

PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO (PORH) DE LA QUEBRADA BUENAVISTA Y TRIBUTARIOS PRIORIZADOS

DOCUMENTO FINAL

Convenio interadministrativo 005 de 2022 suscrito entre la Universidad del Tolima y
la Corporación Autónoma Regional del Quindío (CRQ)

Ibagué

2024

Tabla de Contenido

1.	FASE DIAGNÓSTICO.....	23
1.1.	CARACTERIZACIÓN DE LOS CUERPOS DE AGUA OBJETO DE ORDENAMIENTO	23
1.1.1.	Localización	23
1.1.2.	Codificación	24
1.1.3.	Descripción biofísica de la unidad hidrográfica de la Quebrada Buenavista.....	29
1.1.3.1.	Cobertura.....	29
1.1.3.2.	Suelos.....	30
1.1.3.3.	Geología	32
1.1.4.	Descripción biofísica de la unidad hidrográfica de la Quebrada Mina Rica	34
1.1.4.1.	Cobertura.....	34
1.1.4.2.	Suelos.....	35
1.1.4.3.	Geología	37
1.1.5.	Descripción biofísica de la unidad hidrográfica de la Quebrada La Silenciosa	37
1.1.5.1.	Cobertura.....	37
1.1.5.2.	Suelos.....	39
1.1.5.3.	Geología	40
1.1.6.	Descripción biofísica de la unidad hidrográfica de la Quebrada Bambuco	41
1.1.6.1.	Coberturas	41
1.1.6.2.	Suelos.....	43
1.1.6.3.	Geología	44
1.1.7.	Características morfométricas de las unidades hidrográficas de las quebradas Buenavista, Bambuco, Mina Rica y La Silenciosa	45
1.1.7.1.	Parámetros morfométricos asociados a la extensión de la cuenca	46
1.1.7.2.	Parámetros morfométricos asociados a la forma de la cuenca	47
1.1.7.3.	Parámetros morfométricos asociados al relieve de la cuenca	50
1.1.7.4.	Parámetros morfométricos relativos al drenaje	51
1.1.7.5.	Resultados obtenidos de la caracterización morfométrica	55
1.2.	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE PARTICIPACIÓN DE ACTORES PARA EL ORDENAMIENTO	61
1.2.1.	Introducción.....	61
1.2.2.	Conceptualización básica para el desarrollo de la participación en el ordenamiento del recurso hídrico	61
1.2.2.1.	Participación	61

