Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, de La Gobernación de Boyacá mediante el Plan Departamental de Agua y de los municipios, que tengan como fin la descontaminación hídrica en el territorio.

En el tema de descontaminación del recurso hídrico, el trabajo se ha centrado principalmente en el diagnóstico del estado de la calidad hídrica, realizando actividades de monitoreo, evaluación, modelación y determinación de objetivos de calidad sobre las fuentes hídricas, lo que ha sido complementado con la gestión y seguimiento de los instrumentos de planificación municipales tales como los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) así como el diseño y construcción de Plantas de tratamiento aguas residuales (PTAR's). En cuanto a los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimiento (PSMV) De los 87 municipios de la jurisdicción, 86 cuentan con PSMV aprobado por parte de Corpoboyacá; los cuales tienen un cumplimiento aproximado entre el 50% y 80%, este porcentaje presenta variaciones atendiendo al año de ejecución del PSMV.

El CONPES 3801 establece que el problema central de la Cuenca Lago de Tota es la "…inadecuada gestión ambiental y sectorial del territorio de la cuenca del Lago de Tota, lo cual no asegura un manejo sostenible de los recursos naturales". En este sentido, uno de los aspectos centrales se basa en el deterioro de los servicios ecosistémicos que presta la cuenca Lago de Tota, asociados a causas antrópicas no planificadas o descontroladas, dichas causas están asociadas al desarrollo de actividades productivas y recreativas. El agua proveniente del Lago de Tota abastece de agua al acueducto de Aquitania, al tiempo que es usado para la pesca de trucha arco iris y para la recreación promovida por los hoteles y clubes de pesca deportiva

que funcionan a su alrededor. Por algunos períodos de tiempo, el Lago de Tota ha sido depósito de las aguas residuales del Municipio de Aquitania y de la población dispersa. Otros de los factores que agudizan la problemática se relacionan con la ampliación de la frontera agrícola que amenaza y altera la dinámica ambiental de Lago de Tota, el uso inadecuado e indiscriminado de insumos y agroquímicos propios de la actividad agrícola especialmente los derivados de cultivos de cebolla de la región, cuyos vertimientos drenan al Lago y se convierte en factor potencialmente contaminante del recurso hídrico.

2.1.5.2.1.8 Plan integral de gestión del cambio climático territorial (En formulación)

El Plan Integral de Cambio Climático de Boyacá (PICCB) es una herramienta de planificación para la mitigación y adaptación al cambio climático mediante la priorización e implementación de acciones que permiten hacer del Departamento un territorio sostenible, dando cumplimiento y desarrollando a nivel departamental los compromisos que el país ha adquirido en el contexto internacional de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), siendo este una herramienta jurídica y política de gran importancia para convocar a los encargados en la toma de decisiones a nivel departamental, regional y municipal a asumir compromisos serios frente al cambio climático. (Observatorio Ambiental de Boyacá, 2021).

El PICCB contempla unos ejes programáticos y componentes estructurales, destacando en el eje de gestión del recurso hídrico los siguientes componentes:

- Interrelación e implementación de elementos de planificación como los POT, EOT, PBOT, POMCAS, PGIRS, PMA.
- Promoción de la movilidad sostenible.
- Incentivar la implementación de construcción sostenible en el Departamento.
- Modelo sostenible de ocupación del territorio.

2.1.5.2.1.9 Plan de ordenación forestal de CORPOBOYACÁ Resolución 680 de 2011

El plan general de ordenación forestal (PGOF) es una herramienta básica para la administración de los recursos forestales de la Jurisdicción, la formulación de planes de manejo forestal y la toma de decisiones en cuanto el otorgamiento de permisos de aprovechamiento forestal de bosques naturales, además de establecer un marco estratégico que incorpore activamente el sector forestal al desarrollo nacional, optimizando las ventajas comparativas y promoviendo la competitividad de productos forestal maderables y no maderables en el mercado nacional e internacional, a partir del manejo sostenible de los bosques naturales y plantados. (CORPOBOYACÁ, 2011).

Según el Plan de Ordenación Forestal de Corpoboyacá en la unidad Sugamuxi – Lengupa (a la que pertenece la cuenca Lago de Tota) se caracteriza por tener alta potencialidad de almacenamiento (Zona de acuíferos promedios) cubriendo el 44.10% de la unidad.

Los conflictos de uso de suelo determinan la necesidad de conocer si una actividad genera una problemática irreversible para el tipo o unidad de suelo en donde se desarrolla esta labor. Las categorías que definen que tipo de conflicto está afectando una unidad o tipo de suelo son las siguientes:

1. A: Adecuado, suelos en donde los usos actuales tienen concordancia con la capacidad de uso según su vocación.
2. O: Sobreutilización, suelos en los cuales el uso actual se encuentran por encima de la capacidad de uso según su vocación.
3. S: Subutilización, suelos en los cuales el uso actual se encuentran debajo de la capacidad de uso según su vocación.
4. ZU: Zona Urbana

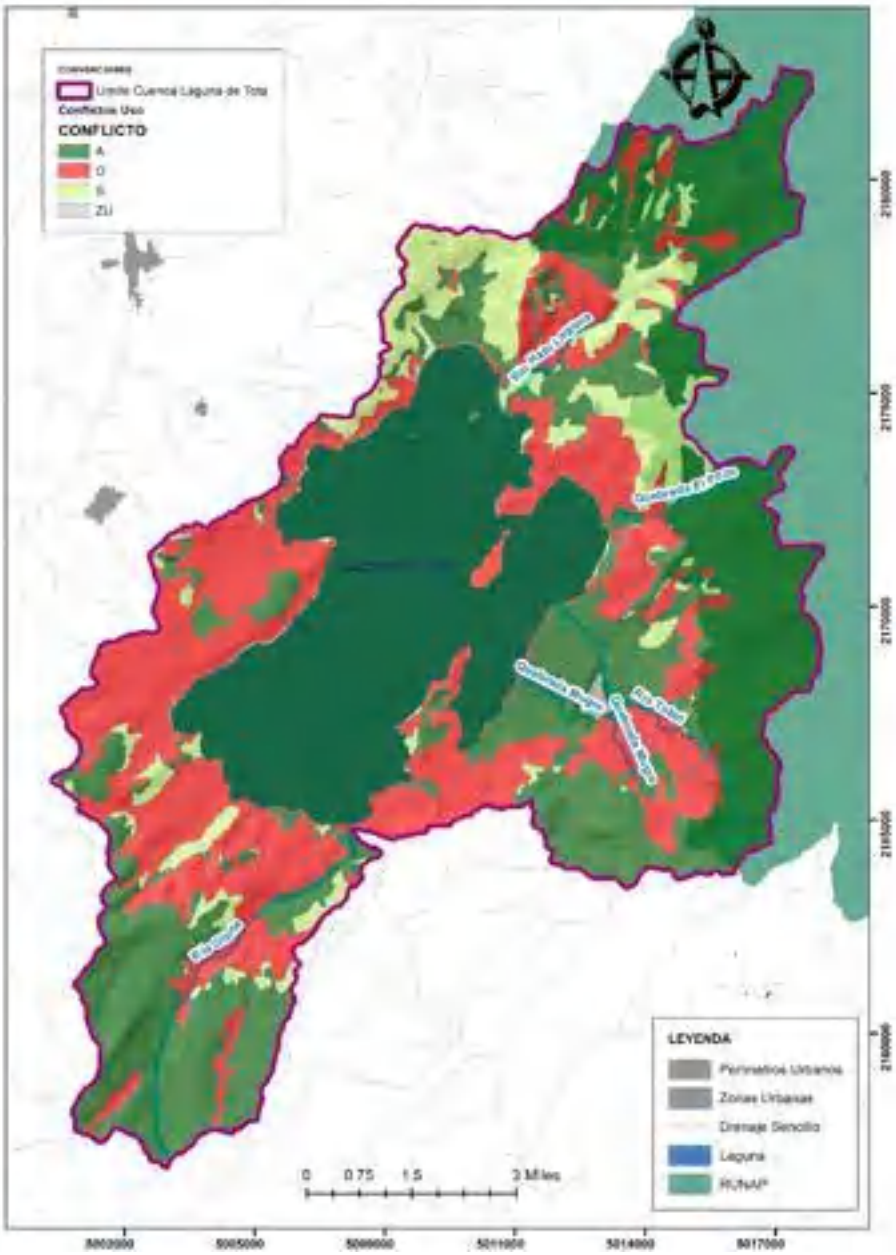
Para la cuenca del Lago de Tota, el conflicto de uso tipo A (adecuado) corresponde al 63.6% (14297 ha) de la totalidad de la cuenca, indica que el uso de la tierra mantiene las actividades productivas sin deteriorar la capacidad de la unidad de suelo. (CORPOBOYACÁ, 2011).

Para la categoría O (sobreutilización) el conflicto de suelo corresponde al 26.84% (6033 ha), lo cual indica que las actividades desarrolladas afectan su producción sustentable, disminuyendo la productividad y la capacidad de regeneración de los suelos.

El conflicto de uso tipo S (subutilización) corresponde al 9.37% (2107 ha), afectando los niveles de productividad de los suelos, un uso inadecuado del recurso.

La zona urbana (ZU) corresponde al 0.18% (41 ha) de la totalidad de la cuenca del Lago Tota.

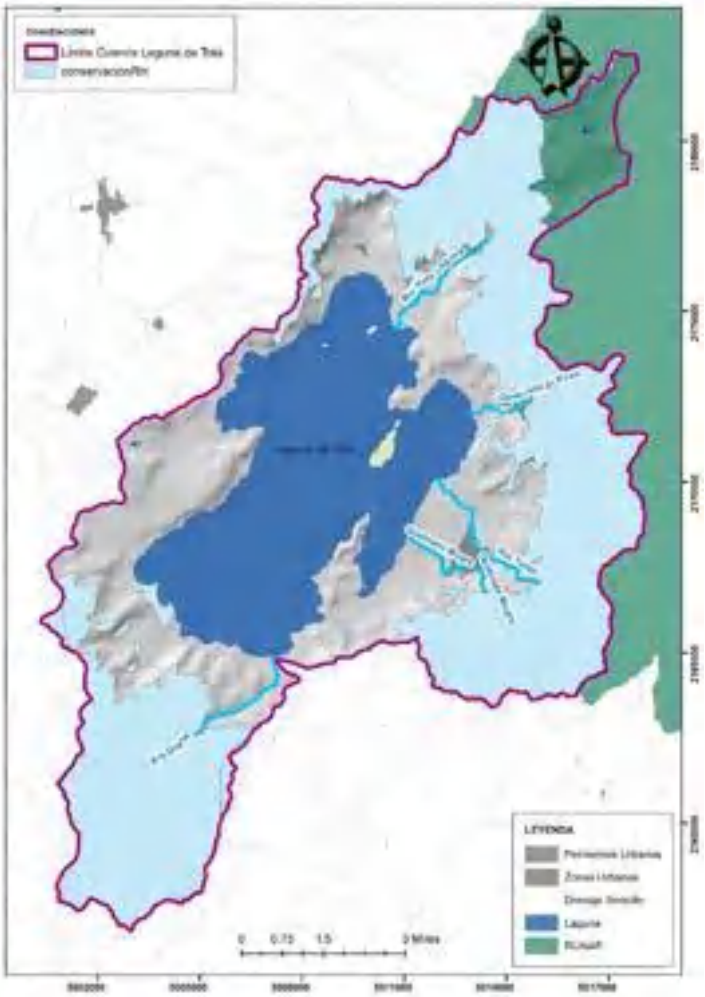
Figura 90 Conflicto de uso de suelo cuenca Lago de Tota



Fuente: Plan ordenación forestal de Corpoboyacá 2011, modificado por el Consorcio PORH Tota 21

El agua es fundamental para las diferentes actividades de la sociedad y garantizar el acceso continuo y regulado es de vital importancia. En este caso la cuenca del Lago de Tota cuenta con más del 70% de áreas que son potenciales de conservación como lo son los páramos (49.30%) y los cuerpos de agua (24.64%), además se observa que puede ser poco intervenida por la presencia de bosques, alta presencia de ganadería por los pastos correspondiente al 15%.

Figura 91. Conservación del recurso hídrico cuenca del Lago de Tota



Fuente: Plan ordenación forestal de Corpoboyacá 2011, modificado por el Consorcio PORH Tota 21

A continuación, se muestra la tabla con las coberturas de uso de suelo que tiene la cuenca Lago de Tota, se observa que puede ser una zona poco intervenida por el hombre, la presencia de vegetación de páramo y subpáramo con el 49.3% puede afianzar este análisis, además se observa alta presencia de ganadería por los pastos correspondiente al 15%. (CORPOBOYACÁ, 2011).

Tabla 54 Oferta Cobertura de Uso de suelo cuenca del Lago de Tota

Cobertura	Suma de AREA (ha)	Porcentaje
ARBUSTOS Y MATORRALES	9.327614	0.04%
BOSQUE NATURAL FRAGMENTADO	50.766636	0.23%
BOSQUE PLANTADO	378.643223	1.68%
CULTIVOS	1578.404362	7.02%
LAGUNAS, LAGOS Y CGAS NATURALES	5539.771609	24.64%
PASTOS	3369.988007	15%
PASTOS LIMPIOS	421.756295	1.87%
TEJIDO URBANO DISCONTINUO	46.300642	0.20%
VEGETACION DE PARAMO Y SUBPARAMO	11084.16701	49.30%
Total general	**22479.1254**	

Fuente: Plan ordenación forestal de Corpoboyacá, 2011

Figura 92 Zonificación Cobertura Uso de suelo en la cuenca del Lago de Tota

Fuente: Plan ordenación forestal de Corpoboyacá 2011, modificado por el Consorcio PORH Tota 21

2.1.5.2.1.9.1 FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL

Según el Plan de Ordenación Forestal de Corpoboyacá, el acueducto rural se presta al 34.7% de los habitantes. Siendo Sogamoso el décimo municipio en cobertura de acueducto rural con el 45% como parte representativa de la cuenca del Lago de Tota. Las condiciones de cobertura de alcantarillado rural en la jurisdicción de Corpoboyacá no son las adecuadas, ya que el servicio se presta muy localmente y en muy pocos municipios; El municipio de Sogamoso es el segundo municipio con mayor porcentaje de cubrimiento en alcantarillado rural con el 45%. Para el alcantarillado urbano, se realiza las descargas directamente a fuentes de agua o en algunos casos en los alcantarillados municipales para quienes cuentan con el servicio. (CORPOBOYACÁ, 2011).

2.1.5.2.2 Instrumentos de administración

2.1.5.2.2.1 Esquema de ordenamiento territorial (EOT) Municipio de Aquitania

2.1.5.2.2.1.1 OFERTA

El municipio de Aquitania tiene una amplia red hidrológica que forma parte de las cuencas de los ríos Cravo Sur, Cusiana, Lengupá y Upía, además de un sistema de drenaje directo a la laguna de Tota, por lo cual se considera ésta como una cuenca separada, dada la importancia regional de la laguna. Hacer la clasificación en unidades hídricas menores se trabajó en función de área, definiendo como subcuencas las unidades con más de 5000 hectáreas y como microcuencas aquellas con menos de 5000 hectáreas.

Dada la importancia regional y nacional del Lago se consideró prudente tomar por separado la cuenca de drenaje directo. El área es de 8.437 hectáreas y ocupa el 9.33% del territorio. Se encuentra en las veredas de Hato Laguna, Susaca, Cajón, Vargas, Hato Viejo, Quebradas, Tobal, Perez, Daitó y Suse. En el municipio de Aquitania alimentan el caudal hídrico de la laguna de Tota el río Olarte, el cual es desviado hacia esta cuenca artificialmente. Las quebradas: Hatolaguna, Los Pozos (Los Corales, Zapatero, San Antonio, Aguablanca), Mugre y del Río Tobal. Cabe relevar que la microcuenca de la Quebrada Hatolaguna es compartida con el municipio de Sogamoso el cual tiene jurisdicción en el sector alto de la microcuenca, utilizado con fines agropecuarios principalmente. La mayoría de las quebradas son aportantes de la laguna sólo en épocas húmedas y ocupan las zonas más erosionadas del municipio. Actualmente la cuenca se encuentra siendo utilizada en cultivos de cebolla en la parte plana y en las partes onduladas. Se encuentran pastos naturales que sobrepasan las alturas de los 3.600 metros, cultivos limpios de papa y arveja, los cuales ocupan áreas hasta los 3.500 metros sobre el nivel del mar.

Los conflictos por el uso del suelo son altos y muy altos en aquellas zonas de uso potencial protector y que hoy son utilizadas como cultivos y potreros. La utilización de los recursos naturales en la cuenca no es sostenible, ni ambientalmente, ni económica, ni socialmente, razón por la cual se debe realizar amplios esfuerzos con propietarios de terrenos y autoridades municipales y ambientales para buscarle una salida económica que haga más armónico el uso del suelo y disminuya la alta contaminación de las aguas de la laguna provenientes de los cultivos de cebolla, recupere coberturas de bosques protectores en zonas de recarga de acuíferos y disminuya la erosión en terrenos pendientes que deben ser protegidos con cobertura vegetal. (Alcaldia de Aquitania, 2000).

2.1.5.2.2.2 Esquema de ordenamiento territorial (EOT) Municipio de Cuitiva

2.1.5.2.2.2.1 OFERTA

La red hidrográfica del municipio está comprendida por la microcuenca del río Tota (afluente del río Pesca), la microcuenca de la quebrada El Gonce y la microcuenca de la Laguna de Tota, donde convergen innumerables drenajes que nacen en los páramos de Aquitania y Tota. Debido a las características del clima variado y el relieve, la red hidrográfica es muy diversificada. En el centro y oriente del municipio abundan las quebradas que generalmente se unen entre sí para desembocar a cursos mayores de caudal permanente y abundante que finalmente desaguan al Río Tota gran colector de aguas del área, mientras que otras corrientes fluyen al Laguna de Tota. El municipio cuenta con un potencial hídrico importante ya que forma parte de la cuenca hidrográfica de la Laguna de Tota, una de las fuentes del recurso más importantes no sólo en el ámbito regional sino nacional. (CORPOBOYACÁ, 1999)

2.1.5.2.2.2.2 DEMANDA

La fuente principal para el abastecimiento de agua potable dentro del municipio de Cuítiva es el Lago de Tota, la captación se realiza a través bocatomas localizadas en el sector conocido como El Túnel, sector en el cual se localizan otros sistemas de captación que son utilizados como fuente de agua para los municipios cercanos e industrias (Tota, Iza, Firavitoba, Sogamoso, Nobsa, Acerías Paz del Río y Cementos Boyacá). Dentro de las veredas de La Vega, Lagunitas, Arbolocos, y el centro son abastecidos por El Túnel, son pequeños acueductos considerados como distritos de riego que sirven como surtidores de agua para los cultivos, pastos, bebederos de ganado y para el consumo humano. El Acueducto del sector llano Alarcón se abastece de la Laguna de Tota. Las veredas que no poseen un acueducto veredal pero que por su jurisdicción cruza alguna tubería que va hacia los municipios o industrias cercanas, el tubo de conducción es ranurado o chuzado para extraer el líquido y ser utilizado en las diferentes necesidades.