1.2.2.2.	Gobernanza Ambiental	62
1.2.2.3.	Actor.....	62
1.2.2.4.	Actor Relevante	63
1.2.2.5.	Actor representativo	63
1.2.2.6.	Conflicto.....	63
1.2.2.7.	Conflictos por el agua.....	64
1.2.3.	<i>Enfoque metodológico para el proceso de participación.....</i>	65
1.2.3.1.	Contextualización del área de estudio	65
1.2.3.2.	Recopilación de información	67
1.2.3.3.	Espacios de participación en la fase de diagnóstico	68
1.2.4.	<i>Actores relevantes y representativos.....</i>	72
1.2.4.1.	Actores relevantes.....	73
1.2.4.2.	Actores representativos.....	74
1.2.5.	<i>Conflictos por el agua en la quebrada Buenavista y tributarios priorizados según bases de datos</i>	
PQR	74	
1.2.5.1.	Peticiones, Quejas y Reclamaciones del Año 2018 relacionadas con el agua	76
1.2.5.2.	Peticiones, Quejas y Reclamaciones del Año 2019 relacionadas con el agua	77
1.2.5.3.	Peticiones, Quejas y Reclamaciones del Año 2020 relacionadas con el agua	78
1.2.5.4.	Peticiones, Quejas y Reclamaciones del Año 2021 relacionadas con el agua	79
1.2.5.5.	Peticiones, Quejas y Reclamaciones del Año 2022 relacionadas con el agua	80
1.2.6.	<i>Conflictos por el agua en la quebrada Buenavista y tributarios priorizados identificados por los actores participantes.....</i>	88
1.2.6.1.	Problemáticas socioambientales por el agua de la quebrada Buenavista y tributarios priorizados.	89
1.2.6.2.	Problemas identificados por los actores en los municipios de Filandia y Quimbaya.....	90
1.2.6.3.	Potencialidades del recurso hídrico de la quebrada Buenavista y tributarios priorizados	96
1.2.6.4.	Áreas críticas identificadas por los actores	99
1.2.6.5.	Sistematización de conflictos por el agua en la quebrada Buenavista y tributarios priorizados.....	99
1.3.	INFORMACIÓN DE INSTRUMENTOS EXISTENTES	103
1.3.1.	<i>Información de oferta hídrica.....</i>	103
1.3.1.1.	Caudales anuales	103
1.3.1.2.	Caudales mensuales	105
1.3.1.3.	Eventos hidrometeorológicos extremos	107
1.3.1.4.	Tendencia de caudales por efecto del cambio climático.....	108
1.3.1.5.	.....	108
1.3.1.6.	Puntos de monitoreo de agua subterránea	108
1.3.1.7.	Información de conexión entre aguas superficiales y subterráneas en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista.....	114
1.3.2.	<i>Información de demanda hídrica.....</i>	114
1.3.3.	<i>Información de calidad del agua</i>	115
1.3.3.1.	Estudio de modelación de calidad del agua para la quebrada Buenavista (2015).....	115

1.3.3.2.	Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) del municipio de Quimbaya (2017)	117
1.3.3.3.	Evaluación Regional del Agua (ERA) del departamento del Quindío (2017)	121
1.3.3.4.	Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (POMCA) del río La Vieja (2018)	123
1.3.3.5.	Objetivos de calidad para las fuentes hídricas receptoras de vertimiento (2019)	130
1.3.3.6.	Meta individual y global de carga contaminante (2020)	133
1.4.	REDES DE MONITOREO DE CANTIDAD Y CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO	135
1.4.1.	<i>Red hidrometeorológica</i>	135
1.4.2.	<i>Red de calidad del agua</i>	138
1.4.3.	<i>Red de monitoreo hidrobiológico</i>	141
1.5.	IDENTIFICACIÓN DE USUARIOS Y CLASIFICACIÓN DE LOS USOS ACTUALES DEL RECURSO HÍDRICO	142
1.5.1.	<i>Usuarios con concesiones de agua</i>	143
1.5.2.	<i>Usuarios con permiso de vertimiento</i>	147
1.5.3.	<i>Definición de tramos o sectores de análisis</i>	150
1.6.	OFERTA HÍDRICA TOTAL (OHTS), OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE (OHTD) E INDICADORES DE ESTADO DEL RECURSO HÍDRICO	155
1.6.1.	<i>OHTS, Caudal Ambiental y OHTD para los tramos en ordenamiento</i>	155
1.6.1.1.	Tramo 1: Desde nacimiento quebrada Buenavista - Hasta la confluencia de la quebrada Bambuco	157
1.6.1.2.	Tramo 2: Desde nacimiento quebrada Bambuco – Hasta la confluencia a la quebrada Buenavista	158
1.6.1.3.	Tramo 3: Desde la confluencia de la quebrada Bambuco - Hasta aguas arriba del centro poblado Quimbaya	159
1.6.1.4.	Tramo 4: Desde aguas arriba del centro poblado Quimbaya - Hasta la confluencia de la quebrada La Silenciosa	161
1.6.1.5.	Tramo 5: Desde nacimiento de la quebrada La Sopera - Hasta la confluencia a la quebrada Buenavista	162
1.6.1.6.	Tramo 6: Desde nacimiento de la quebrada Mina Rica - Hasta la confluencia a la quebrada Buenavista	163
1.6.1.7.	Tramo 7: Desde la confluencia de la quebrada La Silenciosa - Hasta la confluencia al río La Vieja	165
1.6.2.	<i>Índice de Aridez para los tramos en ordenamiento</i>	166
1.6.3.	<i>Índice de Regulación y Retención Hídrica para los tramos en ordenamiento</i>	171
1.7.	ZONAS DE RECARGA DEL SISTEMA ACUÍFERO DEL QUINDÍO E INTERACCIONES CON AGUAS SUPERFICIALES	172
1.8.	DEMANDA HÍDRICA SECTORIAL Y TOTAL PARA LOS TRAMOS EN ORDENAMIENTO	174
1.8.1.	<i>Demanda doméstica</i>	174
1.8.1.1.	Modelos de proyección de población implementados	174
1.8.1.2.	Cálculo de demanda doméstica por municipio	177
1.8.2.	<i>Demanda pecuaria</i>	179
1.8.3.	<i>Demanda industrial</i>	180
1.8.4.	<i>Demanda agrícola</i>	180
1.8.5.	<i>Demanda piscícola</i>	182
1.8.6.	<i>Demanda hídrica total</i>	183
1.9.	INDICADORES DE PRESIÓN POR USO DEL AGUA Y VULNERABILIDAD AL DESABASTECIMIENTO HÍDRICO	185