En el municipio el servicio del agua y alcantarillado es económico, esta es una de las razones del despilfarro de agua, práctica común en los habitantes del pueblo, no hay una cultura del agua en cuanto, conservación y mantenimiento del recurso, lo que contribuye al uso inadecuado de este servicio. (CORPOBOYACÁ, 1999).

2.1.5.2.2.2.3 CALIDAD

El sector veredal del municipio presenta deficiencias en el sistema de evacuación de aguas servidas, para el vertimiento se tiene como solución los pozos sépticos los cuales tienen cobertura de tan solo el 19.7 % del total de las viviendas, el resto vierten las aguas residuales a los cultivos, potreros o caños menores, no existe una capacitación dirigida a los habitantes para el tratamiento y disposición final de esta agua.

Por otra parte, algunos pobladores acuden a los ríos quebradas, nacederos manantiales o a la laguna de Tota, a realizar diferentes actividades, lo utilizan como bebederos para el ganado produciendo contaminación en el agua, luego es utilizada para el consumo. El casco urbano presenta un cubrimiento del 51.4 % en el sistema de alcantarillado para la conducción de aguas lluvias y servidas pero su deficiencia se presenta en el diámetro de la tubería, en el mantenimiento y vertimiento final, ya que son arrojado a la quebrada el gonce sin ningún tipo de tratamiento previo. El alcantarillado no tiene un ente que lo administre ni reglamento de uso, ni lista de suscriptores, no tiene definido el perímetro de funcionamiento.

En las viviendas rurales no hay servicio de recolección de basuras no hay ningún tipo de reciclaje, los desperdicios y desechos formados por elementos biodegradables y no biodegradables son los que dan origen a la producción de residuos sólidos, estos desperdicios que generan los habitantes son expuestos al aire libre o en última instancia quemados, produciendo malos olores y contaminación del medio ambiente. (CORPOBOYACÁ, 1999).

2.1.5.2.2.3 Plan de ordenamiento territorial (EOT) Municipio de Sogamoso

2.1.5.2.2.3.1 DEMANDA

El municipio de Sogamoso se abastece de dos fuentes de agua principalmente, el Lago de Tota y el río Tejar. La captación del Lago de Tota es conducida por gravedad en tubería de 14 y 16 pulgadas, almacenada en

dos tanques de concreto con capacidad de 1.000 y 2.000 m3 respectivamente; localizados en la vereda La Villita Malpaso donde además es sometida a tratamiento en la Planta Chacón e inyectada a la red de distribución del Municipio en un volumen de 207.360 m3/día. La segunda captación se realiza a 3.200 msnm aprox. en el río Tejar con sus afluentes principales las quebradas Los Colorados, La laguna y Llano Grande en el sector continuo al cerro Pico de Loro (zona de páramo); de allí es conducida hasta el tanque de almacenamiento y Planta de tratamiento, ubicados en la vereda Morcá conocido como acueducto El Mode, este surte de agua al área nororiental del Municipio. El caudal de llegada es insuficiente en época de verano. El Lago de Tota está afectado por la invasión de terrenos con cultivos de cebolla lo cual ocasiona problemas de contaminación con residuos provenientes de la fumigación y abonado de las plantaciones, además recibe las aguas residuales de la población de Aquitania y las veredas circundantes. (Alcaldia de Sogamoso, 2016).

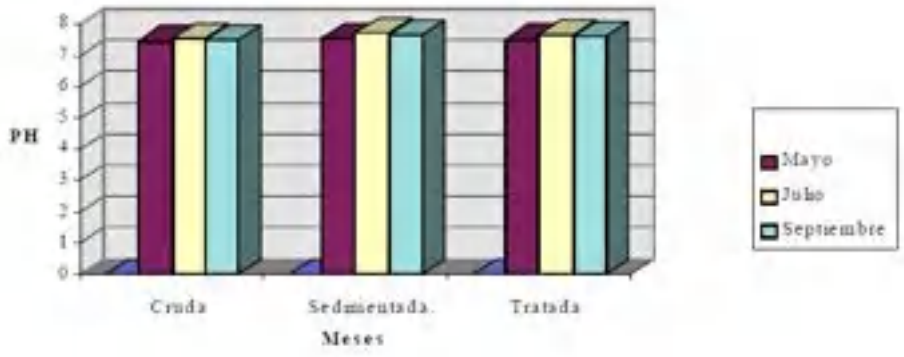
2.1.5.2.2.3.2 CALIDAD

El agua es un recurso natural fundamental porque condiciona la vida de todos los ecosistemas. Además, constituye un recurso al cual se vincula íntimamente el proceso de desarrollo en sus diferentes manifestaciones. Por ello, la planificación y administración de los recursos hídricos es una actividad básica para la gestión y ordenamiento territorial dentro de un proceso de desarrollo sustentable. En la región de Sogamoso, el agua tiene niveles adecuados de precipitación, pero la escasa cobertura vegetal nativa existente que regula el flujo hídrico no alcanza a soportar esta función, por lo que se encuentran en algunos sectores rurales, especialmente, altos déficits de este recurso tanto para riego como para consumo humano. Al comparar demandas futuras y disponibilidades, aparecen áreas altamente deficitarias, lo cual limita el desarrollo posterior de las mismas. (Alcaldia de Sogamoso, 2016).

En la Planta Chacón se toman muestras de agua para análisis cada tres días hábiles y se realiza análisis en el laboratorio. De la segunda captación, río Tejar acueducto el Mode, se toman dos muestras mensuales para análisis bacteriológico y físico – químico y se proyecta implementar muestreos en períodos más cortos.

En las siguientes figuras se muestran los resultados de los análisis de pH, turbiedad y dureza, promedios de 12 análisis de agua cruda, sedimentada y tratada realizados a muestras de agua en la Planta de tratamiento Chacón en los meses mayo, julio y septiembre; datos suministrados por COSERVICIOS S.A.

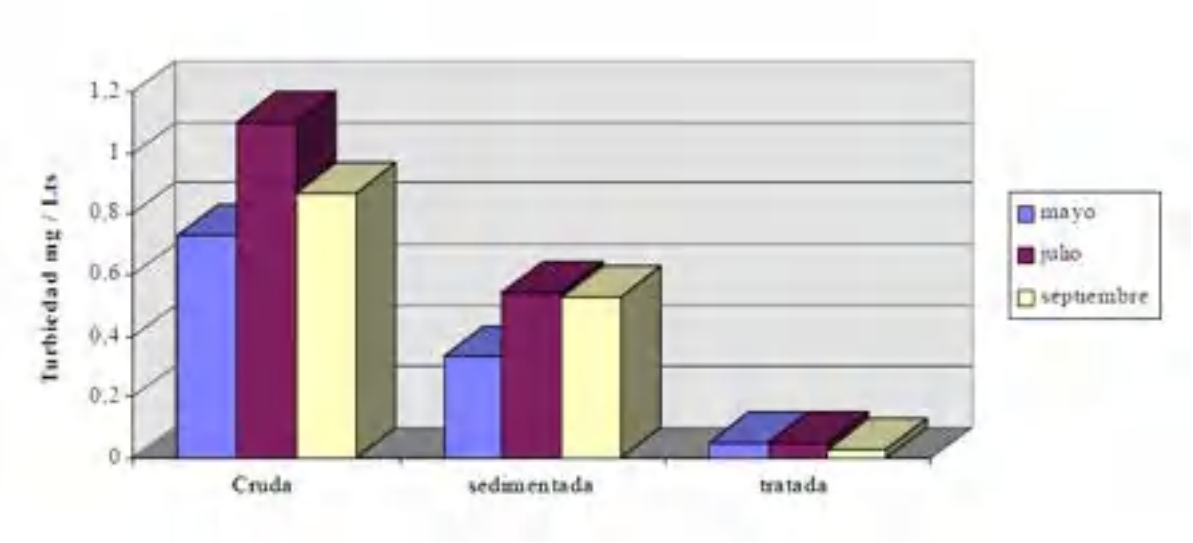
Figura 93 Resultados de análisis pH.



Fuente: Plan ordenamiento territorial Sogamoso, 2016

Los análisis de Ph realizados en planta de tratamiento acueducto Chacón se encuentran dentro de lo permisible por la normatividad para el consumo de agua potable (permisible entre 6.5 y 9, ideal 7).

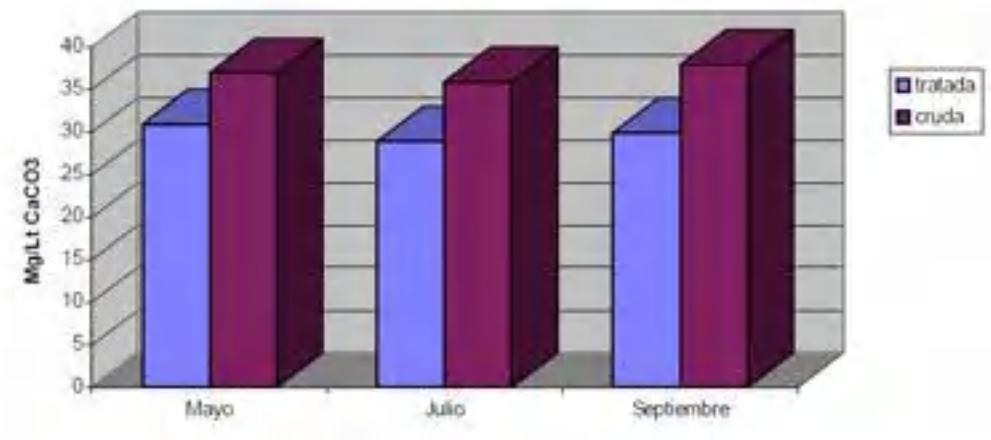
Figura 94 Resultados de analisis Turbiedad.



Fuente: Plan ordenamiento territorial Sogamoso, 2016

Los valores de Turbiedad realizados en la planta de tratamiento acueducto Chacón para agua tratada se encuentran dentro de la normatividad para calidad de aguas de consumo humano.

Figura 95 Resultados de análisis Dureza total



Fuente: Plan ordenamiento territorial Sogamoso, 2016

La dureza total se encuentra dentro de los límites permisibles para aguas de consumo humano que oscilan entre 30 a 50 mg/lt de CaCO3. Los resultados de los demás parámetros físico – químicos considerados en la evaluación de calidad del agua se muestran en la Tabla 55.

Tabla 55 Resultados análisis físico – químicos de agua, acueducto Chacón.

Parámetro	Resultado obtenido	Valor admisible.
Color	5 up	15 up
Hierro Total	0.01 mg/lt	0.3 mg/lt
Cloruros	5.3 mg/lt	250 mg/lt
Sulfatos	4.4 mg/lt	250 mg/lt
Cloro residual	0.75 mg/lt	lt

Fuente: Plan ordenamiento territorial Sogamoso, 2016

El área rural y suburbana se abastece en parte de los acueductos antes mencionados y de los nacimientos, aljibes y corrientes superficiales. Se tomaron muestras de aguas del río Monquirá, quebradas Las Torres y El Pedregal con el objetivo de determinar sus propiedades físico – químicas principales.

Tabla 56 Cuadro resumen de los análisis físico químicos, sector rural.

		SITIO DE MUESTRA				
PARAMETRO	UNIDAD	Quebrada Las Torres		Q. PEDREGAL	Rio Monquira	NORMA
		La Ramada	Sector Pozos			Decreto 1594/84
Sólidos Totales	mg/l	61,00	48,60	0,17	0,23	200-1500
Sólidos Suspensión	mg/l	22,00	10,00	0,10	0,14	
Sólidos Sedimentables	mg/l	36,00	30,00	0,08	0,09	
PH		7,53	6,57	7,12	7,45	6,5-8,5
Oxigeno Disuelto	mg/l	4,11	5,46	5,21	6,20	
Acidez	mg/l	15,00	18,00	0,00	0,01	
Dureza Total	mg/l	689,00	30,00	45,00	85,00	500
Hierro Total	mg/l	0,24	0,01	0,27	0,31	0,3

Fuente: Plan ordenamiento territorial Sogamoso, 2016

2.1.5.2.2.4 Esquema de ordenamiento territorial (EOT) Municipio de Tota

2.1.5.2.2.4.1 OFERTA

La red hidrográfica del municipio está conformada por el micro cuenca del río Tota (afluente del río Pesca), la micro cuenca del río Negro, la micro cuenca de la quebrada San Pedro y la micro cuenca de la Laguna de Tota, donde convergen innumerables drenajes que nacen en los páramos de Aquitania y Tota.

Debido a las características del clima variado y el relieve ondulado, la red hidrográfica es diversa; en el centro y occidente del municipio abundan las quebradas que generalmente se unen entre sí para desembocar a cursos mayores de caudal permanente y abundante, que finalmente confluyen al Río Tota el mayor drenaje del área, mientras que otras corrientes fluyen a la Laguna de Tota. El municipio cuenta con un potencial hídrico importante ya que forma parte de la cuenca hidrográfica de la Laguna de Tota, una de las fuentes del recurso más importantes no sólo en el ámbito regional sino nacional, además, posee un sistema de páramos que comparte con los Municipios de Aquitania y Zetaquira, el cual actúa como regulador constante de agua; este sistema se extiende hacia el suroriente del municipio a través de las Veredas de Ranchería y Corales.

Los micros cuencas en materia de ordenamiento territorial deben ser útiles para la planificación del territorio utilizando sus límites como áreas de planificación que pueden comportar características sociales y económicas similares y las relaciones y tensiones ante un territorio compartido. Uno de los principales desafíos de este ordenamiento está en materia hídrica, en la medida que se deben dotar las fuentes con sus respectivas franjas y rondas de protección y construir una normativa territorial clara que impida las violaciones de las zonas de reserva y protección ambiental y otorgar a la administración municipal los instrumentos necesarios para hacer respetar los cuerpos de agua impidiendo en especial el pastoreo de ganado, la captación ilegal y la disposición indiscriminada de vertimientos. (Alcaldia de Tota, 2015).

2.1.5.2.2.4.2 DEMANDA

El agua en Tota se usa para consumo doméstico y para riego de cultivos. El primero registra un consumo máximo en la cabecera municipal y en las veredas Ranchería, El Tobal y La Puerta, que cuentan con acueductos propios.

La fuente de abastecimiento de agua para el casco urbano proviene de la Laguna de Tota que a través de la bocatoma El Túnel localizada en la Vereda Boquerón del Municipio de Cuítiva, suministra el recurso por gravedad a través de una tubería de 4 pulgadas de diámetro, que llega a un tanque de almacenamiento con un volumen aproximado de 100 metros cúbicos y mediante un sistema de tratamiento de filtros lentos se potabiliza, para luego ser distribuido por la red de acueducto municipal.

A pesar de la relativa abundancia del recurso en el área territorial, todavía no toda la población tiene acceso al recurso por lo menos por medio de un sistema básico de prestación (80% aproximadamente) tiene acceso a éste, ya sea para labores domésticas o agropecuarias. En las labores agropecuarias, el agua se usa para

el riego de cultivos de papa, haba, arveja, trigo, cebada y el mantenimiento de algunos sectores ganaderos. Sin embargo, la población hace mal uso del recurso, pues cuando este es destinado para consumo doméstico, se realizan labores de riego y cuando es de uso agropecuario, no se utiliza la tecnología apropiada, generando desperdicios significativos, erosión laminar y escurrimiento del suelo, a lo que se suma que las zanjas de conducción y distribución favorecen la pérdida del recurso en un 50%.

En las partes alejadas de los nacederos, fuentes y/o corrientes de agua, se deben construir reservorios que garanticen que los usuarios tengan el recurso a mano para el desarrollo de sus actividades agropecuarias.

Existen muy pocos reservorios para el manejo del agua, los bosques reguladores del recurso hídrico desaparecieron, algunas lomas y márgenes de quebradas han sido reforestadas con pino y eucalipto, incluso en el páramo mismo, donde, además, se quema la vegetación natural, se tala el bosque de Colorados para leña y se cambia el Frailejón por papa. Por todo lo anterior, es preciso conservar las fuentes de agua llámense, nacimientos, cañadas ojos, etc. La mejor manera es reforestando con especies nativas, de tal forma que los cauces estén protegidos, y sean corredores de vida que conecten las partes planas con las montañas. Por ningún motivo se puede sembrar eucalipto, pino o ciprés, dado que son especies que no retienen los suelos, consumen mucha agua, resecan los suelos y limitan el crecimiento de otras plantas.

La situación actual de los nacimientos de agua es crítica si se tiene en cuenta que la presión sobre los bosques nativos es alta, debido a la expansión de la frontera pecuaria, y la baja aptitud del suelo para conservar cobertura vegetal tipo bosque en la gran mayoría del municipio, complementado con la falta de programas y acciones claras de parte de la comunidad y las administraciones municipales. (Alcaldia de Tota, 2015).

2.1.5.2.2.4.3 GOBERNABILIDAD

El Lago de Tota como uno de los ecosistemas y una de las fuentes hídricas de mayor importancia a nivel latinoamericano, ha generado la creación de varias organizaciones en particular de ambientalistas, sin embargo, estas organizaciones no son propias ni exclusivas del municipio de Tota, si no de los municipios de la jurisdicción del lago. Por otro lado, los habitantes de la vereda la puerta, de manera individual han actuado como agentes protectores del Lago de Tota y hoy en día existe mayor conciencia ambiental por parte

de los habitantes, sin embargo, las condiciones propias de la vida rural impiden actuaciones sostenibles tales como la permanece la quema indiscriminada de basuras, tala de árboles para la preparación de alimentos y extensión de la frontera agrícola en periodos en que las condiciones económicas de la cebolla y la papa son favorables. (Alcaldia de Tota, 2015).

2.1.5.2.2.5 Plan de desarrollo municipal de Aquitania

El Plan de Desarrollo es un instrumento mediante el cual los municipios formulan de manera organizada y estructural la ejecución de los programas y proyectos para el período constitucional.

El plan de desarrollo del municipio de Aquitania tiene su fundamento filosófico e institucional en la obligación jurídica y administrativa de formular, armonizar y adoptar el Plan de Desarrollo municipal como principales instrumentos de planificación territorial y herramienta de seguimiento y control de la gestión pública.

Para el año 2018 la cobertura de recolección de basuras en el área urbana correspondía al 90,1% y para el área rural al 2,2%. Para este mismo año se identificó en la zona rural inadecuada disposición y quema de residuos sólidos. (Alcaldia de Aquitania, 2020).

Según el plan de desarrollo del municipio de Aquitania, la producción agrícola está definida por cultivos de cebolla junca o larga en su mayor porcentaje, arveja, haba, papa, papa criolla, fresa y en la zona sur se cultiva café y frutas silvestres. En el sector pecuario se explota la ganadería de tipo extensivo en potreros localizados en zonas de páramo. (Alcaldia de Aquitania, 2020)

2.1.5.2.2.5.1 FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL

Según el plan de desarrollo del municipio de Aquitania (2020-2023), la cobertura para acueducto y alcantarillado es de 73.2% y 38% respectivamente para el año 2018 (DNP).

La cobertura de acueducto en la zona urbana es de 100% en la actualidad, mientras que en la zona rural es de 59,6% (existen 34 acueductos veredales). La prestación del servicio de acueducto en la zona rural es deficiente en la medida que los ciudadanos han optado por sistemas de autoabastecimiento y para esto solicitan concesiones individuales.

El sistema de acueducto actual capta sus aguas en tres sitios diferentes, el primero corresponde a la quebrada Machito, el segundo punto de captación corresponde al nacimiento El Salvial y el tercer punto corresponde al Lago de Tota, este capta el agua mediante sistema de bombeo.

Según el plan de desarrollo del municipio de Aquitania, el sistema de alcantarillado está dispuesto siguiendo la tendencia topográfica hacia el lugar destinado para la planta de tratamiento de agua residual PTAR, sin embargo, ésta se encuentra en construcción, es decir, no se está realizando el tratamiento correspondiente. El sistema de alcantarillado existente es un sistema combinado (no hay separación entre las aguas residuales y las aguas pluviales). (Alcaldia de Aquitania, 2020).

2.1.5.2.2.6 Plan de desarrollo municipal de Cuitiva

El Plan de Desarrollo es un instrumento mediante el cual los municipios formulan de manera organizada y estructural la ejecución de los programas y proyectos para el período constitucional.

El plan de desarrollo municipal “Alma, Vida y Corazón Cuitivense” es un instrumento destinado a orientar, regular y promover todas las actividades en los sectores social, económico, ambiental e institucional, en

procura del mejoramiento de las condiciones y de calidad de vida de los habitantes del Municipio de Cuítiva-Boyacá.

La recolección de residuos sólidos se realiza en el casco urbano, en 9 sectores aledaños del municipio (Llano de Alarcón, El crucero, El batán, Camino real, Bigday de Cameron, Rancho Tota, Reserva natural Pueblito antiguo y los hoteles Genesis) y en las viviendas que están sobre la ruta de recolección. La recolección de residuos sólidos se realiza en la volqueta del municipio.

Según el plan de desarrollo el municipio de Cuítiva es netamente agricultor, en donde se destacan los cultivos de papa, arveja, cebolla, nabos y hortalizas. Sin embargo, a pesar de no ser muy habitual algunos habitantes han incursionado en cultivos alternativos como fresa, uchuva y gulupa. La ganadería también predomina en gran parte del municipio.

La explotación de madera presente en este territorio es proveniente de la tala de árboles de eucalipto y pino, el problema central radica en la inexistencia de una licencia de explotación forestal. (Alcaldia de Cuítiva, 2020).

2.1.5.2.2.6.1 FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL

Según el plan de desarrollo del municipio de Cuítiva (2020-2023), la cobertura para acueducto, alcantarillado y aseo en cantidad de suscriptores es de 831,146 y 146 respectivamente para el año 2018 (Alcaldia de Cuítiva, 2020).

En el caso de la cobertura de alcantarillado gracias al plan maestro de acueducto y alcantarillado y al manejo de vertimientos PSMV se redujo de 7 a 2 en el casco urbano, dichos vertimientos hacen su descarga en la quebrada San Calletano. Sin embargo, el sector de Llano de Alarcón en donde el sistema de alcantarillado hace su descarga en un filtro verde, garantizando el tratamiento básico a la disposición de estas aguas. (Alcaldia de Cuítiva, 2020).

2.1.5.2.2.7 Plan de desarrollo municipal de Sogamoso

El Plan de Desarrollo es un instrumento mediante el cual los municipios formulan de manera organizada y estructural la ejecución de los programas y proyectos para el período constitucional.

El plan de desarrollo del municipio de Sogamoso constituye el mapa de ruta que guiará el desarrollo de la Alcaldía de Sogamoso para cumplir los propósitos que se ha trazado. Con la certeza de encaminar al Municipio hacia el cumplimiento de los fines del Estado Colombiano, servir a la comunidad y en general maximizar el nivel de calidad de vida de los ciudadanos y ciudadanas de Sogamoso.

El Municipio cuenta con un Relleno Sanitario regional llamado Terrazas del Porvenir de propiedad de COSERVICIOS S.A. ESP., en donde se realiza la disposición final de residuos sólidos domiciliarios producidos en la ciudad de Sogamoso y 42 Municipios más. Según el plan de desarrollo en el municipio de Sogamoso, se sobreexplota el suelo para ganadería, minería y agricultura. Además, posee 5.942 hectáreas

en el ecosistema de páramo. Su existencia mantiene el equilibrio ecológico y contribuye con la conservación de la oferta hídrica. (Alcaldia de Sogamoso, 2020)

2.1.5.2.2.7.1 FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL

Según el plan de desarrollo, el municipio de Sogamoso cuenta con sistema de acueducto que cobija el 100% de la zona urbana y el 63,21% de la zona rural. En la zona urbana el sistema esta divido en 3 plantas de tratamiento:

- "La planta de tratamiento de la compañía de servicios públicos de Sogamoso "COSERVICIOS" S.A.E.S.P "Planta Sur", se encuentra ubicada en el Municipio de Cuítiva, la cual capta de la Laguna de Tota, surtiendo agua a 2.626 suscriptores equivalente a 10.504 habitantes. La planta de Tratamiento tiene una capacidad para tratar 90 L/seg de los cuales se tratan 50 L/seg y cuenta con una longitud de red de 19 km."
- "Planta de tratamiento de la compañía de servicios públicos de Sogamoso "COSERVICIOS" S.A.E.S.P "El Chacón", se encuentra ubicada en el barrio la Villita de la ciudad de Sogamoso, capta de la Laguna de Tota, surtiendo agua a 39.038 suscriptores equivalente a 156.152 habitantes. La planta de Tratamiento tiene una capacidad para tratar 390 L/seg de los cuales se tratan 290 L/seg y cuenta con una longitud de red de 293 km."
- "La planta de tratamiento de la compañía de servicios públicos de Sogamoso "COSERVICIOS" S.A.E.S.P "El Mode", se encuentra ubicada en la vereda Morca, la cual captan del rio Tejar y Pozo la Esperanza, surtiendo agua a 1.121 suscriptores equivalente a 4.484 habitantes. La planta de Tratamiento tiene una capacidad para tratar 30 L/seg de los cuales se tratan 15 L/seg y cuenta con una longitud de red de 75 km."

Y en la zona rural el sistema esta divido en 5 plantas de tratamiento:

- "La planta de Tratamiento de la Junta Administradora del Acueducto Las Cañas, se encuentra ubicada en la vereda Las Cañas, la cual captan el agua de la laguna de Siscunsí. La planta de Tratamiento tiene una capacidad para tratar 2,8 L/seg y cuenta con una longitud de red de 7,7 km"
- "La planta de Tratamiento de la Junta Administradora del Acueducto Acuecintas, se encuentra ubicada en la vereda Las Cintas 1, la cual captan del Nacimiento el Tobo. La planta de Tratamiento tiene una capacidad para tratar 1,0 L/seg y cuenta con una longitud de red de 6 km"
- "La planta de Tratamiento de la Junta Administradora del Acueducto Agua Clara Carbonera, se encuentra ubicada en la vereda Las Cintas 2, la cual captan del Nacimiento Agua Clara. La planta de Tratamiento tiene una capacidad para tratar 0,8 L/seg y cuenta con una longitud de red de 2,2 km"
- "La planta de tratamiento del acueducto de las veredas primera y segunda chorrera, se encuentra ubicada en el sector Santa Helena, la cual captan de la Quebrada Manavieja. La planta de Tratamiento tiene una capacidad para tratar 10 L/seg de la cual se trata 7 lts/seg y cuenta con una longitud de red de 31 km."

- “La planta de tratamiento de la junta administradora del acueducto pedregal, se encuentra ubicada en la vereda Pedregal Alto, la cual captan de la Quebrada El Hoyo. La planta de Tratamiento tiene una capacidad para tratar 5,4 L/seg y cuenta con una longitud de red de 5,9 km.”

El municipio cuenta con sistema de alcantarillado que cobija el 100% de la zona urbana y menos del 30% de la zona rural (implementando pozos sépticos). La planta de tratamiento de agua residual PTAR no realiza el tratamiento de las aguas recolectadas por el sistema de alcantarillado por lo tanto el porcentaje de agua tratada es del 0%.

2.1.5.2.2.8 Plan de desarrollo municipal de Tota

El Plan de Desarrollo es un instrumento mediante el cual los municipios formulan de manera organizada y estructural la ejecución de los programas y proyectos para el período constitucional.

El plan de desarrollo municipal “Tota por un futuro proactivo” es un instrumento destinado a orientar, regular y promover todas las actividades en los sectores social, económico, ambiental e institucional, en procura del mejoramiento de las condiciones y de calidad de vida de los habitantes del Municipio de Tota-Boyacá.

2.1.5.2.2.8.1 FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL

Según el plan de desarrollo del municipio de Tota (2020-2023), la cobertura de acueducto en la zona urbana esta administrada por la Unidad de Servicios Públicos, se presta el servicio para el 100% de sus habitantes. Para la zona rural la cobertura de acueducto es administrada por las juntas de las asociaciones de acueductos en cada una de las veredas y se presta el servicio para el 98% de sus habitantes.

La cobertura del sistema de alcantarillado en la zona urbana es del 20,91%, sin embargo, se realizan dos descargas sin ningún tratamiento previo, una a la quebrada Tota o Cordoncillo y la otra a un predio de aguas. En la zona rural, la cobertura del sistema de alcantarillado es del 0% ya que no se cuenta con este sistema en ninguna de las veredas. Los habitantes cuentan con pozos sépticos en sus viviendas.

Según el plan de desarrollo el municipio de Tota es netamente agricultor (cebolla, papa, arveja, cebada, trigo, habas y zanahoria), ganadero y piscicultor. En donde 2081 hectáreas se destinan a producción agropecuaria y el área de bosques es de 4598 hectáreas. (Alcaldia de Tota, 2020).

2.1.5.2.2.9 Resolución 1174 de 2009

"Por la cual se fija el periodo de facturación, cobro y recaudo de la tarifa mínima de la tasa retributiva en las cuencas de los ríos Suárez, Lengupá, Minero, Cañe - Iguaque, Lago de Tota y Magdalena de la jurisdicción de CORPOBOYACÁ."

Según la Resolución 1174 de 2009, la Corporación Autónoma Regional de Boyacá, CORPOBOYACA, resolvió establecer un periodo de facturación trimestral a partir del 1 de octubre del año 2009, en donde la tasa retributiva de cobro depende de la carga contaminante total vertida en las cuencas de los ríos Suarez,

Lengupá, Minero, Cañe-Iguaque, Lago de Tota y Magdalena de la jurisdicción de CORPOBOYACA. Esto para contribuir al control de contaminación hídrica de las cuencas ya citadas. (CORPOBOYACA, 2009).

2.1.5.2.2.10 Resolución 1539 de 2012

"Por medio de la cual se reglamenta el uso del recurso hídrico de las corrientes pertenecientes a las microcuencas Los Pozos, Hatolaguna, Olarte y Tobal, afluentes del Lago de Tota y las derivaciones del mismo a través de motores eléctricos u otros combustibles."

Reglamentar el uso del recurso hídrico de las corrientes pertenecientes a las microcuencas Los Pozos, Hatolaguna, Olarte y Tobal, afluentes del Lago de Tota y las derivaciones del mismo a través de motores eléctricos u otros combustibles, para tal efecto se otorga concesión de aguas superficiales a los usuarios relacionados en la resolución (CORPOBOYACÁ, 2012).

2.1.5.2.2.11 Acuerdo 005 de 2012

"Por medio del cual se adopta el plan de manejo del Parque Natural Regional Unidad Biogeográfica Siscunsí – Ocetá."

Adoptar el plan de manejo del Parque Natural Regional Unidad Biogeográfica Siscunsí - Ocetá cuya área total corresponde a 49.793.51 hectáreas en los Municipios de Sogamoso, Aquitania, Monguí y Mongua, dentro de los linderos establecidos en el artículo 1 del Acuerdo 12 del 26 de agosto de 2011 proferido por CORPOBOYACA Según el plan de manejo del Parque Natural Regional Unidad Biogeográfica Siscunsí - Ocetá para cada una de las zonas de manejo, definidas por el artículo 2 del Acuerdo 12 del 26 de agosto de 2011 proferido por CORPOBOYACA; se establecen las siguientes líneas temáticas, programas y proyectos: (CORPOBOYACÁ, 2012).

ZONA DE PRESERVACIÓN, con un área de 44.563,31 hectáreas.
PROGRAMA 1: ADMINISTRACIÓN Y OPERACIÓN DEL PNR SISCUNSÍ - OCETÁ

1. Adecuación de infraestructura básica para la administración del parque
2. Consolidación y operación del Comité Administrador del Área Protegida

PROGRAMA 2: GUARDAPARAMOS COMUNITARIOS

3. Conformación y operación de una red de Guardapáramos Comunitarios

PROGRAMA 3: MONITOREO Y CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

4. Monitoreo de especies amenazadas de fauna silvestre.

5. Manejo y conservación de vegetación de páramo.

PROGRAMA 4: MONITOREQ Y MANEJO DE HUMEDALES DE ALTA MONTAÑA

6. Caracterización y monitoreo de humedales de alta montaña.
7. Formulación, concertación e implementación de planes de manejo.

PROGRAMA 5: SENSIBILIZACIÓN Y EDUCACIÓN AMBIENTAL

8. Proyecto Regional de Educación Ambiental No Formal
9. Proyecto de Apoyo y Promoción a Proyectos Ambientales Escolares PRAES

PROGRAMA 6: REGISTRO Y MANEJO PREDIAL EN EL PNR SISCUNSÍ OCETÁ

10. Registro clarificación y legalización predial en el PNR Siscunsí - Ocetá.
11. Adquisición y manejo de predios

ZONA DE RESTAURACIÓN, con un área de 3.623,83 hectáreas.

PROGRAMA 7: RESTAURACIÓN CON PARTICIPACIÓN COMUNITARIA

12. Apoyo y Fortalecimiento de Viveros Comunitarios de Especies Nativas
13. Restauración de Áreas Prioritarias con Participación Comunitaria

PROGRAMA 8: AISLAMIENTO Y MANEJO DE ÁREAS ESTRATÉGICAS

14. Aislamiento de Predios Adquiridos por los Municipios
15. Identificación y Aislamiento de Nacimientos Hídricos Prioritarios

ZONA DE USO SOSTENIBLE, con un área de 1.606,37 hectáreas

PROGRAMA 9: USO AGROPECUARIO SOSTENIBLE

16. Desarrollo de Agricultura Sostenible en áreas de conflicto
17. Reconversión de ganadería extensiva en áreas de conflicto

PROGRAMA 10: DESARROLLO ECOTURISTICO

18. Ecoturismo con participación comunitaria

2.1.5.2.2.12 Resolución 1088 de 2014

"Por medio de la cual se adoptan medidas para afrontar el Fenómeno del Niño en la Cuenca del Lago de Tota."

Debido al evento climático conocido como Fenómeno del Niño, los niveles del Lago de Tota se acercaron a los mínimos históricos que se han alcanzado. Y teniendo en cuenta que los usuarios que se benefician de las aguas del Lago de Tota, se presentaron los mismos tipos de uso, sin control de pérdidas y generando desperdicios por la falta de elementos de medición que permitan contabilizar el agua que utilizan y el deterioro que presentan las redes de distribución, la Corporación Autónoma Regional de Boyacá, CORPOBOYACA, resolvió:

Implementar acciones para reducir los consumos de agua, instalar sistemas de medición que permitan controlar el agua que se utiliza en las diferentes actividades, denunciar acciones irregulares que afecten la disponibilidad del recurso hídrico en su cauce natural, reducir el uso del agua para la actividad agrícola en un 30 % del caudal concesionado y ordenar que el riego se realice en horas de la noche para mitigar las pérdidas de agua por evaporación durante el día; restringir el uso industrial del recurso hídrico en un 85%

del promedio del caudal. Las asociaciones, juntas de acueducto y/o empresas de servicios públicos, deben verificar los consumos con el propósito de optimizar y priorizar su uso para consumo humano y doméstico. (CORPOBOYACA, 2014).

2.1.5.2.2.13 Resolución 2692 de 2014

"Por medio de la cual se declara en Ordenación la Cuenca Hidrográfica del Lago de Tota"

Según la Resolución 2692 de 2014, la Corporación Autónoma Regional de Boyacá, CORPOBOYACA, resolvió, dar inicio al proceso de ajuste al Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Lago de Tota, por ser el Instrumento a través del cual se realiza la planeación del uso coordinado del suelo, de las aguas, de la flora y la fauna y el manejo de la cuenca, entendido como la ejecución de obras y tratamientos, en la perspectiva de mantener el equilibrio entre el aprovechamiento social y económico de tales recursos y la conservación de la estructura fisicobiótica de la cuenca y particularmente del recurso hídrico. (CORPOBOYACA, 2014)

2.1.5.2.2.14 Resolución 3071 de 2014

"Por medio de la cual se ordena dar continuación a la revisión, actualización y modificación de la reglamentación de las aguas derivadas del Lago de Tota a través del Túnel de Cuitiva y se toman otras determinaciones".

Según la Resolución 3071 de 2014, la Corporación Autónoma Regional de Boyacá, CORPOBOYACA, resolvió, ordenar la continuación del proceso de revisión, actualización y modificación de la reglamentación del uso del recurso hídrico derivado del Lago de Tota a través de las estructuras del Túnel de Cuítiva. Asimismo, establecer una mejor distribución de las aguas de dicha fuente y garantizar su uso racional y sostenible, así como una mejor vigilancia y control sobre su aprovechamiento, teniendo en cuenta la relación oferta-demanda, el tipo y número de usuarios las clases de uso y características del recurso. (CORPOBOYACA, 2014).

2.1.5.2.2.15 Resolución 1310 de 2017

"Por medio de la cual se adoptan medidas para la protección del Lago de Tota"

Según la Resolución 1310 de 2017, la Corporación Autónoma Regional de Boyacá, CORPOBOYACA, resolvió, imponer a los piscicultores que desarrollan su actividad dentro del Lago de Tota, abstenerse de implementar sistemas de succión en el fondo de lago, para la recolección, extracción de excretas y residuos generado por la actividad piscícola. De tal manera que deben implementar el sistema de recolección, extracción, tratamiento y disposición final de las excretas y residuos de concentrado, mediante el empleo de colectores y demás componentes, esto para mejorar la operatividad del sistema y reducir el impacto ambiental al Lago de Tota. (CORPOBOYACA, 2017).

2.1.5.2.2.16 Resolución conjunta (CORPOCHIVOR 749 de 2021, CORPOBOYACÁ 1129 de 2021, CORPORINOQUIA 0693 de 2021)

"Por la cual se constituye la comisión conjunta del páramo Tota – Bijagual – Mamapacha y se adoptan otras disposiciones"

Según la resolución conjunta, la Corporación Autónoma Regional Chivor, CORPOCHIVOR, la Corporación Autónoma Regional de Boyacá, CORPOBOYACA y la Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia, CORPORINOQUIA, resuelven, constituir la comisión conjunta del páramo Tota – Bijagual – Mamapacha, para la gestión y manejo sostenible del ecosistema de páramo. Y que tiene como objetivo, concertar y armonizar el ordenamiento, manejo de zonificación y régimen de usos del del páramo Tota – Bijagual – Mamapacha. (CORPOBOYACA, CORPOCHIVOR, CORPORINOQUIA, 2021).

2.1.5.2.2.17 Resolución 421 de 2022

"Por medio de la cual se declara en ordenamiento el recurso hídrico del Lago de Tota y ríos Tobal, Olarte, Hato Laguna y las Quebradas La Mugre y Los Pozos (El Pozo), en jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá – Corpoboyacá".