1.9.1.	Índice de uso de agua.....	185
1.9.2.	Índice de Vulnerabilidad Hídrica al Desabastecimiento (IVH).....	189
1.10.	ESTADO DE CALIDAD FISICOQUÍMICA DEL AGUA	191
1.10.1.	Definición de la estructura conceptual para la modelación de la calidad de agua	191
1.10.1.1.	Definición de requisitos de información adicional para la implementación del modelo	191
1.10.1.2.	Protocolo de modelación.....	191
1.10.1.3.	Esquema conceptual.....	193
1.10.1.4.	Definición de los determinantes de calidad del agua a simular.....	195
1.10.1.5.	Definición del número de campañas a realizar	195
1.10.1.6.	Segmentación del sistema hidrológico para la modelación.....	198
1.10.1.7.	Selección del modelo de calidad de agua	201
1.10.1.8.	Descripción general de la estructura del modelo seleccionado	201
1.10.2.	Diseño y ejecución del plan de monitoreo	203
1.10.2.1.	Monitoreos históricos de caudal y calidad de agua superficial	203
1.10.2.2.	Criterios de selección de sitios de monitoreo.....	204
1.10.2.3.	Salida de reconocimiento y verificación de los sitios de muestreo	205
1.10.2.4.	Definición del número de campañas a realizar	211
1.10.2.5.	Definición de los determinantes de calidad del agua a simular.....	211
1.10.2.6.	Sitios de monitoreo definidos para el PORH de la quebrada Buenavista.....	214
1.10.2.7.	Desarrollo de las campañas de monitoreo	220
1.10.3.	Construcción de la línea base	257
1.10.3.1.	Consolidación de usos existentes del recurso hídrico	257
1.10.3.2.	Elaboración de los perfiles de calidad actual de los cuerpos de agua	259
1.10.3.3.	Estimación de índice de calidad fisicoquímica.....	276
1.10.4.	Estimación de la vulnerabilidad, amenaza y Riesgos	289
1.10.4.1.	Vulnerabilidad	289
1.10.4.2.	Amenaza	290
1.10.4.3.	Riesgo	292
1.11.	ESTADO DE CALIDAD HIDROBIOLÓGICA DEL AGUA.....	294
1.11.1.	Área de estudio.....	294
1.11.2.	Métodos de Campo y Laboratorio	300
1.11.2.1.	Protocolo de monitoreo comunidad Perifítica	300
1.11.2.2.	Protocolo de monitoreo Macroinvertebrados acuáticos	303
1.11.2.3.	Protocolo de monitoreo ictiofauna.....	305
1.11.3.	Resultados y Discusión.....	308
1.11.3.1.	Comunidad perifítica.....	308
1.11.3.2.	Macroinvertebrados acuáticos.....	319
1.11.3.3.	Comunidad íctica.....	332
1.11.4.	Concusiones del estado de calidad hidrobiológica.....	350
1.11.4.1.	Perifiton	350

1.11.4.2.	Macroinvertebrados acuáticos.....	350
1.11.4.3.	Peces.....	351
2.	FASE IDENTIFICACIÓN DE USOS POTENCIALES.....	353
2.1.	COMPONENTE DE PARTICIPACIÓN DE ACTORES EN LA DEFINICIÓN DE USOS POTENCIALES DEL RECURSO HÍDRICO	354
2.1.1.	<i>Enfoque metodológico aplicado para la identificación participativa de usos potenciales del recurso hídricos.....</i>	354
2.1.1.1.	Técnicas y herramientas implementadas.....	355
2.1.2.	<i>Usos potenciales identificados por los actores.....</i>	355
2.1.2.1.	Escenario prospectivo participativo del recurso hídrico	361
2.2.	IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE CALIDAD DEL AGUA	363
2.2.1.	<i>Información Hidrológica de entrada al modelo de calidad del agua</i>	363
2.2.2.	<i>Componente Hidráulico en la modelación de calidad del agua</i>	363
2.2.2.1.	Componente hidráulico en la quebrada Buenavista.....	364
2.2.2.2.	Componente hidráulico en la quebrada Bambuco	369
2.2.2.3.	Componente hidráulico en la quebrada la Silenciosa.....	372
2.2.2.4.	Componente hidráulico en la quebrada Mina Rica	375
2.3.	FORMULACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE CALIDAD DEL AGUA	378
2.3.1.	<i>Proyección de concentraciones por escenarios de simulación definidos.....</i>	382
2.3.2.	<i>Resultados de la simulación de escenarios</i>	386
2.3.2.1.	Resultados de la simulación para el cauce principal de la Quebrada Buenavista	388
2.3.2.2.	Resultados de la simulación para el cauce principal de la Quebrada La Silenciosa	406
2.3.2.3.	Resultados de la simulación para el cauce principal de la Quebrada Mina Rica	421
2.3.2.4.	Resultados de la simulación para el cauce principal de la Quebrada Bambuco.....	434
2.4.	CLASIFICACIÓN DE LOS CUERPOS DE AGUA Y DEFINICIÓN DE USOS POTENCIALES	445
2.4.1.	<i>Clasificación de los tramos objeto de ordenamiento en función de los vertimientos</i>	445
2.4.2.	<i>Identificación de los usos potenciales del agua.....</i>	447
2.5.	REVISIÓN Y AJUSTE DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD DEL AGUA DE LOS TRAMOS EN ORDENAMIENTO.....	449
2.5.1.	<i>Objetivos de Calidad del Agua para el Cauce Principal de la Quebrada Buenavista</i>	450
2.5.2.	<i>Objetivos de Calidad del Agua para el Cauce Principal de la Quebrada Bambuco</i>	452
2.5.3.	<i>Objetivos de Calidad del Agua para el Cauce Principal de la Quebrada La Silenciosa</i>	453
2.5.4.	<i>Objetivos de Calidad del Agua para el Cauce Principal de la Quebrada Mina Rica</i>	454
2.6.	PROHIBICIÓN DE USOS ESPECÍFICOS	456
2.7.	ESTIMACIÓN CUALITATIVA DE RIESGOS ASOCIADOS A REDUCCIÓN DE LA OFERTA Y DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO	457
2.7.1.	<i>Vulnerabilidad.....</i>	457
2.7.1.1.	Vulnerabilidad en los tramos de la quebrada Buenavista	458
2.7.1.2.	Vulnerabilidad en el tramo de la quebrada Bambuco	458
2.7.1.3.	Vulnerabilidad en el tramo de la quebrada La Silenciosa.....	458
2.7.1.4.	Vulnerabilidad en el tramo de la quebrada Mina Rica	458