Según la Resolución 421 de 2022, la Corporación Autónoma Regional de Boyacá, CORPOBOYACA, resolvió, declarar en ordenamiento el Recurso Hídrico del Lago de Tota y ríos Tobal, Olarte, Hato Laguna y las Quebradas La Mugre y Los Pozos (El Pozo), en jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá – Corpoboyacá, que discurren entre los municipios de Aquitania, Cuitiva y Tota en el departamento de Boyacá. (CORPOBOYACA, 2022).

2.1.5.2.3 Instrumentos o estudios de evaluación

2.1.5.2.3.1 Determinación espacio-temporal de la concentración de fósforo en el Lago de Tota

Según el estudio determinación espacio-temporal de la concentración de fósforo en el Lago de Tota, se determinaron las concentraciones de fósforo reactivo, hidrolizable y orgánico para los tres tipos de fósforo: filtrado, particulado y total. Se seleccionaron siete sitios de muestreo (La Mugre, El Tobal, Centro Lago, Playa Blanca, Los Pozos, El Túnel y Hato Laguna). El estudio se realizó en tres meses diferentes durante el segundo semestre del año 2003, en los meses de julio, septiembre y noviembre, esto para verificar si la pluviosidad seria factor determinante en la concentración de fósforo en el Lago de Tota.

Los lugares (La Mugre, El Tobal y Los Pozos) en donde las concentraciones de fósforo resultaron ser más altas tienen en común que son sitios en donde desembocan afluentes ricos en materia orgánica, procedentes de la escorrentía de los cultivos aledaños. La quebrada La Mugre recibe las aguas residuales del municipio de Aquitania sin ningún tratamiento previo. La concentración más baja de fósforo se encuentra en Centro Lago, sitio localizado hacia la mitad del lago.

El segundo muestreo realizado en septiembre arrojó la media de fósforo más alta. Este fenómeno se atribuye a la mayor pluviosidad registrada con respecto a los meses de julio y noviembre. Se hace presente de manera natural un lavado de suelos, lo que puede generar la saturación de estos y con ello una escorrentía superficial que llega finalmente a los afluentes o directamente al Lago de Tota.

También existen diferencias significativas de la concentración de fósforo entre los sitios del lago debido a la ubicación y a las diferencias en la profundidad de los sitios. Se observaron ligeras diferencias significativas en la concentración de fósforo en muestras tomadas de la superficie y muestras tomadas a diez metros de profundidad, debido a que el fósforo que se precipita tiene mayor dificultad para alcanzar la superficie y por lo tanto la concentración sea más baja. (Rubén D. Cordero, 2005).

2.1.5.2.3.2 Formulación de estrategias de planificación ambiental y sectorial en la cuenca del Lago de Tota, fundamentadas en los objetivos de oferta, demanda, calidad, riesgo y gobernanza establecidos en la política nacional para la gestión integral del recurso hídrico

"El Lago de Tota, es el cuerpo de agua de alta montaña más extenso e importantes del país, con un espejo de agua de 6.000 hectáreas y profundidades máxima y media de 61 y 31.6 mts respectivamente que contienen un volumen de 1.920´000.000 m3 de agua, correspondiente el 44,40% del agua que existen en los 20 lagos y lagunas más grandes de Colombia y el 19.51% del agua disponible en los 20 embalses más grandes del país, esto significa que Tota es reserva del 13.55% del agua existente en los 20 lagunas y 20 embalses más grandes del país"

El Lago de Tota presenta diferentes problemáticas socioambientales que colocan en riesgo su sostenibilidad, la deficiente infraestructura sanitaria y de servicios públicos hace que las aguas residuales de los habitantes de la cuenca lleguen en gran parte a los afluentes del Lago sin tener un tratamiento previo para disminuir la carga contaminante, además la sobreexplotación del suelo con cultivos agrícolas aumentan los procesos erosivos generando material contaminante y sedimentos que llegan finalmente al Lago de Tota. Asimismo, se disminuye la calidad de vida de los habitantes de la cuenca ya que algunos acueductos tanto urbanos como rurales se abastecen del Lago para distribuir el agua para consumo humano (López, 2013).

2.1.5.2.3.3 Cambios institucionales para preservar la cantidad y la calidad del agua en la cuenca del Lago de Tota

"El Lago de Tota es el más grande de Colombia. Se localiza sobre la Cordillera Oriental del país, a una altura de 3.015 msnm y alberga 1.849'364.000 Mts3 de agua, con profundidad máxima de 61 metros y media de 30 metros. Los meses secos en la cuenca van de diciembre a marzo, mientras que los meses de lluvias cobijan desde abril hasta noviembre, siendo julio el mes de mayores precipitaciones."

Según el estudio cambios institucionales para preservar la cantidad y la calidad del agua en la cuenca del Lago de Tota, para determinar la cantidad de agua que alberga el Lago se debe tener en cuenta un balance hídrico, el cual depende de la relación entre las entradas y las salidas del sistema hídrico en su conjunto. En este caso las entradas están dadas por las precipitaciones y aporte de los afluentes que llegan al Lago y las

salidas están dadas por los efluentes, la extracción que se hace para distintos usos (para riego de monocultivo, acueductos municipales y rurales) y la evaporación del agua que le resta un 15% al aporte que hacen los afluentes según CORPOBOYACA. El problema central en cuanto a la cantidad del agua está en la extracción que se hace de ella durante el verano, y sobre todo por la sobreexplotación desordenada de los caudales de humedales, nacimientos, ríos y la deforestación masiva de la zona. (VALDERRAMA, 2013)

Las aguas del lago -no las de sus afluentes -, presentan en general buenas condiciones físicas y químicas debido a la capacidad de dilución de la carga contaminante por el alto volumen de agua que alberga, a la re-oxigenación producida por el viento y el oleaje que caracterizan el lago.

Según el estudio cambios institucionales para preservar la cantidad y la calidad del agua en la cuenca del Lago de Tota, el monocultivo intensivo de la cebolla, es una de las principales causas para que la calidad del Lago de Tota haya disminuido de manera drástica, a tal punto de alterar el equilibrio del cuerpo hídrico, en sus condiciones ambientales y en la restricción de sus usos posibles. El exceso de químicos y fertilizantes utilizado en este monocultivo ha generado otra problemática para el Lago, el crecimiento y la expansión de la elodea (planta acuática introducida en los años 50) que en algún momento imposibilitará la extracción del agua para distintos usos y dificultando la navegabilidad del lago. Con respecto al impacto de la truchicultura se estima que aporta 3,4 toneladas anuales de fósforo al lago. (VALDERRAMA, 2013).

2.1.5.2.3.4 Análisis de la precipitación y la recarga de acuíferos en Tota e Ibagué (Colombia) a partir de isótopos estables (^{18}O y ^{2}H)

Reconocer la conexión hidráulica entre la zona de recarga y la zona de descarga en acuíferos solo es posible mediante el uso de trazadores, y los isótopos de ^{18}O y ^{2}H han probado ser buenos trazadores. En Ibagué y el lago de Tota se supone que la recarga de los acuíferos en la parte baja se da no solamente por infiltración vertical directa, sino también por precipitación e infiltración en las montañas altas, para luego infiltrarse regionalmente hasta alimentar los acuíferos en la parte baja. En Tota, los valores delta (δ) para el ^{18}O son más ligeros en la parte alta que en la parte baja; en la parte alta los valores están cerca de -10 ‰, mientras que los de la parte baja están en torno a -3 ‰. La diferencia isotópica entre los valores de la parte alta y los de la parte baja podría indicar que no toda la infiltración de los acuíferos en la parte baja proviene de la recarga por la precipitación en la parte montañosa alta, y, por lo tanto, esa recarga adicional sería producto de la precipitación y la infiltración en la parte baja. (Mariño Martínez, Veloza Franco, & Martínez Sánchez, 2017).

La cercanía de los valores isotópicos de los ríos y la precipitación (estación de Santa Inés) sugiere que las aguas de escorrentía tienen una contribución mínima a la descarga de los ríos, y que los efectos de la evaporación son mínimos. Los valores isotópicos de las muestras tomadas en diferentes puntos del lago fueron muy similares lo que indica que las aguas del lago están bien mezcladas vertical y horizontalmente. Esta misma homogeneidad se observó durante el muestreo realizado durante 13 meses consecutivos.

En general, el agotamiento isotópico progresivo observado de las muestras del lago a las muestras de la naturaleza en el norte representa un fenómeno natural normal de disminución de los valores isotópicos del agua de lluvia cuando se aleja de la fuente de humedad. El estudio isotópico mostró que la composición isotópica composición isotópica del Lago de Tota es uniforme a través tiempo. La composición isotópica de los ríos varía debido a los diferentes cambios en las condiciones climáticas a lo largo del año, entre otros factores. (Mariño Martínez, Veloza Franco, & Martínez Sánchez, 2017).

2.1.5.2.3.5 Estructura trófica de los invertebrados acuáticos asociados a Egeria Densa (Planch. 1849) en el Lago de Tota (Boyacá-Colombia)

En la medida en que los recursos alimenticios y los predadores están entre los principales factores limitantes del crecimiento poblacional de cualquier especie, las interacciones tróficas son componentes esenciales para entender la dinámica de las poblaciones y consecuentemente de los patrones emergentes de coexistencia y diversidad en los ecosistemas.

Según el estudio estructura trófica de los invertebrados acuáticos asociados a Egeria Densa (Planch. 1849) en el Lago de Tota (Boyacá-Colombia), se recolectaron 112866 organismos, pertenecientes a 16 órdenes, 23 familias y 24 géneros. El género más abundante en el total de estaciones fue Dicrotendipes sp. (Chironomidae), el cual alcanzó valores de hasta 8433 individuos por estación que representa el 65% del total de la abundancia de la comunidad, mostrando clara dominancia sobre los demás taxones. Otros taxones que presentaron altas abundancias fueron los cladóceros (Eurycercidae y Chydoridae) con valores de hasta 4775 individuos que representa el 30% y los ácaros (Hydrozetes) con hasta 2473 que representa el 19% de la abundancia. Por otro lado, el grupo de los gasterópodos (Planorbis y Ferrisia), mostró bajas abundancias, con valores que oscilaron entre 0,04 y 2,82%. En general la composición de invertebrados no varió entre estaciones y muestreos, pero la proporción de sus abundancias si tuvo variaciones.

El modelo de red trófica cuenta con dos trofoespecies basales independientes que sustentan toda la comunidad, pero ambas dependen de un solo organismo que es E. Densa: sustrato del perifiton y fuente principal del detrito, lo que hace a esta red trófica frágil en términos de robustez, ya que, al afectarse esta planta, se altera toda la comunidad. La Robustez hace alusión al número de especies basales que es necesario retirar para que desaparezca el 50 % de la comunidad.

Sin embargo, esta red trófica se fortalece por la presencia de 10 trofoespecies consumidoras primarias que incluyen 16 taxones, lo que genera alta redundancia ecológica en términos de relaciones funcionales, garantizando el flujo de energía hacia los niveles superiores y la circulación de nutrientes. Esto lo refuerza el hecho de que sólo hay una trofoespecie (Dicrotendipes sp.) con ocho salidas, y una trofoespecie (Nais sp.) con cinco salidas, que transfieren energía a los consumidores superiores. Las otras ocho trofoespecies tienen en promedio dos salidas. Un caso similar es descrito por Montoya y Sole (2003), para una red trófica con una especie basal (Enteromorpha sp.), 16 especies intermedias y una de tope (Phalacrocorax carbo). (Pedroza Ramos, Caraballo, & Aranguren Riaño, 2016).

2.1.5.2.3.6 Caracterización y análisis de la calidad del agua del Lago de Tota (Boyacá)

Según el estudio caracterización y análisis de la calidad del agua del Lago de Tota (Boyacá), las entradas que recibe constantemente el Lago de Tota provienen de los municipios a los que pertenece la cuenca (Aquitania, Sogamoso, Cuítiva, Tota) que aportan 4,972 m3/s y de la microcuenca del Río Olarte (Río Olarte, Río Tobal, Hato Laguna, Los Pozos, El Mugre y El Manzano) que aporta 4,63 m3/s. (FONSECA, 2018).

En el estudio caracterización y análisis de la calidad del agua del Lago de Tota (Boyacá), se concluyó que el problema principal es el deterioro de la calidad del agua del Lago de Tota debido a las intervenciones antrópicas. Esta cuenca cuenta con una intensiva actividad agrícola, la cual ha ocasionado que este cuerpo de agua presente elevados grados de contaminación; se encontró que para el cultivo de cebolla se usan 11 diferentes pesticidas (Gallinaza, Cobrethane, Ridomil Gold 68 W, Forum 500 WP, Elosal, Cosmos 2000, Trecatol WP, Amistar Gold HT, Zampro DM, Nativo), que resultan de diferentes combinaciones de grupos químicos y afectan los afluentes o de manera directa al Lago.

Un problema ambiental adicional en esta cuenca hidrográfica, es la contaminación por aguas negras, ya que el Municipio de Aquitania vierte sus aguas residuales al Lago de Tota sin ningún tipo de tratamiento. En el estudio se concluyó a partir de los resultados de laboratorio, que, de los catorce parámetros analizados (DBO, DQO, coliformes totales, E-Coli, fosfatos, fosforo total, nitratos, nitrógeno amoniacal, solidos suspendidos totales, turbiedad y plaguicidas organofosforados), solo uno de ellos no cumple con la normatividad. Dicho parámetro es la bacteria EColi, la cual, según los estándares establecidos para los usos del agua, no puede estar presente en una fuente destinada para el abastecimiento humano. (FONSECA, 2018).

2.1.5.2.3.7 Delimitación del área superficial de la cobertura de macrófitas acuáticas en el litoral del Lago de Tota y sus implicaciones ambientales

En el lago de Tota hay varias especies de plantas acuáticas en sus orillas, sin embargo, de manera sumergida y enrizada, se encuentra ampliamente distribuida Egeria densa, conocida comúnmente como Elodea. Muy probablemente el desarrollo de esta macrófita este directamente relacionado con la gran cantidad de nutrientes que ingresan por escorrentía al Lago de Tota, producto de los cultivos de cebolla junca, desechos de alimentos, heces del cultivo interno de trucha arcoíris y aguas residuales del municipio de Aquitania y la zona hotelera. (Pineda Alarcón, 2021).

Figura 96 Delimitación del litoral del Lago de Tota, ubicación de los puntos de georreferencia límites de la macròfita

Fuente: (Pineda Alarcón, 2021).

Según el estudio delimitación del área superficial de la cobertura de macrófitas acuáticas en el litoral del Lago de Tota y sus implicaciones ambientales se encontró que el litoral del Lago de Tota tiene un área aproximada de 6.63 km2. Razón por la cual es importante hacer monitoreo y seguimiento al incremento de la ocupación de plantas acuáticas con relación a las medidas de mitigación o incremento del ingreso de nutrientes al lago. (Pineda Alarcón, 2021).

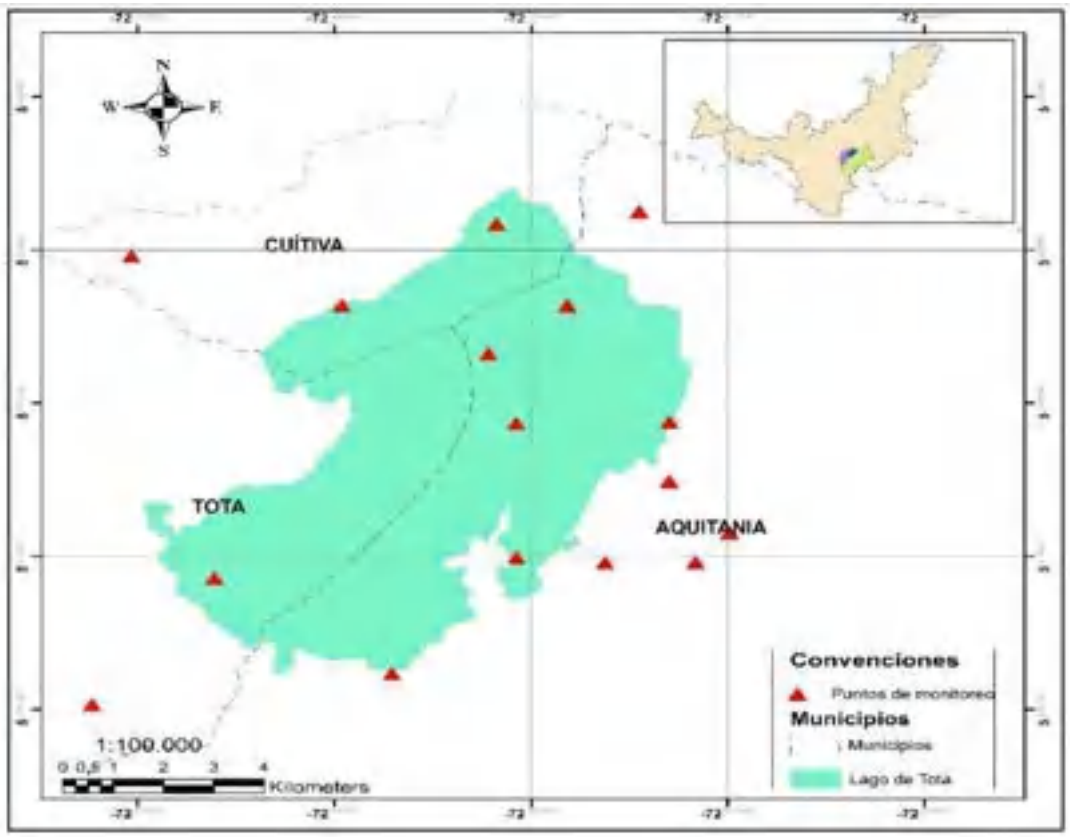
2.1.5.2.4 Instrumentos o estudios de seguimiento

2.1.5.2.4.1 Informe del monitoreo hidrobiológico en la comunidad de macroinvertebrados de la cuenca del Lago de Tota y sus fuentes tributarias

2.1.5.2.4.1.1 CALIDAD

El Informe del monitoreo hidrobiológico en la comunidad de macroinvertebrados de la cuenca del Lago de Tota y sus fuentes tributarias presentado por CORPOBOYACÁ en el año 2021 tuvo como objeto realizar una caracterización hidrobiológica de la Comunidad de Macroinvertebrados acuáticos del Lago de Tota y sus fuentes tributarias para ello se realizaron monitoreos hidrobiológicos (macroinvertebrados) en 13 puntos de las fuentes tributarias del Lago de Tota y algunas zonas lacustres, 11 en fuentes tributarias y 2 dentro del lago, la colecta de muestras en aguas superficiales se realizó siguiendo los lineamientos de la norma NTCISO/IEC 17025 “Requisitos Generales de la Competencia de Laboratorios de Ensayo y Calibración”, versión 2005. Se realizaron tres replicas para los puntos en zonas lenticas y nueve replicas para los puntos de las zonas loticas.