2.7.2.	Amenaza.....	459
2.7.2.1.	Determinación de la amenaza en los tramos de la quebrada Buenavista.....	459
2.7.2.2.	Determinación de la amenaza en los tramos de la quebrada Bambuco	460
2.7.2.3.	Determinación de la amenaza en los tramos de la quebrada La Silenciosa	461
2.7.2.4.	Determinación de la amenaza en los tramos de la quebrada Mina Rica.....	461
2.7.3.	Riesgo.....	462
2.7.3.1.	Análisis del riesgo en los tramos de la quebrada Buenavista.....	462
2.7.3.2.	Análisis del riesgo en los tramos de la quebrada Bambuco	463
2.7.3.3.	Análisis del riesgo en los tramos de la quebrada La Silenciosa	463
2.7.3.4.	Análisis del riesgo en los tramos de la quebrada Mina Rica.....	463
3.	FASE ELABORACIÓN DEL PLAN	464
3.1.	ARTICULACIÓN CON EL PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA DEL RÍO LA VIEJA.....	464
3.1.1.	Correspondencia de indicadores del componente Recurso Hídrico entre POMCA y PORH	464
3.1.2.	Coherencia de la zonificación ambiental del POMCA del río La Vieja en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista y tributarios priorizados con los elementos de ordenamiento del PORH.....	465
3.1.3.	Necesidades de ajustes del POMCA en su componente programático	465
3.2.	ARTICULACIÓN CON OTROS INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN	466
3.3.	PROGRAMAS, PROYECTOS Y ACTIVIDADES PARA EL ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO	467
3.3.1.	Programa 1: Seguimiento y monitoreo del recurso hídrico	468
3.3.1.1.	Proyecto PG1-01: Red de monitoreo hidrológico y meteorológico en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista.....	468
3.3.1.2.	Proyecto PG1-02: Monitoreo y seguimiento a la calidad del recurso hídrico	471
3.3.1.3.	Proyecto PG1-03: Monitoreo piezométrico y de calidad del agua subterránea	474
3.3.1.4.	Proyecto PG1-04: Seguimiento y monitoreo hidrobiológico.....	476
3.3.1.5.	Proyecto PG2-01: Construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales en el municipio de Quimbaya	476
3.3.1.6.	Proyecto PG2-02: Evaluación de cargas contaminantes difusas de origen agropecuario en la parte alta y media de la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista	477
3.3.1.7.	Proyecto PG2-03: Construcción, recuperación y/o mantenimiento de pozos sépticos en áreas rurales	478
3.3.1.8.	Proyecto PG2-04: Proyecto de Manejo Integrado de Residuos Sólidos	479
3.3.1.9.	Proyecto PG3-01: Implementación de sistemas de potabilización en áreas rurales de la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista	479
3.3.1.10.	Proyecto PG3-02: Legalización de usuarios del recurso hídrico en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista	480
3.3.1.11.	Proyecto PG4-01: Recuperación, protección y conservación de nacimientos de agua y zonas de ribera	481
3.3.1.12.	Proyecto PG4-02: Pago por servicios ambientales para la conservación del agua en la subzona hidrográfica de la quebrada Buenavista	482

3.3.1.13.	Proyecto PG5-01: Promoción de buenas prácticas agrícolas y pecuarias en los sistemas productivos de la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista.....	483
3.3.1.14.	Proyecto PG6-01: Implementación y Seguimiento a programas de ahorro y uso eficiente del agua - PUEA en el sector turístico.....	484
3.3.1.15.	Proyecto PG6-02: Implementación de estrategias para la educación ambiental en uso sostenible del agua	485
REFERENCIAS	.....	487
ANEXOS	.....	495