Figura 97. Localización del área de estudio y los puntos de colectas de muestras de las fuentes tributarias del Lago de Tota y algunas zonas lacustres



Fuente: (CORPORACION AUTONOMA REGIONAL – CORPOBOYACA, 2021)

Tabla 57 Coordenadas de los puntos de monitoreo hidrobiológico de las fuentes loticas y lenticas de la Cuenca del Lago de Tota

PUNTOS DE MONITOREO	LATITUD	LONGITUD
Playa Blanca	5,509283	-72,965857
Llano Alarcón	5,590915	-72,915287
Olarte media	5,480172	-72,987759
Olarte desembocadura	5,487279	-72,934007
Quebrada Blanca desembocadura	5,512848	-72,895807
Río Tobal Nacimiento	5,512985	-72,879611
Río Tobal Medio	5,519831	-72,873517
Río Tobal desembocadura	5,531605	-72,88432
Hato laguna desembocadura	5,583503	-72,980714
Hato laguna Nacimiento	5,59382	-72,889703

Fuente: (CORPORACION AUTONOMA REGIONAL – CORPOBOYACA, 2021)

Para los ríos y quebradas pertenecientes a la cuenca del Lago de Tota, se realizó un transecto de 50 metros el cual se dividió en tres puntos, para cada uno de estos puntos se tomaron tres submuestras teniendo en cuenta el porcentaje del sustrato (roca, cantos, guijarros, material vegetal, lodos, y arenas), así como la corriente, pocetas, y rápidos. Se realizó un recorrido en forma de zig-zag iniciando aguas arriba. Se obtuvo un total de nueve muestras por microcuenca y noventa y nueve muestras en todos los puntos. En el Lago se utilizó la Draga tipo Ekman, realizando 3 lances por punto para la colecta de macroinvertebrados Bénticos,. En el caso de los macroinvertebrados asociados a macrofitas se realizó manualmente y con red surber, removiéndose vigorosamente sobre las plantas acuáticas que estuvieron presentes en los puntos de muestreo. (CORPORACION AUTONOMA REGIONAL – CORPOBOYACA, 2021).

2.1.5.2.4.1.1.1 RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

El informe determina los siguientes resultados, la familia Chironomidae y simuliidae fueron las más representativas dentro de los dípteros, la abundancia que representa la familia Chironomide puede estar asociada a la disponibilidad del sustrato y fuente de alimento tipo fangosos, arcillosos, arenosos, la vegetación sumergida o estratos duros como rocas, cantos y gravas. Tienen preferencia por los cuerpos de agua con escasa corriente, sin embargo, es una familia con alta adaptabilidad a cualquier medio acuático, facilitando la variedad de gremios tróficos que presentan detritívoros, alguivoros, perifitivoros, y omnívoros. También se encuentra relacionada con altos niveles de microorganismos y bajos niveles de oxígeno. Con respecto a la familia Simuliidae suelen habitar en aguas muy limpias y oxigenadas. La familia Baetidae fue la más representativa del orden Ephemeroptera son familias que tienen preferencia por los sustratos rocosos, de corrientes rápidas y caudales moderados, que se encuentran relacionados con la alta concentración de oxígeno disuelto. En el orden amphipoda la familia más abundante es Hyalellidae con el género Hyalella sp, presento un incremento en la cuenca baja de las microcuencas, y para ambas estaciones (Playa blanca - Alarcon) en los sistemas lenticos. Esto puede estar relacionado a la acumulación de material vegetal en

descomposición que puede estar influenciado en dichas zonas. Con respecto a la familia Hydroptilidae del orden Trichoptera tambien presento abundancia principalmente en los puntos con sustratos de material vegetal, aguas predominantes por corrientes y altos niveles de oxígeno disuelto. las familias de Gasterópodos, (Planorbidae, y Physidae,) puede estar asociada a la disponibilidad del sustrato en cuerpos lenticos, como lodos, fangos, macrófitas, raíces, plantas sumergidas, y limos, pues estos hábitats son favorables para el desarrollo de los gremios tróficos que tienen estas especies como colectores. Así como también toleran ciertos niveles de contaminación con desechos de origen orgánico, lo que puede indicar un alto contenido de materia orgánica. En términos generales la comunidad de macroinvertebrados presentes en las microcuencas tributarias del Lago de Tota está conformado por organismos que tienen preferencia en cuerpos de agua con buen contenido orgánico o materia en descomposición, que son característicos de la cuenca baja, mientras que para la cuenca media y alta en la mayoría de casos, son representativos organismos relacionados con alta concentración de oxígeno disuelto, corrientes moderadas, sustratos rocosos, y material vegetal, plantas acuáticas y raíces como en el caso de Llano Alarcon y Playa Blanca. (CORPORACION AUTONOMA REGIONAL – CORPOBOYACA, 2021).

2.1.5.2.4.1.1.1.1 INDICE DE CALIDAD DE AGUA

2.1.5.2.4.1.1.1.2 INDICE BMWP/COL

El BMWP/Col es un índice ecológico que se utiliza para evaluar la calidad del agua mediante el uso de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, donde se evalúa la presencia de algunas familias que, por sus caracteres de tolerancia o sensibilidad a variables fisicoquímicas, brindan información del estado de los ecosistemas acuáticos. Para el cálculo se realizó un conteo previo de las familias obtenidas por taxón., cada familia tiene un puntaje de referencia según la tolerancia en los cambios del medio ambiente. Este valor tiene un rango de 1 a 10 representando el menor número tolerancia y el valor más alto intolerancia. El puntaje total BMWP se obtiene a partir de la suma de los puntajes de todas las familias y su significado ecológico. (CORPORACION AUTONOMA REGIONAL – CORPOBOYACA, 2021). Con ello el puntaje BMWP/Col de cada punto de colecta y su significado se puede observar en las siguientes tablas.

Tabla 58 Clasificación de calidad de aguas y su significado ecológico según el índice BMWP/Col

CLASE	CALIDAD	(RANGO)	SIGNIFICADO	COLOR
I	Buena	≥150	Aguas muy limpias	
		123-149	Aguas no contaminadas	
II	Aceptable	71-122	Ligeramente contaminadas	
III	Dudosa	46-70	Aguas moderadamente contaminadas	
IV	Crítica	21-45	Aguas muy contaminadas	
V	Muy crítica	<20	Aguas fuertemente contaminadas, situación crítica	

Fuente: (Arango, 2005)

Tabla 59 Valores del índice BMWP/Col para los ríos y quebradas tributarios de la cuenca del Lago de Tota

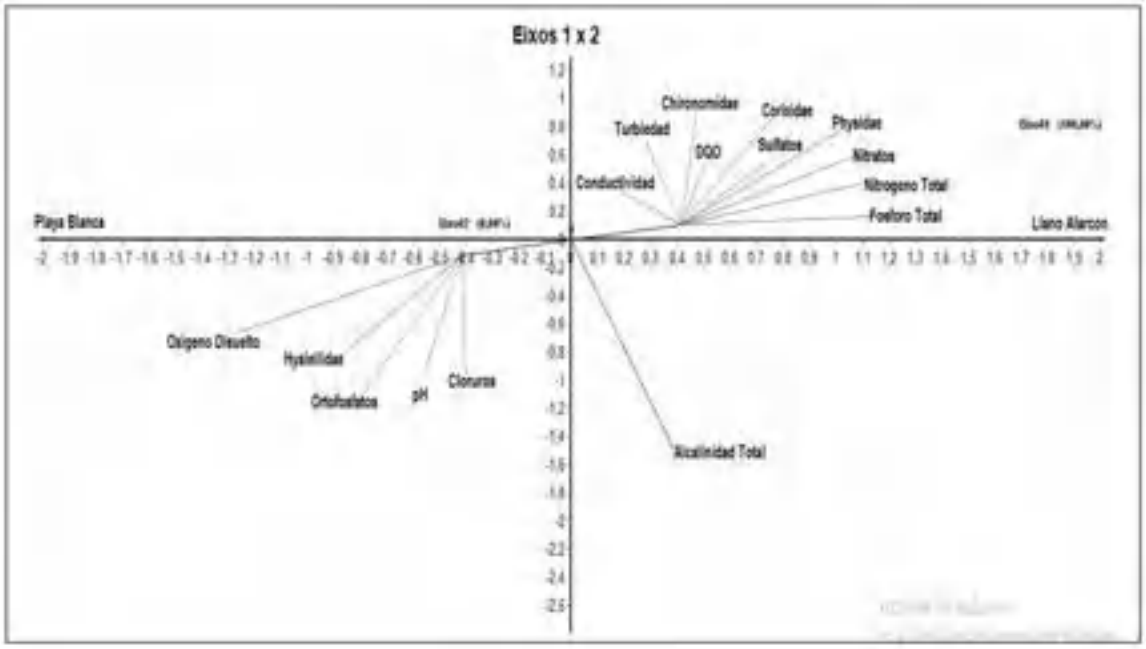
Puntos de Colecta	Índice	valor	calidad	Interpretación
Olarte media	BMWP/Col	65	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas
Olarte desembocadura	BMWP/Col	68	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas
Quebrada Blanca desembocadura	BMWP/Col	43	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas
Río Tobal Nacimiento	BMWP/Col	58	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas
Río Tobal Medio	BMWP/Col	69	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas
Río Tobal desembocadura	BMWP/Col	54	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas
Hato laguna desembocadura	BMWP/Col	76	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas
Hato laguna Nacimiento	BMWP/Col	75	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas
Hato Laguna Medio	BMWP/Col	81	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas
Pozos Medio	BMWP/Col	82	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas
Pozos Desembocadura	BMWP/Col	62	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas

Fuente: (CORPORACION AUTONOMA REGIONAL – CORPOBOYACA, 2021)

2.1.5.2.4.1.1.1.3 ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (PCA) ENTRE LOS PÁRAMETROS FISICOQUIMICOS Y BIOLÓGICOS (COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS)

El análisis de componentes principales (PCA) muestra la agrupación de las variables fisicoquímicas y biológicas y su correlación en los cuerpos de agua. A partir de los datos obtenidos en campo de los parámetros fisicoquímicos y las variables biológicas (Macroinvertebrados) se puede suministrar información valiosa para este tipo de caracterizaciones hidrobiológicas en el estado de los ecosistemas acuáticos. Se realizaron cinco PCA una por cada microcuenca (Olarte Media Desembocadura, Tobal Nacimiento, media, desembocadura. Hato Laguna Nacimiento, media, desembocadura, Pozos Media, desembocadura, y lenticos: Playa Blanca – Llano Alarcon). Para el caso de Quebrada Blanca no se realizó este análisis ya que los datos de un solo punto son insuficientes. (CORPORACION AUTONOMA REGIONAL – CORPOBOYACA, 2021).

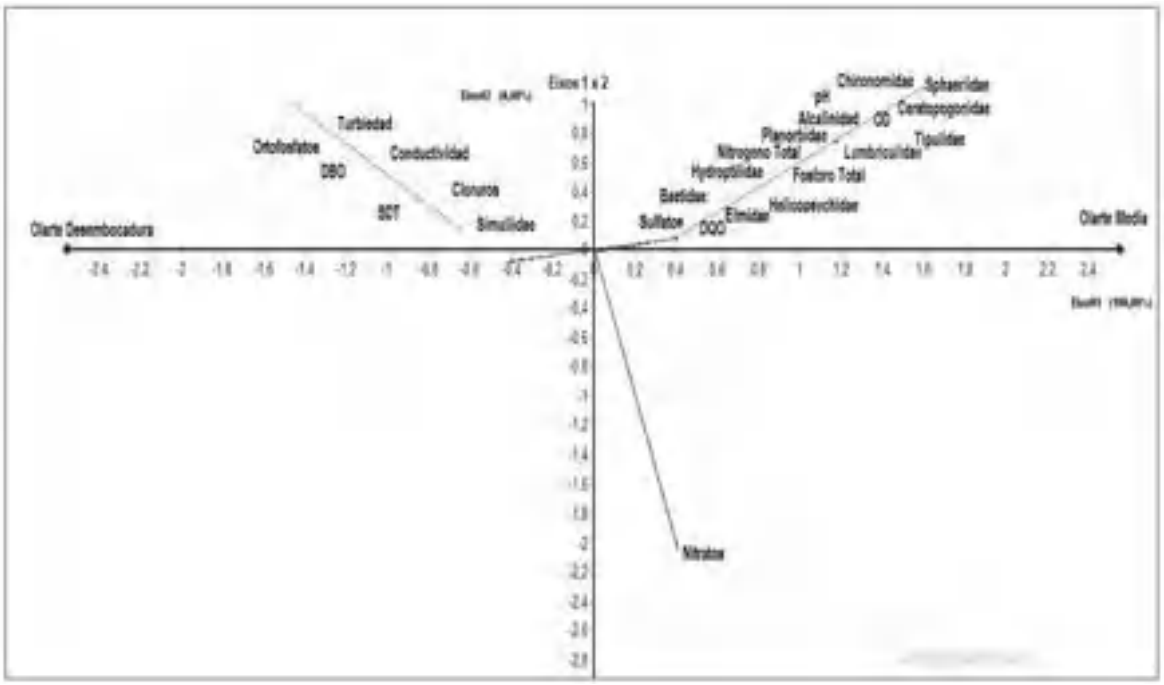
Figura 98 Análisis de componentes principales entre las variables fisicoquimicas e hidrobiologicos (macroinvertebrados) en dos puntos del Lago de Tota



Fuente: (CORPORACION AUTONOMA REGIONAL – CORPOBOYACA, 2021)

El primer componente ubicado sobre la derecha nos explica para el punto de Llano Alarcon una correlación positiva entre las familias Corixidae, Chironomidae y Physidae con respecto a las variables tales como: Nitratos, sulfatos, fosfatos, conductividad, turbiedad, nitrógeno Total y DQO, y dadas las condiciones del lugar con la presencia de Elodea (Egeria densa), posiblemente esto influya en el aumento de los nutrientes como aporte energético para la macrofita. Mientras que, en el sentido Izquierdo, para el punto de Playa Blanca se presenta una influencia del OD, Ortofosfatos, pH, y cloruros con respecto a la familia Hyalellidae. Finalmente, la Alcalinidad tuvo una correlación negativa con respecto a las familias presentes en estos puntos. (CORPORACION AUTONOMA REGIONAL – CORPOBOYACA, 2021).

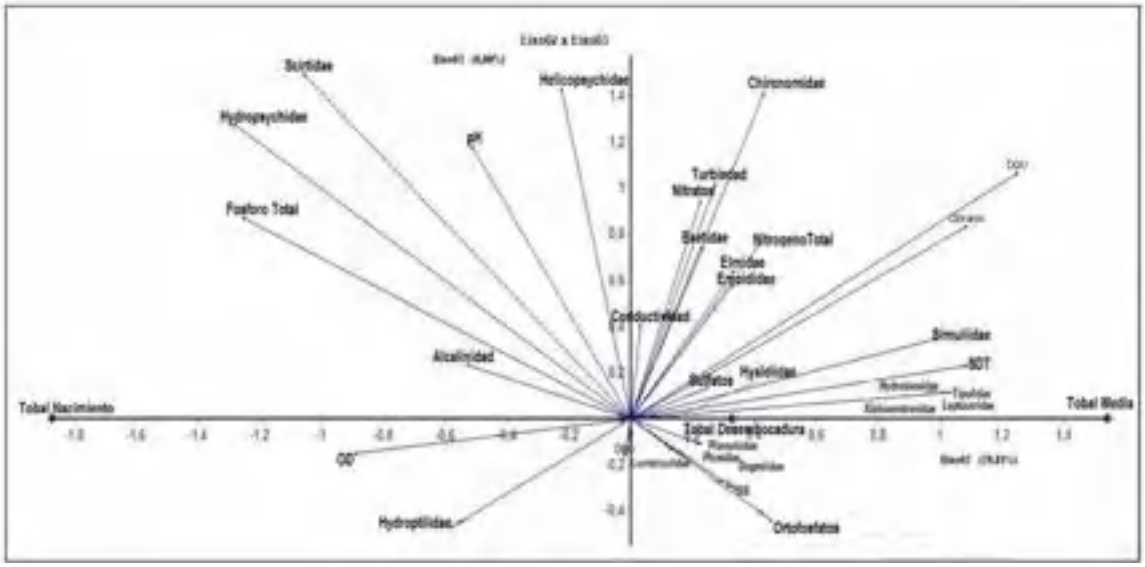
Figura 99 Análisis de componentes entre las variables fisicoquímicas e hidrobiológicos (macroinvertebrados) en la quebrada Olarte de la cuenta del Lago de Tota



Fuente: (CORPORACION AUTONOMA REGIONAL – CORPOBOYACA, 2021)

El punto del río Olarde parte Media, se observa sobre el costado derecho de la gráfica, este explica una relación positiva entre las familias Baetidae, Hydroptilidae, Planorbidae, Tipulidae, Sphaeriidae, Ceratopogonidae, Lumbriculidae, Elmidae y Helycopsychidae con respecto a las variables fisicoquímicas de pH, Nitrógeno total, fosforo, DQO, sulfatos y Alcalinidad, mientras que con respecto a los nitratos tuvieron una relación negativa, lo que indica que su aumento no se encuentra influenciado por este parámetro. Por otro lado, en el punto de Olarte Desembocadura la familia Simullidae se encuentra influenciada por la turbiedad, conductividad, SDT, DBO, ortofosfatos y cloruros, esto puede relacionarse con el gremio trófico que tienen estas familias como filtradores teniendo preferencia por las zonas con mayor turbidez. (CORPORACION AUTONOMA REGIONAL – CORPOBOYACA, 2021).

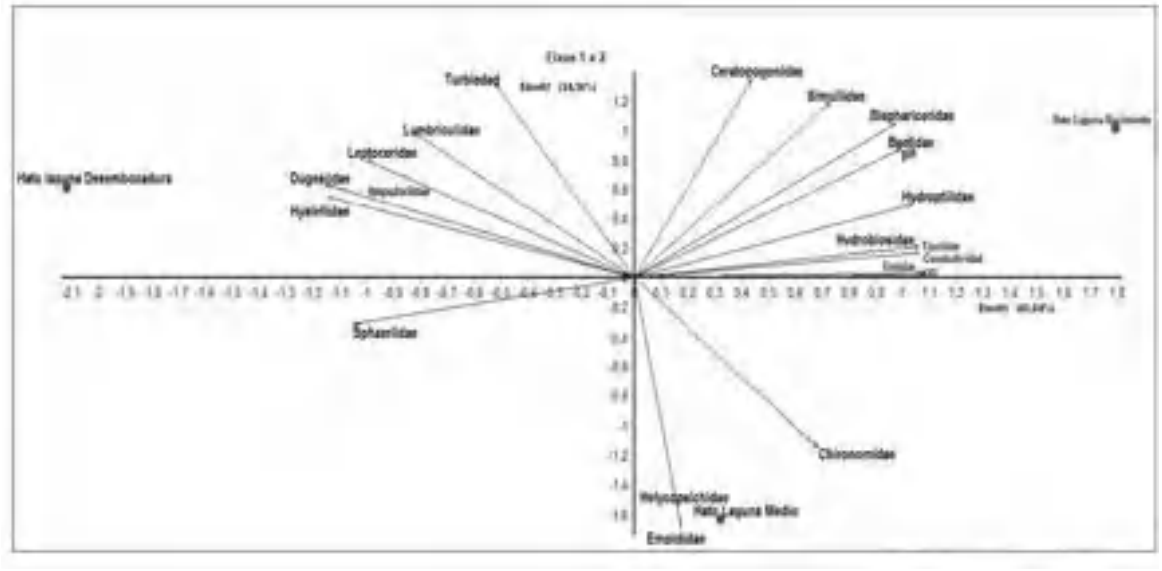
Figura 100 Análisis de componentes entre las variables fisicoquimicas e hidrobiologicas (macroinvertebrados) del río tobal de la cuenca del Lago de Tota



Fuente: (CORPORACION AUTONOMA REGIONAL – CORPOBOYACA, 2021)

El análisis del PCA para el río Tobal arrojo para la cuenca alta una correlación entre la familia hydroptilidae, Hydropsychidae, y helycopsychidae con respecto al pH, oxígeno disuelto, y fosforo, y presentó una relación negativa con respecto a las variables tales como: solidos suspendidos, fosfatos, nitratos, conductividad y DQO dichos parámetros se relacionan positivamente con la familia Chironomidae, Hyalellidae, Physidae, Dugesiidae, empididae y Elmidae como se observa en el punto de Tobal Desembocadura sobre el costado derecho de la gráfica. Mientras que en su cuenca media la gráfica muestra un aumento de la familia Simullidae con respecto a los sólidos disueltos totales, cloruros y nitrógeno total, y una relación negativa con respecto a la alcalinidad, que se encuentra relacionada con la familia Scirtidae sobre la parte derecha del plano cartesiano. (CORPORACION AUTONOMA REGIONAL – CORPOBOYACA, 2021).

Figura 101 Análisis de componentes entre las variables fisicoquímicas e hidrobiológicas de la quebrada hato laguna de la cuenca del Lago de Tota



Fuente: (CORPORACION AUTONOMA REGIONAL – CORPOBOYACA, 2021)

El analisis del PCA para la Quebrada Hato laguna en su nacimiento demostró una relación positiva entre las variables fisicoquímicas de pH, conductividad y oxígeno disuelto con las familias de macroinvertebrados Ceratopogonidae, Baetidae, Hydroptilidae, Hydrobiosidae, Simuliidae. Tipulidae, Elmidae y Blephariceridae. Lo contrario ocurre con la familia Sphaeriidae sobre el costado izquierdo, quien presenta una relación negativa con respecto a dichos parámetros fisicoquímicos al disminuir bajo la influencia de estos. Para las familias Chironomidae, Helycopsychidae y Emididae de presentes en la cuenca media no se encuentran relacionadas con ningún parámetro fisicoquímico, pero la turbiedad influye de manera negativa en estas familias como se observa en el costado derecho de la gráfica y favorece las familias Hyalellidae, Dugesiidae, y Leptoceridae. (CORPORACION AUTONOMA REGIONAL – CORPOBOYACA, 2021).

2.1.5.2.4.2 Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y alerta temprana de calidad hídrica en la cuenca del Lago de Tota con análisis de vulnerabilidad en escenarios de variabilidad climática

2.1.5.2.4.2.1 CALIDAD

En el producto (N° 6) del convenio 0004 de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia la Unidad de Ecología en Sistemas Acuáticos presenta el Informe final del proyecto Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y alerta temprana de calidad hídrica en la cuenca del Lago de Tota con análisis de vulnerabilidad en escenarios de variabilidad climática, en el numeral 4. Componente Neolimnilógico describe índices de calidad hídrica y ambiental, así como aspectos hidrobiológicos para los cuerpos de agua objetos de estudio.

2.1.5.2.4.2.1.1 ASPECTOS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Según los datos registrados de las variables físicas y químicas del muestreo de marzo de 2021, se evidencian diferencias en las condiciones tanto entre tramos como entre sistemas. En general los factores geohidrológicos y la conductividad eléctrica expresaron mayor variación. Entre los tramos del río Tobal se presentó la mayor amplitud de cambio en los niveles de conductividad eléctrica (54.4 - 301.4 µS/cm); adicionalmente, el tramo bajo registró los valores más altos de temperatura, pH, oxígeno disuelto y % de saturación. En cuanto a las variables geohidrológicas, se resalta el río Tobal tramo bajo, el cual en el momento del muestreo presentaba únicamente algunos pozos de agua, por lo tanto, no se pudieron registrar datos de profundidad ni velocidad. También se destacan los puntos Olarte bajo por presentar los valores más altos de las variables ancho y profundidad, y Hatolaguna bajo al registrar la mayor velocidad (0.32 m/s). (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2021).

Tabla 60 Resultados aspectos físicos y químicos para tributarios - marzo 2021

NOMBRE DEL PUNTO	FÍSICO - QUÍMICAS					GEOHIDROLÓGICAS			NUTRIENTES		
	Cond (µS/cm)	T (°C)	pH	O_2 Winkler	% sat	Ancho (m)	$\bar{X}$ Prof (cm)	$\bar{X}$ Vel media (m/s)	Silice (mg SiO2/L)	N total (mg N/L)	F total (mg P/L)
Olarte medio	67.9	10.9	7.40	9.8	42.5	6.0	11.2	0.14	1.0	0.8	0.05
Olarte bajo	86.4	11.2	7.76	10.1	57.9	24.5	15.8	0.10	0.2	2.6	0.04
Tobal medio	54.4	10.8	7.58	12.8	50.2	2.5	10.6	0.08	1.0	2.7	0.05
Tobal bajo	301.4	14.4	8.85	13.9	63.5	0	0	0	1.1	21.3	0.25
Pozos medio	152.2	12.9	7.80	9.7	46.8	2.0	7.4	0.22	3.0	13.9	0.21
Pozos bajo	182.0	13.5	7.59	9.0	44.6	1.7	10.8	0.08	3.0	16.3	0.34
Hatolaguna medio	42.1	11.8	7.27	8.8	53.4	6.4	11.8	0.10	2.5	1.1	0.10
Hatolaguna bajo	80.8	13.2	6.92	9.1	47.9	3.5	15.6	0.32	2.9	5.4	0.15

Fuente: (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2021)

Según los datos registrados de las variables físicas y químicas para el muestreo de marzo 2021, el punto La Mugre registró baja transparencia, altos niveles de oxígeno disuelto y el valor más alto de pH. También se destacan los puntos Hatolaguna por 28 presentar la mayor conductividad eléctrica (114.3 µS/cm) y Centro

Lago Grande al registrar la mayor transparencia (7.5 m) y el valor más bajo de oxígeno disuelto (3.9 mg/L). Según los datos de nutrientes, la concentración más alta de Clorofila a se presentó en el punto Desaguadero (0.38 mg/m^3) y la más baja en La Custodia (0.03 mg/m^3). Los contenidos de Sílice presentaron una constante equivalente a 0 mg SiO2/L en todos los puntos. El punto Hatolaguna registró las concentraciones más altas de Nitrógeno (0.061 mg N/L) y Fósforo (0.55 mg P/L); en contraste, el punto La Mugre registró los contenidos más bajos de N y F total. (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2021).

Tabla 61 Resultados aspectos físicos y químicos para lago- marzo 2021

NOMBRE DEL PUNTO	Trans (m)	O_2 (mg/L)	% sat	T (°C)	Cond (µS/cm)	pH	Chl_a (mg/m^3)	Sílice (mg SiO2/L)	N total (mg N/L)	F total (mg P/L)
Hatolaguna	6.2	4.3	44.8	16.1	114.3	8.01	0.21	0	0.55	0.061
Centro Lago Grande	7.5	3.9	39.7	15.9	114.0	8.03	0.30	0	0.49	0.054
Desaguadero	5.8	5.1	51.3	16.1	114.0	8.02	0.38	0	0.46	0.054
Conexión - Lagos	6.5	5.4	54.9	16.3	113.7	8.20	0.17	0	0.42	0.048
La Custodia	5.8	4.8	48.1	16.3	113.7	8.20	0.03	0	0.40	0.048
La Mugre	5.9	5.3	53.9	16.4	113.1	8.29	0.33	0	0.38	0.035
Los Pozos	6.4	5.0	51.3	16.7	114.0	8.07	0.36	0	0.39	0.054
Centro Lago Chico	7.1	5.0	51.5	16.8	113.7	8.21	0.24	0	0.38	0.048

Fuente: (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2021)

Se puede observar la variación de la cota de nivel y la ubicación de los periodos de muestreo. Según el Análisis de Componentes Principales, se evidencia un contraste en las condiciones asociado principalmente con el volumen del lago y sus fuentes de variación, así en los momentos de nivel bajo, se registra un incremento de la temperatura y la transparencia, con baja concentración de Clorofila a; lo cual permite inferir que hay un metabolismo regulado. Situación contrastante con los momentos de nivel alto o en ascenso máximo, con un metabolismo dinamizado en el lago, evidente por la mayor concentración de biomasa algal y contenido de oxígeno disuelto. De esta forma, los cambios de temperatura y transparencia asociados a la variación de volumen del lago se identifican como factores relevantes en el funcionamiento del sistema. La relación inversa entre Clorofila a y transparencia, confirma que la variación en la penetración de la luz en el sistema está regulada por la biomasa algal. (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2021).

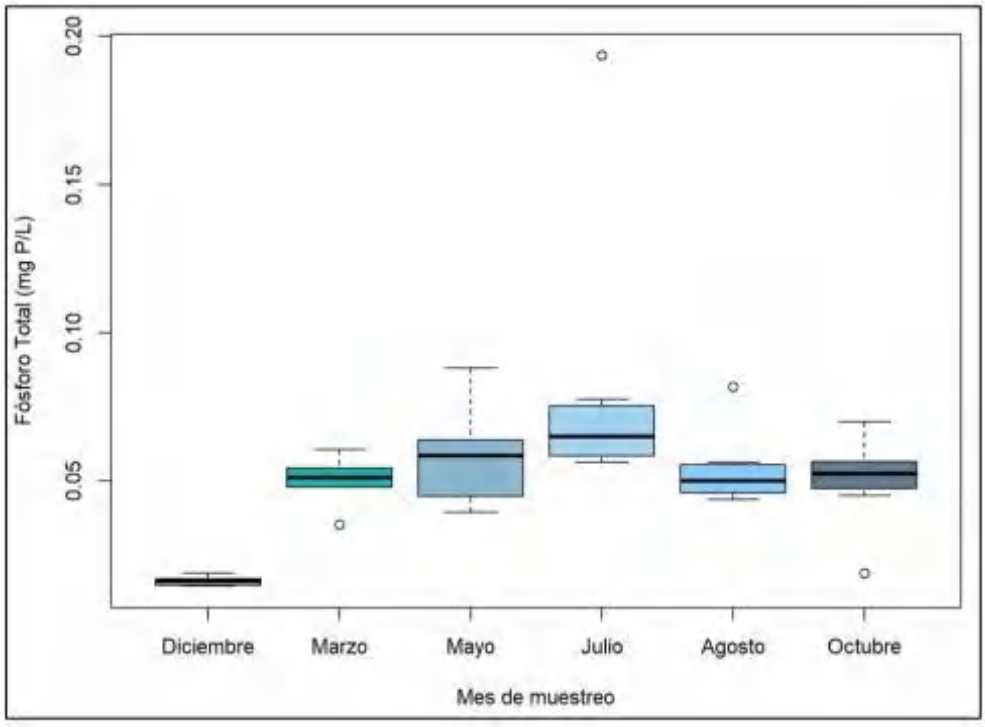
Figura 102 Variación cota de nivel (2020 - 2021) y ubicación de muestreos. Datos Corpoboyacá

Fuente: (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2021)

2.1.5.2.4.2.1.1.1 FÓSFORO TOTAL (PT)

Según la prueba de Kruskal - Wallis ($p < 0,05$), las diferencias en la expresión de Fósforo total entre los periodos de muestreo son estadísticamente significativas y evidencian una asociación con los momentos hidrológicos, de tal forma que en los momentos de bajo volumen y de ascenso se registran altos valores de contenido de PT; mientras que, en los momentos de mayor volumen y al final de los periodos de ascenso se detectan las menores concentraciones, por proceso de dilución. También es importante resaltar que en los periodos de mayo y octubre se registró alta variación espacial lo que indicaría diferentes expresiones de aporte de las fuentes de Fósforo en el sistema entre las diferentes estaciones. (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2021).

Figura 103 Análisis Expresión de Fósforo Total (PT) en los períodos de muestreo.

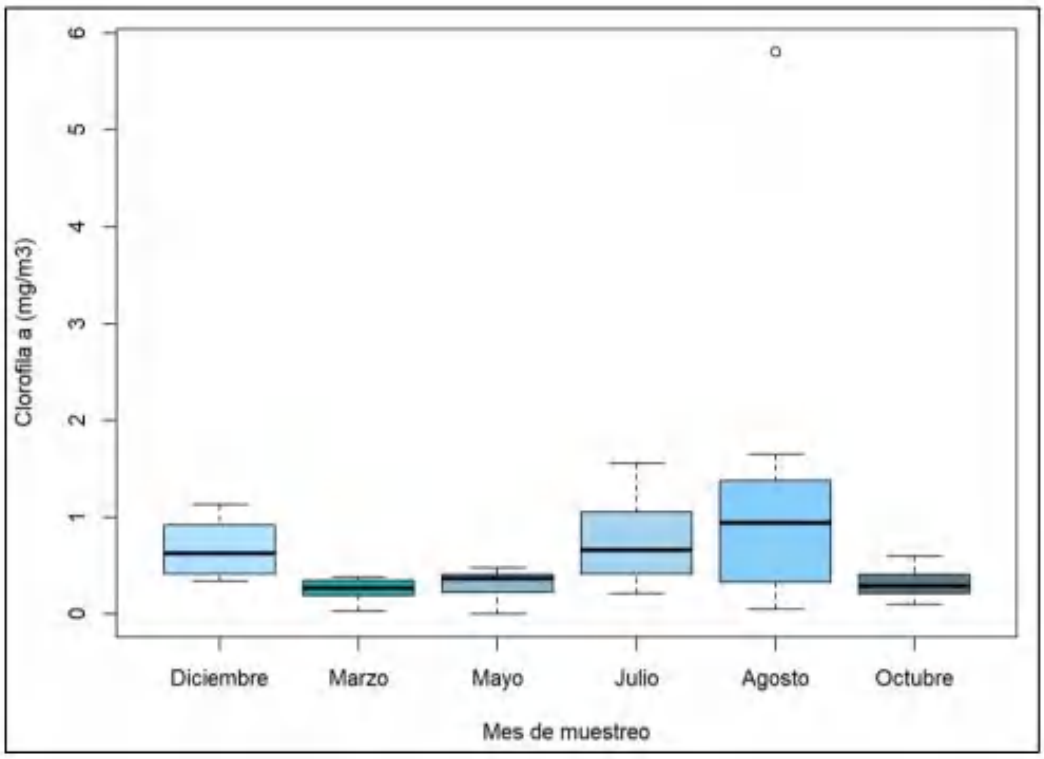


Fuente: (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2021)

2.1.5.2.4.2.1.1.2 CLOROFILA

Las diferencias en la expresión de Clorofila a entre los periodos de muestreo según la prueba de Kruskal - Wallis ($p < 0,05$) son estadísticamente significativas; evidenciando que su comportamiento como variable indicadora del metabolismo y su asociación con el PT como variable predictora, es determinante. En este estudio se evidencia una asociación inversa en el comportamiento de estas variables, lo que destaca al Fósforo como determinante del metabolismo ya que baja concentración de Fósforo en los momentos de alta biomasa algal serían producto de la incorporación biológica y reducción de disponibilidad en las formas disueltas. (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2021).

Figura 104 Análisis Expresión de la Clorofila a (Chl-a) en los períodos de muestreo.



Fuente: (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2021)

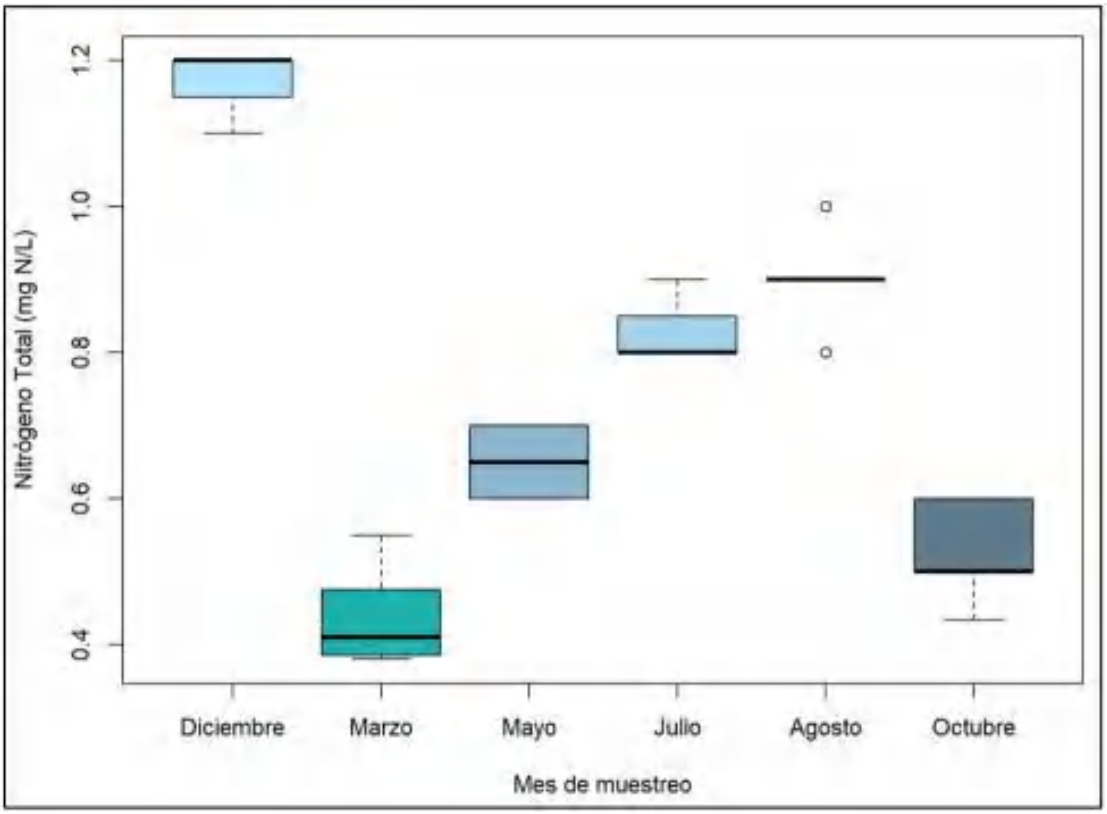
La correlación entre Fósforo total y Clorofila a no resultó estadísticamente significativa (Coeficiente de correlación de Pearson, $p > 0,05$); sin embargo, confirma una relación negativa entre estas variables, lo que indicaría que el fitoplancton está consumiendo el Fósforo que se encuentra en exceso en el lago, de este modo lo incorpora en su biomasa y disminuye las concentraciones de PT en el sistema. (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2021).

2.1.5.2.4.2.1.1.3 NITRÓGENO TOTAL (NT)

según la prueba de Kruskal - Wallis ($p < 0,05$) indica que las diferencias entre los periodos de muestreo son estadísticamente significativas. Así mismo, la figura permite observar como en los momentos de ascenso y nivel medio - alto, se acentúa la concentración de NT, lo que se explicaría en la incidencia de fuentes alóctonas por ingreso de aguas de escorrentía y de tributarios con alto contenido de Nitrógeno; mientras que, en los momentos de bajo volumen y al final de los periodos de ascenso se detectan las menores concentraciones, posiblemente por reducción de la tasa de ingreso por escorrentía. La asociación con la biomasa algal es directa, aunque no se evidencia un grado de sensibilidad importante en la incorporación,

posiblemente por la alta concentración de formas de Nitrógeno y porque el recurso que se proyecta como limitante en el sistema sería el Fósforo. (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2021).