Lista de Tablas

TABLA 1. CODIFICACIÓN DE LOS CUERPOS DE AGUA OBJETO DE ORDENAMIENTO Y SUS TRIBUTARIOS	26
TABLA 2. CLASIFICACIÓN DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE ACUERDO CON SU ÁREA.	46
TABLA 3. INTERPRETACIÓN DE LOS VALORES DE FACTOR DE FORMA.	48
TABLA 4. FORMAS Y CARACTERÍSTICAS DE UNA CUENCA DE ACUERDO CON EL ÍNDICE DE COMPACIDAD	49
TABLA 5. CLASIFICACIÓN SEGÚN LOS VALORES DE ALARGAMIENTO.	50
TABLA 6. FORMULAS TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	52
TABLA 7. CLASIFICACIÓN DE LOS VALORES DE DENSIDAD DE DRENAJE.	54
TABLA 8. RESULTADOS CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA	55
TABLA 9. TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN EN LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE LAS QUEBRADAS BUENAVISTA, MINA RICA, LA SILENCIOSA Y BAMBUCO.....	59
TABLA 10. CENTRO URBANOS CON INFLUENCIA EN LOS CUERPOS DE AGUA OBJETO DE ORDENAMIENTO	66
TABLA 11. HERRAMIENTAS IMPLEMENTADAS EN LOS ENCUENTROS PARTICIPATIVOS.....	71
TABLA 12. CLASIFICACIÓN TIPOLOGICA DE ACTORES	72
TABLA 13. ACTORES RELEVANTES IDENTIFICADOS PARA LA FORMULACIÓN DEL PORH DE LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS	73
TABLA 14. ACTORES REPRESENTATIVOS IDENTIFICADOS PARA LA FORMULACIÓN DEL PORH DE LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS.....	74
TABLA 15. PQR AÑO 2018.....	76
TABLA 16. PQR AÑO 2019.....	77
TABLA 17. PQR AÑO 2020.....	79
TABLA 18. PQR AÑO 2021.....	79
TABLA 19. PQR AÑO 2021 (ZONAS CERCANAS AL ÁREA DE INFLUENCIA).....	80
TABLA 20. PQR AÑO 2022.....	81
TABLA 21. CAUDALES MÁXIMOS Y MÍNIMOS PARA DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA (FUENTE: POMCA RÍO LA VIEJA: CRQ, 2018).....	107
TABLA 22. BASE DE DATOS DE PUNTOS DE MONITOREO DE NIVELES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA.....	111
TABLA 23. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA SOBRE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA, CRQ 2024	112
TABLA 24. SITIOS CONSIDERADOS EN MODELACIÓN QUEBRADA BUENAVISTA 2015	115