Figura 105 Análisis Expresión de Nitrógeno Total (NT) en los períodos de muestreo.



Fuente: (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2021)

2.1.5.2.4.2.1.2 ÍNDICES DE CALIDAD HÍDRICA Y AMBIENTAL

2.1.5.2.4.2.1.2.1 ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN TRÓFICO (ICOTRO)

Este índice permite estimar el grado o estado trófico de los sistemas acuáticos basándose exclusivamente en los valores de concentración de Fósforo total. Los puntos Olarte y Tobal medio presentaron baja concentración de Fósforo, siendo clasificados como mesotróficos. En contraste, los puntos Tobal bajo, Pozos y Hatolaguna registraron la mayor cantidad de este nutriente, por lo tanto, se pueden clasificar como sistemas eutróficos; las altas concentraciones de PT en estos puntos de muestreo pueden atribuirse a la incidencia de fuentes alóctonas por procesos de escorrentía e influencia de vertimientos agrícolas y/o domésticos. (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2021).

Figura 106 Resultados del Índice de contaminación trófico (ICOTRO), puntos de muestreo - tributarios

Fuente: (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2021)

2.1.5.2.4.2.1.2.2 ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO DE CARLSON (1997) MODIFICADO POR TOLEDO (1983) - (IETM)

Este índice permite evaluar y clasificar el estado trófico de los sistemas acuáticos empleando los valores de parámetros como: transparencia obtenida con Disco Secchi (DS), concentración de Clorofila a (Clorf a) y Fósforo total (PT). Resalta el punto Centro Lago Chico por presentar el valor total más alto, mientras que los puntos Hatolaguna, Desaguadero y Conexión - Lagos presentaron los más bajos con valores de 32.842, 32.858 y 32.923 respectivamente.

Tabla 62 Valores del Índice de estado trófico (IETM) - puntos de muestreo

PUNTO DE MUESTREO	IET_MDS	IET_MClorf a	IET_MPT	VALOR TOTAL IET_M
Hatolaguna	24.444	18.826	55.671	32.980
Centro Lago Grande	23.762	22.999	59.913	34.891
Desaguadero	24.917	22.563	51.959	33.146
Conexión - Lagos	24.917	21.629	52.207	32.918
La Custodia	26.437	24.012	50.566	33.672
La Mugre	26.437	26.848	54.057	35.781
Los Pozos	26.707	25.776	52.482	34.988
Centro Lago Chico	26.437	34.567	52.361	37.788

Fuente: (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2021)

2.1.5.2.4.2.1.3 ASPECTOS HIDROBIOLÓGICOS

En este componente se presentan los resultados de estructura y composición de las comunidades hidrobiológicas (Macroinvertebrados, perifiton y fitoplancton), así como también los índices de calidad ecológica implementados y su interpretación.

2.1.5.2.4.2.1.3.1 COMPONENTE MACROINVERTEBRADOS

Se registraron un total de 49 taxones para las dos épocas de muestreo; 44 taxones para el periodo seco (marzo 2021) y 41 taxones para el periodo de lluvias (agosto 2021); distribuidos en siete clases, 16 órdenes, 28 familias. El periodo seco registró el mayor número de especies respecto al periodo de lluvias. A nivel temporal, se registró una variación en la composición de macroinvertebrados entre ríos; para el periodo seco, la mayor riqueza se registró en el río Tobal con un promedio de 22 taxones, y la menor en el río Hatolaguna con 16 taxones. Mientras que para el periodo de lluvias los ríos pozos y Olarte registraron la mayor riqueza con 18 taxones y el menor número de taxones se encontró en el río Tobal con 11. A nivel temporal se encontró una alta variabilidad en la densidad de macroinvertebrados, registrando los mayores aportes en el periodo seco. Para el primer periodo el río Pozos (tramo bajo) presentó la mayor densidad con 2117 ind/m2, mientras que el río tobal bajo el menor aporte con 49 ind/m2. Para el periodo de lluvias la densidad más alta y baja de macroinvertebrados fue hallada en los ríos Olarte (tramo medio) y Hatolaguna (tramo bajo) respectivamente. Se observó una dominancia de los géneros de Dípteros de la familia Chironomidae Cricotopus c.f en todos los cuerpos de agua muestreados y Cardioclaudius en los ríos Pozos y Olarte. Estos taxones registran amplia distribución, además son tolerantes a condiciones de contaminación alta. (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2021).

2.1.5.2.4.2.1.3.2 COMPONENTE PERIFITON

Para los cuatro sistemas muestreados se registraron 55 taxones de la comunidad perifítica, distribuidas en 36 familias, 24 órdenes y 10 clases, donde hacen parte las divisiones Bacillariophyta, Chlorophyta, Cyanophyta, Dinophyta, Euglenophyta y Rodophyta. Las clases más representativas fueron Bacillariophyceae. Fragilariophyceae y Chlorophyceae. Para las dos épocas de muestreo el río Hato laguna reportó un promedio de 35 morfoespecies, seguidos de Olarte con 34, Pozos con 32 y por último Tobal con 27 morfoespecies. A nivel temporal no se registró una variación en la ocurrencia de algas perifiticas en los tramos bajo y medio de los sistemas muestreados. A nivel general la densidad de algas perifiticas fue heterogénea en los ríos muestreados; evidenciando un mayor aporte en el mes de Marzo con un promedio de 6837 ind/cm2. En el periodo seco, se registró un mayor aporte en el río Hato laguna, con un promedio de 9939 ind/cm2, seguido de Pozos con 8639 ind/cm2 , río Olarte con 5530 ind/cm2 y por último rio Tobal con 3238 ind/cm2. En contraste para el periodo de Agosto, la densidad mas alta se registró para el río Olarte con un promedio de 6102 ind/cm2 , seguido de Tobal con 5124 ind/cm2 , Hato laguna con 3198 ind/cm2 y Pozos con 2596 ind/cm2 (Figura 36). En general se reportaron especies con una amplia distribución espacial, como es el caso del género Encyonema, Reimeria, cf. Achnanthidium. (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2021).

2.1.5.2.4.2.1.3.3 INDICES DE CALIDAD EN BASE A LAS COMUNIDADES HIDROBIOLÓGICAS

2.1.5.2.4.2.1.3.4 ÍNDICE BIÓTICO ANDINO PARA MACROINVERTEBRADOS (ABI MACRO)

Para el periodo seco (Marzo); Según el Índice ABI, el sitio Tobal tramo bajo presentó un estado de calidad muy crítico con aguas muy contaminadas. Este punto presentó poca riqueza de familias y presencia de organismos tolerantes a la contaminación como los Oligoquetos de la Familia Lumbriculidae. Los puntos del río Hatolaguna y los Pozos tienen una calidad ecológica entre crítica y dudosa con aguas muy y moderadamente contaminadas respectivamente. Esto podría explicarse por presencia general de organismos de la familia Chironomidae como Cricotopus, Cardioclaudius, Amfípodos como Hyalella y Gasterópodos como Physella, los cuales pueden tolerar de forma moderada la contaminación. Por otro lado, los mayores puntajes de este índice y mejores condiciónes de calidad se presentaron en el río Olarte y el tramo medio del río Tobal, en donde se identificaron organismos moderadamente sensibles a la contaminación de los órdenes Trichoptera (Atopsyche, Hydroptila), Ephemeroptera (Baetodes y Andesiops) y Díptera de la familia Simuliidae. (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2021).

Para el periodo de lluvias (Agosto); Según el Índice ABI, todos los sitios muestreados presentaron una calidad dudosa con aguas moderadamente contaminadas en especial el sitio Tobal tramo bajo. En general, en estos puntos, abundaron organismos tolerantes a la contaminación como los Oligoquetos de la Familia Lumbriculidae y Chironomidae como Cricotopus, Cardioclaudius. Además, en estos puntos se observó una baja riqueza de macroinvertebrados (6-9 taxones). Por otro lado, el punto Olarte tramo bajo presentó una calidad ecológica aceptable que indica aguas poco contaminadas, esto podría explicarse por presencia de algunos organismos poco tolerantes a la contaminación como algunas familias de Efemerópteros como Baetidae (Baetodes y Andesiops) y de Tricópteros como Hydrobiosidae (Atopsyche) e Hydroptilidae (Hydroptila). Así mismo, este punto tuvo la mayor riqueza de géneros. (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2021).

2.1.5.2.4.2.1.3.5 ÍNDICE MULTIMÉTRICO DEL ESTADO ECOLÓGICO PARA RÍOS ALTOANDINOS (IMEERA):

Para el periodo seco, el estado ecológico del río Los Pozos y el tramo bajo del río Tobal se encuentra entre “Pésimo” y “Malo”. Esto podría explicarse por la dominancia de organismos de la familia de dípteros Chironomidae y anfípodos como Hyalella. Por otra parte, el tramo bajo del río Hatolaguna y medio del río Olarte presentan un estado ecológico “Moderado”. Por último, los sitios con estado ecológico “Bueno” corresponden a los tramos medios del río Hatolaguna, Tobal y el tramo bajo del río Olarte. Para el periodo de lluvias, el estado ecológico del río Tobal y el tramo bajo del río Los Pozos se encuentra entre “Pésimo” y “Malo”. Esto podría explicarse por la baja riqueza de taxones en estos puntos y la presencia de organismos de la familia de dípteros Chironomidae (Cricotopus) y Oligochaeta como Lumbriculiidae. A nivel general, el indice IMEERA, indicó una alta variabilidad a nivel espacial entre ríos; A nivel temporal el tramo medio del

río hatolaguna presentó una condición buena, el tramo bajo en el río Pozos registró una mala calidad mientras que el río Tobal tramo bajo evidenció una calidad pésima para las dos épocas. (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2021).

2.1.5.3 Inventario de obras hidráulicas

Se realizo un consolidado de las estructuras hidráulicas presentes en el área de estudio que se encontrasen registradas en la corporación mediante un permiso de ocupación de cauce o concesión de aguas superficiales encontrando un total de 39 estructuras, 13 en el municipio de Aquitania, 9 en el municipio de Cuitiva y 17 en el municipio de Tota. De las 39 estructuras 10 están a nombre de una persona natural, 28 a nombre de una persona jurídica y 1 no se encuentra con dicha información. 30 estructuras están bajo la figura de solicitud de ocupación del cauce y los 9 restantes bajo la figura de concesión de aguas superficiales. Como se puede observar en la Tabla 63.

Tabla 63. Estructuras hidráulicas identificadas por expedientes activos en la corporación

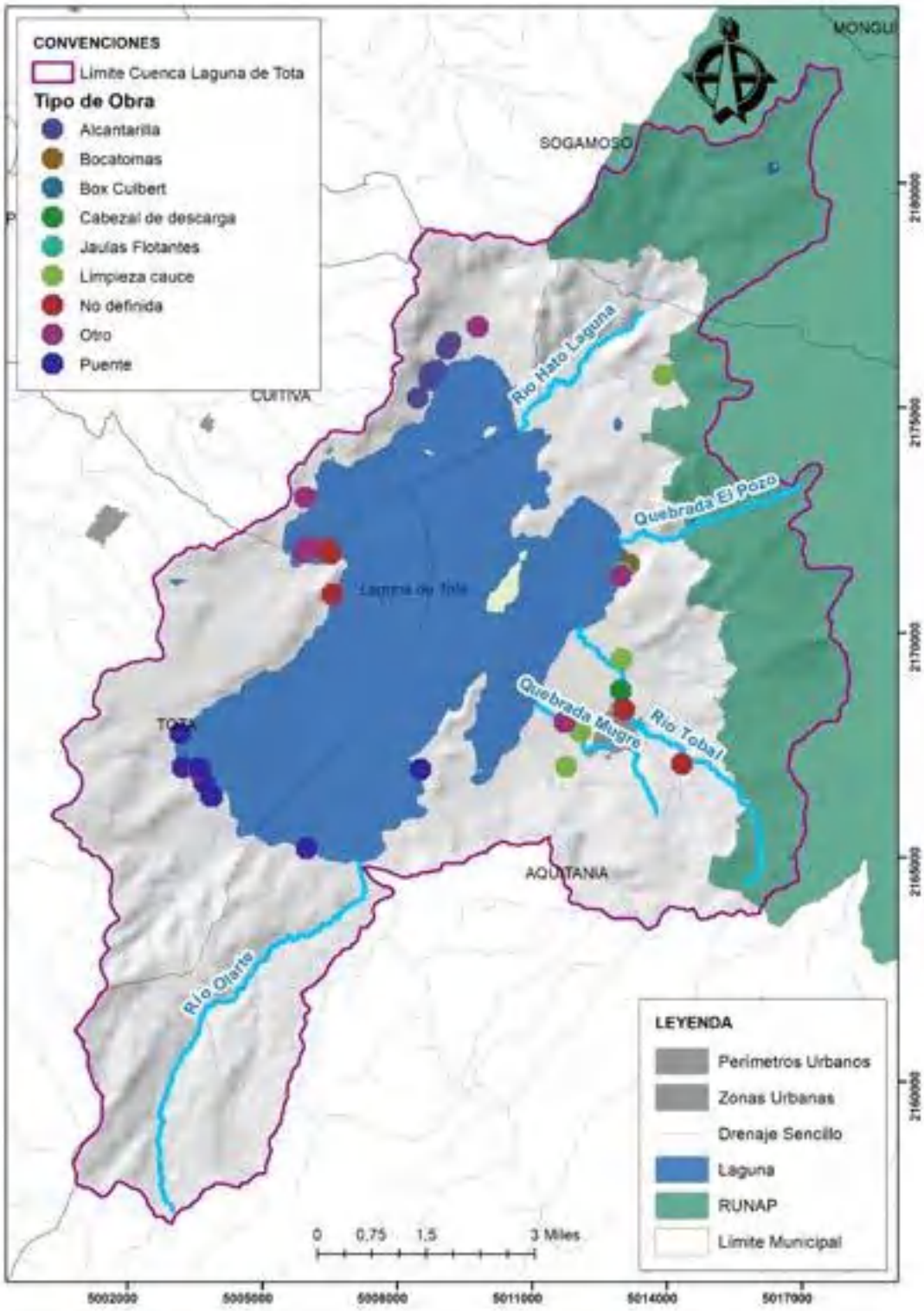
MUNICIPIO	EXPEDIENTE	TIPO DE PERSONA	NOMBRE	FUENTE	TIPO DE SOLICITUD	TIPO DE OBRA
AQUITANIA	OPOC-00056-17	JURIDICA		LAGO DE TOTA	OCUPACION DE CAUCE	BOCATOMAS
	OPOC-00018-18	JURIDICA	MUNICIPIO DE AQUITANIA	RIO TOBAL	OCUPACION DE CAUCE	CABEZAL DE DESCARGA
	OPOC-00013-11	JURIDICA	PRODUCTORA DE TRUCHA LAGO DE TOTA S.A.S.	LAGO DE TOTA	OCUPACION DE CAUCE	JAULAS FLOTANTES
	OPOC-00040-17	JURIDICA	MUNICIPIO DE AQUITANIA	Q. LOS POZOS	OCUPACION DE CAUCE	LIMPIEZA CAUCE
	OPOC-00040-17	JURIDICA	MUNICIPIO DE AQUITANIA	Q. HATO VIEJO	OCUPACION DE CAUCE	LIMPIEZA CAUCE
	OPOC-00040-17	JURIDICA	MUNICIPIO DE AQUITANIA	Q. LA MUGRE	OCUPACION DE CAUCE	LIMPIEZA CAUCE
	OPOC-00040-17	JURIDICA	MUNICIPIO DE AQUITANIA	Q. AGUA BLANCA	OCUPACION DE CAUCE	LIMPIEZA CAUCE
	OPOC-00009-11	JURIDICA	MUNICIPIO DE AQUITANIA	Q. LOS COLORADOS	OCUPACION DE CAUCE	NO DEFINIDA
	OPOC-00009-11	JURIDICA	MUNICIPIO DE AQUITANIA	RIO TOBAL	OCUPACION DE CAUCE	NO DEFINIDA
	OPOC-00030-16	NATURAL	ALVARO RIVEROS FONSECA	Q. LA MUGRE	OCUPACION DE CAUCE	OTRO
	OPOC-00018-17	NATURAL	OCTAVIO LOPEZ GUTIERREZ	LAGO DE TOTA	OCUPACION DE CAUCE	OTRO
	OPOC-00027-20	NATURAL	MANICA MAR	LAGO DE TOTA	OCUPACION DE CAUCE	PUENTE
	OPOC-00071-18	JURIDICA	YUKATAN CABADAS S.A.S.	LAGO DE TOTA	OCUPACION DE CAUCE	PUENTE
CUITIVA	OPOC-00027-19	JURIDICA	CONSORCIO FURA	CANAL AGUAS DE ESCORRENTOA	OCUPACION DE CAUCE	ALCANTARILLA
	OPOC-00027-19	JURIDICA	CONSORCIO FURA	CANAL AGUAS DE ESCORRENTOA	OCUPACION DE CAUCE	ALCANTARILLA

MUNICIPIO	EXPEDIENTE	TIPO DE PERSONA	NOMBRE	FUENTE	TIPO DE SOLICITUD	TIPO DE OBRA
	OPOC-00027-19	JURIDICA	CONSORCIO FURA	CANAL AGUAS DE ESCORRENTOA	OCUPACION DE CAUCE	ALCANTARILLA
	OPOC-00027-19	JURIDICA	CONSORCIO FURA	QUEBRADA N.N	OCUPACION DE CAUCE	ALCANTARILLA
	OPOC-00027-19	JURIDICA	CONSORCIO FURA	CANAL AGUAS DE ESCORRENTOA	OCUPACION DE CAUCE	ALCANTARILLA
	OPOC-00027-19	JURIDICA	CONSORCIO FURA	CANAL AGUAS DE ESCORRENTOA	OCUPACION DE CAUCE	ALCANTARILLA
	OPOC-00027-19	JURIDICA	CONSORCIO FURA	Q. LOS RICOS	OCUPACION DE CAUCE	BOX CULBERT
	OPOC-00029-15	JURIDICA	CONSORCIO MUISCA SOGAMOSO	Q. SALITRE	OCUPACION DE CAUCE	OTRO
	OPOC-00027-19	JURIDICA	CONSORCIO FURA	CANAL AGUAS DE ESCORRENTIA	OCUPACION DE CAUCE	OTRO
TOTA	OOCA-00049-06	JURIDICA	PISCICULTURA LAGO DE TOTA S.A.	LAGO DE TOTA	CONCESION DE AGUA SUPERFICIAL	NO DEFINIDA
	OOCA-00049-06	JURIDICA	PISCICULTURA LAGO DE TOTA S.A.	LAGO DE TOTA	CONCESION DE AGUA SUPERFICIAL	NO DEFINIDA
	OOCA-00049-06	JURIDICA	PISCICULTURA LAGO DE TOTA S.A.	LAGO DE TOTA	CONCESION DE AGUA SUPERFICIAL	NO DEFINIDA
	OOCA-00049-06	JURIDICA	PISCICULTURA LAGO DE TOTA S.A.	LAGO DE TOTA	CONCESION DE AGUA SUPERFICIAL	NO DEFINIDA
	OOCA-00049-06	JURIDICA	PISCICULTURA LAGO DE TOTA S.A.	LAGO DE TOTA	CONCESION DE AGUA SUPERFICIAL	NO DEFINIDA
	OPOC-00015-17	NATURAL	LUIS ANDRES PEDRAZA CHAPARRO	LAGO DE TOTA	OCUPACION DE CAUCE	NO DEFINIDA
	OOCA-00155-07	JURIDICA	PISCIFACTORIA REMAR LIMITADA	LAGO DE TOTA	CONCESION DE AGUA SUPERFICIAL	OTRO
	OOCA-00155-07	JURIDICA	PISCIFACTORIA REMAR LIMITADA	LAGO DE TOTA	CONCESION DE AGUA SUPERFICIAL	OTRO
	OOCA-00155-07	JURIDICA	PISCIFACTORIA REMAR LIMITADA	LAGO DE TOTA	CONCESION DE AGUA SUPERFICIAL	OTRO
	OOCA-00155-07	JURIDICA	PISCIFACTORIA REMAR LIMITADA	LAGO DE TOTA	CONCESION DE AGUA SUPERFICIAL	OTRO
	OPOC-00002-21		LUZ HERMINDA PULIDO JOYA		OCUPACION DE CAUCE	OTRO
	OPOC-00024-20	NATURAL	CESAR JAVIER RODRIGUEZ CABANZO	LAGO DE TOTA	OCUPACION DE CAUCE	PUENTE
	OPOC-00053-19	NATURAL	CESAR ALEJANDRO RINCON BARRERA	LAGO DE TOTA	OCUPACION DE CAUCE	PUENTE
	OPOC-00051-19	NATURAL	EVER GIOVANNY LEMUS PEREZ	LAGO DE TOTA	OCUPACION DE CAUCE	PUENTE
	OPOC-00078-19	NATURAL	MARIA EDELMIRA CARDENAS BELLO	LAGO DE TOTA	OCUPACION DE CAUCE	PUENTE
	OPOC-00033-20	NATURAL	CESAR JAVIER RODRIGUEZ CABANZO	LAGO DE TOTA	OCUPACION DE CAUCE	PUENTE
	OPOC-00034-20	NATURAL	JULIO CESAR LOPEZ GIL	LAGO DE TOTA	OCUPACION DE CAUCE	PUENTE

Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

Del total de estructuras hidráulicas, se encuentran 8 puentes (20,51%), 9 en la categoría otro (23,07%), 8 no definidas o sin información (20,51%), 4 de limpieza de cauce (10,25%), 1 jaula flotante (2,56%), 1 cabezal de descarga (2,56%), 1 box culbert (2,56%), 1 bocatoma (2,56%), y 6 alcantarillas (15,38%).

Figura 107. Localización de las estructuras identificadas en el área de estudio



Fuente: Consorcio PORH Lago de Tota 21

3 BIBLIOGRAFÍA

Alcaldia de Aquitania. (2000). *SUBSISTEMA BIÓTICO, Esquema de ordenamiento territorial.*

Alcaldia de Aquitania. (2020). *Plan de desarrollo municipio de Aquitania (2020-2023).*

Alcaldia de Cuítiva. (2020). *Plan de desarrollo municipio de Cuítiva (2020-2023).*

Alcaldía de Paipa. (2000). Plan de Ordenamiento Territorial - POT.

Alcaldía de Paipa. (2020-2023). Plan de Desarrollo Municipal "con sumercé podemos avanzar".

Alcaldia de Sogamoso. (2016). *GENERALIDADES HISTORICAS, LOCALIZACION, EXTENSION Y DIVISION POLITICA, DIMENSION AMBIENTAL.*

Alcaldia de Sogamoso. (2020). *Plan de desarrollo municipio de Sogamoso (2020-2023).*

Alcaldia de Tota. (2015). *DIAGNOSTICO TERRITORIAL Y COMUNITARIO, ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL - TOTA, REVISIÓN GENERAL.*

Alcaldia de Tota. (2020). *Plan de desarrollo municipio de Tota (2020-2023).*

Alcaldía de Villavicencio. (2016). *Plan de Acción Villavicencio 2016-2019.* Villavicencio.

Aller, L., Bennett, T., Lehr, J., Petty , R., & Hacket, G. (1987). *DRASTIC: a standarized system for evaluating pollution potential using hydrogeologic settings.* Oklahoma: USEPA Report 600/2- 87/035.

Banco de la republica de Colombia. (2019). *Boletin economico regional IV trimestre de 2019.* Caldas, Quindio, Risaralda.

Barrera Escoda, A. (junio de 2004). Técnicas de completado de series mensuales y aplicación al estudio de la influencia de la NAO en la distribución de la precipitación en España. Barcelona: Universidad de Barcelona- DAM.

Cámara de Comercio de Duitama. (2016). *Caracterización socioeconómica y empresarial jurisdicción Cámara de Comercio de Duitama*. (https://ccduitama.org.co/comunicados/CARACTERIZACIONSOCIOECONOMICACCD2016.pdf) Obtenido de CC Duitama.

CARDIQUE. (2017). *Plan De Ordenación Forestal Para La Corporación Autonóma Regional Del Canal Del Dique - Cardique. Cartagena.*

Carvajal, J. (2012). *Propuesta de estandarización de la cartografía geomofológica en Colombia.* Bogotá D.C.: Servicio Geológico Colombiano.

CEPAL. (s.f.). *Comisión Económica para América Latina y el Caribe*. Obtenido de https://www.cepal.org/sites/default/files/def_ind.pdf

Concejo Municipal de Villavicencio. (2015). Acuerdo N° 287 . *Por medio del cual se adopta el nuevo Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Villaviencio y se dictan otras disposiciones*.

Cordero, F. (2016). Autonomías y Desarrollo Territorial y Urbanístico: Memorias del IX Simposio Nacional de Desarrollo Urbano y Planificación Territorial. *Comisión Coordinadora del Simposio Nacional de Desarrollo Urbano y Planificación Territorial.* Ecuador: Universidad de Cuenca.

CORMACARENA. (2015). *Plan Departamental de Gestión del Riesgo a Incendios Forestales*. Obtenido de https://cormacarena.gov.co/documentos/Riesgo/META_PDGRD_IF.pdf

CORPOBOYACÁ. (1999). *DIAGNOSTICO TERRITORIAL, ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE CUITIVA .*

Corpoboyacá. (2009). *Formulación del Plan General de Ordenamiento y Manejo Forestal – PGOF en la Jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá CORPOBOYACA*.

CORPOBOYACA. (2009). *RESOLUCION 1174 DE 2009.*

CORPOBOYACÁ. (2011). *IDENTIFICACIÓN, DELIMITACIÓN CARACTERIZACIÓN, DIAGNÓSTICO Y PLAN DE MANEJO DEL PÁRAMO DE SISCUENSI EN LAS VEREDAS LAS CAÑAS Y LAS CINTAS DEL MUNICIPIO DE SOGAMOSO.*

CORPOBOYACÁ. (2011). *Plan general de ordenación forestal en la jurisdicción de la corporación autónoma regional de Boyacá.*

CORPOBOYACÁ. (2012). *Acuerdo 005 de 2012.*

CORPOBOYACÁ. (2012). *RESOLUCION 1539 13 DE JUNIO DE 2012.*

CORPOBOYACA. (2014). *RESOLUCION 1088 DE 2014.*

CORPOBOYACA. (2014). *RESOLUCION 2692 DE 2014.*

CORPOBOYACA. (2014). *RESOLUCION 3071 DE 2014.*

CORPOBOYACA. (2017). *RESOLUCION 1310 DE 2017.*

CORPOBOYACA. (2022). *RESOLUCION 421 DE 2022.*

Corpoboyacá. (2022). *Seguimiento a la calidad del agua para las estaciones del Lago de Tota*.

CORPOBOYACA, CORPOCHIVOR, CORPORINOQUIA. (2021). *Resolución conjunta (Corpochivor 749 de 2021, Corpoboyacá 1129 de 2021, Corporinoquia 0693 de 2021).*

Corpoboyacá, Geocing SAS. (2019). *Plan de Manejo del Distrito Regional de Manejo Integrado del Lago Sochagota y la cuenca que lo alimenta.*

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL – CORPOBOYACA. (2021). *INFORME DEL MONITOREO HIDROBIOLOGICO EN LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS DE LA CUENCA DEL LAGO DE TOTA Y SUS FUENTES TRIBUTARIAS.*

Corporación Autónoma Regional de Boyacá, Corpoboyacá. (2020). *Plan de acción Institucional, para el periodo 2020 -2023, "Acciones Sostenibles: Tiempo de Pactar la Paz con la Naturaleza".*

DNP. (2014). *CONPES 3801 - MANEJO AMBIENTAL INTEGRAL DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL LAGO DE TOTA.*

Dong, Y., & Peng, C.-Y. (2013). Principled missing data methods for researchers. *SpringerPlus, 2*(222).

E.S.E. Hospital San Vicente de Paul de Paipa. (2019). Análisis de situación de salud con el modelo de los determinantes sociales de salud, municipio de Paipa Boyacá.

EL TIEMPO. (28 de septiembre de 2020). *Múltiples daños en cinco municipios por vendaval en el Meta*. Obtenido de https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/en-villavicencio-afectaciones-por-vendaval-en-meta-540319

Espinel Rojas, W. H. (2011). Transformación del área urbana de Paipa (Boyacá), 1950-2010. Análisis geohistórico. *Perspectiva Geográfica*, 133-150.

FONSECA, A. D. (2018). *CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL LAGO DE TOTA (BOYACÁ).*

GEF, CAF, CONDENSAN. (2021). *Proyecto Adaptación a los impactos del cambio climático en recursos hídricos en los Andes*.

Gobernación de Boyacá. (2020). *PLAN DE DESARROLLO DEPARTAMENTAL DE BOYACA (2020-2023).*

González del Tánago, M., & García de Jalón, D. (1995). *Principios básicos para la restuaración de ríos y riberas*.

Guerrero Peña, A., & Díaz Londoño, G. M. (2007). *Introducción de Errores en la Medición.* Medellin.

ICONTEC. (26 de noviembre de 2008). Norma Técnica Colombiana - NTC 4552-1. *Protección contra descargas eléctricas atmosféricas (rayos). Parte 1: principios generales*.

IDEAM. (2010). Estudio Nacional del Agua. Bogotá D.C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

IDEAM. (2010). *ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA.*

IDEAM. (2013). *Zonificación y codificación de uniades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia*.

IDEAM. (2014). *Curvas Intensidad Duración Frecuencia-IDF*. Obtenido de http://www.ideam.gov.co/curvas-idf/-/document_library_display/WiU2xPoyv4KA/view/24541172?_110_INSTANCE_WiU2xPoyv4KA_topLink=home&_110_INSTANCE_WiU2xPoyv4KA_delta2=20&_110_INSTANCE_WiU2xPoyv4KA_keywords=&_110_INSTANCE_WiU2xPoyv4KA_advancedSearch=false&_110

IDEAM. (2017). MAPA ECOSISTEMAS CONTINENTALES, COSTEROS Y MARINOS ESCALA 1:100.000.

IDEAM. (2014). *Estudio nacional de aguas.*

IGAC. (2005). *Estudio general y zonificación de tierras del Departamento de Boyacá. Escala 1:100000.* Bogotá D.C.: IGAC.

IGAC. (2014). *Instructivo: Códigos para los levantamientos de suelos.* Bogotá, D.C.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

IGAC. (2014). *Metodología para la clasificación de tierras por su capacidad de uso.* Bogotá, D.C.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

IGAC. (2017). *Metodología: Elaboración de cartografía geomorfológica aplicada a levantamientos de suelos.* Bogotá, D.C.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

IGAC. (2018). *Glosario de términos geomorfológicos aplicados a levantamientos de suelo.* Bogotá, D.C.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

INGEOMINAS. (2000). *Memoria tecnica final de la vulnerabilidad intrinseca a la contaminación de los acuiferos.* Bogotá.

INGEOMINAS. (2003). *Atlas de aguas subterráneas de Colombia en escala 1:500.000.* Bogotá.

Instituto Clodomiro Picado. (2009). *El envenenamiento por mordedura en Centroamérica*. Obtenido de http://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/30344/El_envenenamiento_por_mordedura_en_Centroamerica_2009_color.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2019). *Atlas de viento en Colombia*. Obtenido de http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasVientos.html

Lampretch. (1990). Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas -posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido.

Leza; Escriña; Asociados S.A. (2015). *Circular 07.15; Nuevos riesgos Energía Solar Fotovoltaica.* Obtenido de https://www.lea-global.com/uploads/circulares/2015/09/5_nuevos_riesgos_-_energia_solar_fotovoltaica.pdf

López, D. M. (2013). *FORMULACIÓN DE ESTRATEGIAS DE PLANIFICACIÓN AMBIENTAL Y SECTORIAL EN LA CUENCA DEL LAGO DE TOTA, FUNDAMENTADAS EN LOS OBJETIVOS DE OFERTA, DEMANDA, CALIDAD, RIESGO Y GOBERNANZA ESTABLECIDOS EN LA POLÍTICA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍD.*

MADS. (2018). *GUÍA TÉCNICA DE CRITERIOS PARA EL ACOTAMIENTO DE LAS RONDAS HÍDRICAS EN COLOMBIA.* Bogotà: Guìa Tecnica.

Mariño Martínez, J., Veloza Franco, J. A., & Martínez Sánchez, A. (2017). Análisis de la precipitación y la recarga de acuíferos en Tota e Ibagué (Colombia) a partir de isótopos estables (18O y 2. *Revista Facultad de Ingeniería de la UPTC*, 61-71.

Melo, O., & Vargas, R. (2001). Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Universidad del Tolima CRQ, CARDER, CORPOCALDAS, CORTOLIMA, 222 p. .

Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Propuesta metodológica para la evaluación de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación.* Bogotá.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2013). *Cuencas objeto de planificación estratégica (Áreas hidrográficas).*

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). *Estructuración de lineamientos estratégicos y gestión de acuerdos con actores claves del plan estrategico macrocuenca Orinoco.*

Ministerio de Cultura. (s.f.). *Encuentro nacional de Bandas de música de Paipa*. Obtenido de http://patrimonio.mincultura.gov.co/legislacion/Paginas/Encuentro-nacional-de-Bandas-de-m%C3%BAsica-en-Paipa.aspx

Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad.* (Vol. 1). Zaragoza: M&T–Manuales y Tesis SEA.

Norato, L. A. (05 de 07 de 2019). *Cocina y tradición en el altiplano cundiboyacense*. Obtenido de Señal Memoria RTCV: https://www.senalmemoria.co/articulos/cocina-y-tradicion-en-el-altiplano-cundiboyacense

Observatorio Ambiental de Boyacá. (2021). *Importancia del Plan Integral de Cambio Climático de Boyacá (PICCB).*

Oficina Municipal de Gestión del Riesgo. (2020). Villavicencio ha perdido más de 290 hectáres por incendios forestales. *Decibeles FM*.

ONU. (1972). *Manual de Instrucciones, Estudios Hidrológicos.* San José, Costa Rica: ONU.

Parra, F. M. (2013). La Carranga como escenario vivo de la tradición e identidad cultural local y regional del departamento de Boyacá. *Revista de investigaciones UNAD Bogotá*.

PDM. (25 de julio de 2020). Inundaciones vuelven a poner en emergencia a Villavicencio. *Periódico Del Meta*.

Pedroza Ramos, A., Caraballo, P., & Aranguren Riaño, N. (2016). ESTRUCTURA TRÓFICA DE LOS INVERTEBRADOS ACUÁTICOS ASOCIADOS A Egeria densa (PLANCH. 1849) EN EL LAGO DE TOTA (BOYACÁ-COLOMBIA). *Revista Intropica*, 21-34.

Pineda Alarcón, L. (2021). Delimitación del Área Superficial de la Cobertura de Macrófitas Acuáticas en el Litoral del Lago de Tota y sus Implicaciones Ambientales.

(2015-2025). *Plan Municipal de Gestión del Riesgo y de Desastres de Villavicencio.* Villavicencio.

Plano 3. Zonififcación por amenazas naturales, inundación, suelo rural. (2015). En *Plan de Ordenamiento Territorial.* Villavicencio.

Plano 5. Zonificación de Amenazasa Naturales, Remoción en Masa, Suelo Rural. (2015). En *Plan de Ordenamiento Territorial.* Villavicencio.

Plano 7. Zonififcación de Amenazas Naturales por Avenidas Torrenciales. (2015). En *Plan de Ordenamiento Territorial.* Villavicencio.

REGION CENTRAL. (2021). *PLAN DE SEGURIDAD HÍDRICA (PSH) REGION CENTRAL.*

Román, O. C. (Junio de 2017). Estrategias para el tratamiento de datos faltantes ("missing data") en estudios con datos longitudinales. Universitat Oberta de catalunya.

Rubén D. Cordero, J. E. (2005). *DETERMINACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA CONCENTRACIÓN DE FÓSFORO EN EL LAGO DE TOTA.*

Sánchez, R. A. (2015). t-Student. Usos y Abusos. *Revista Mexicana de Cardiología* .

SGC. (2003). *MEMORIA TECNICA DE LA PLANCHA 5-09.* Bogota.

SGC. (2011). *MEMORIA TÉCNICA PLANCHA 5-09.* Bogotá.

SGC. (2016). *MODELO HIDROGEOLÓGICO DE BOYACÁ CENTRO.* Bogotá.

SINAP; WWF. (2019). *Guía para la Planificación del Manejo en las Áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, versión 4.2.* Bogotá.

Soil Survey Staff. (2012). *Soil Taxonomy* (14 ed.). (U. S. Agriculture, Ed.)

Tapella, E. (2007). *El mapeo de actores clave.* Cordoba: Universidad Nacional de Córdoba .

Torrente, G., Ruiz-Hernández, J. A., Ramírez, M. C., & Rodríguez, Á. (Octubre de 2011). Construcción de una escala para medir el arraigo en inmigrantes latinoamericanos. *Anales de Psicología, 27*(3), 843-851.

Touraine, A. (1987). *Actores sociales y sistema político en América Latina.* Ginebra: PREALCT.

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. (2021). *Gestión del Riesgo*. Obtenido de http://www.gestiondelriesgo.gov.co/sigpad/emergencias/temporada/MapD.aspx?visor=1

Unión Temporal PSMV de Boyacá 2015. (2020). *Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos del municipio de Aquitania, Boyacá*.

Universidad Nacional del Nordeste. (2010). *Introducción a la demografía.*

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. (2021). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y ALERTA TEMPRANA DE CALIDAD HÍDRICA EN LA CUENCA DEL LAGO DE TOTA CON ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD EN ESCENARIOS DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA.*

USDA. (1985). *Criterios para el uso de la taxonomía de suelos en la denominación de unidades cartográficas.* (A. Van Wambeke, & T. Forbes, Edits.) Washington, DC.

VALDERRAMA, J. C. (2013). *CAMBIOS INSTITUCIONALES PARA PRESERVAR LA CANTIDAD Y LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL LAGO DE TOTA.*

Vega Castro, Ó. A., & López Barón, F. N. (2012). Alimentos típicos de Boyacá, Colombia. *Perspect Nutr Humana*, 14.

Zinck, J. (2016). *Geopedología: Elementos de geomorfología para estudios de suelos y de riesgos naturales* (1 ed.). (J. A. Zinck, G. Metternitch, G. Bocco, & H. F. Del Valle, Edits.) New York: Springer.