TABLA 25. RESULTADOS DE CALIDAD DE AGUA PARA LA QUEBRADA BUENAVISTA 2010-2015	116
TABLA 26. PROYECCIONES DE CARGA CONTAMINANTE SEGÚN PSMV QUIMBAYA 2017-2026.....	118
TABLA 27. PUNTOS DE VERTIMIENTO EXISTENTES Y CRONOGRAMA DE ELIMINACIÓN 2017-2026	119
TABLA 28. PUNTOS DE VERTIMIENTO PROYECTADOS SEGÚN LA RESOLUCIÓN 812 DE 2018	120
TABLA 29. ICA EN PUNTOS DE MONITOREO EN LA QUEBRADA BUENAVISTA Y QUEBRADAS TRIBUTARIAS.....	121
TABLA 30. IACAL EN PUNTOS DE MONITOREO EN LA QUEBRADA BUENAVISTA Y QUEBRADAS TRIBUTARIAS.....	122
TABLA 31. IACAL PARA OFERTA HÍDRICA TOTAL EN CONDICIONES MEDIAS EN PUNTOS DE MONITOREO EN LA QUEBRADA BUENAVISTA Y QUEBRADAS TRIBUTARIAS	122
TABLA 32. IACAL PARA OFERTA HÍDRICA TOTAL EN CONDICIONES SECAS EN PUNTOS DE MONITOREO EN LA QUEBRADA BUENAVISTA Y QUEBRADAS TRIBUTARIAS	123
TABLA 33. CARGA APORTADA POR EL BENEFICIO DE CAFÉ POR TIPO DE TECNOLOGÍA IMPLEMENTADA	124
TABLA 34. CARGA SECTOR DOMÉSTICO ESTIMADA PARA LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA	125
TABLA 35. CARGA SECTOR INDUSTRIAL ESTIMADA PARA LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA	125
TABLA 36. CARGA SECTOR SACRIFICIO ESTIMADA PARA LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA	126
TABLA 37. CARGA SECTOR AGRÍCOLA CAFÉ ESTIMADA PARA LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA	126
TABLA 38. CARGA SECTOR PECUARIO PORCÍCOLAS ESTIMADA PARA LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA	126
TABLA 39. RESUMEN GENERAL DE CARGAS APORTADAS POR PARÁMETRO PARA LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA	127
TABLA 40. PUNTOS DE MONITOREO POMCA DEL RÍO LA VIEJA.....	128
TABLA 41. RESULTADOS MONITOREO POMCA DEL RÍO LA VIEJA	128
TABLA 42. ICA PARA LA QUEBRADA BUENAVISTA POMCA DEL RÍO LA VIEJA.....	129
TABLA 43. COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL ICA PARA LA QUEBRADA BUENAVISTA	129
TABLA 44. IACAL PARA LA QUEBRADA BUENAVISTA POMCA DEL RÍO LA VIEJA	130
TABLA 45. CATEGORÍAS POR USO DEL AGUA CONSIDERADAS.....	130
TABLA 46. CRITERIOS DE CALIDAD POR CATEGORÍA DE USO	131
TABLA 47. OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS PARA LOS TRAMOS DEFINIDOS SOBRE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA.....	132
TABLA 48. EVALUACIÓN CUMPLIMIENTO DE LA META GLOBAL DE CARGA CONTAMINANTE Y AJUSTE DEL FACTOR REGIONAL AÑO 2021 .	133
TABLA 49. META INDIVIDUAL Y GLOBAL DE CARGA CONTAMINANTE PARA LOS TRAMOS DEFINIDOS SOBRE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA.....	134
TABLA 50. ESTACIONES METEOROLÓGICAS E HIDROLÓGICAS DISPONIBLE EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA .	135
TABLA 51. ESTACIONES CON SERIES DE PRECIPITACIÓN DIARIA SELECCIONADAS	136
TABLA 52. ESTACIONES CON SERIES DE TEMPERATURA SELECCIONADAS.....	136
TABLA 53. ESTACIONES DE MONITOREO HISTÓRICO DE CALIDAD DEL AGUA EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA	139
TABLA 54. ESTACIONES DE MONITOREO HIDROBIOLÓGICO HISTÓRICO EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA.....	140
TABLA 55. CAPTACIONES IDENTIFICADAS SOBRE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA	144
TABLA 56. PUNTOS DE VERTIMIENTO IDENTIFICADOS SOBRE LA QUEBRADA BUENAVISTA Y TRIBUTARIOS PRIORIZADOS	147
TABLA 57. USUARIOS ACTIVIDAD PORCÍCOLA Y AVÍCOLA SOBRE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA	148
TABLA 58. TRAMOS DE ANÁLISIS DEFINIDOS PARA EL PORH DE LA QUEBRADA BUENAVISTA.....	151

TABLA 59. OFERTA HÍDRICA TOTAL, CAUDAL AMBIENTAL Y OFERTA HÍDRICA DISPONIBLE EN AÑO MEDIO PARA EL TRAMO 1	157
TABLA 60. OFERTA HÍDRICA TOTAL, CAUDAL AMBIENTAL Y OFERTA HÍDRICA DISPONIBLE EN AÑO SECO PARA EL TRAMO 1.....	157
TABLA 61. OFERTA HÍDRICA TOTAL, CAUDAL AMBIENTAL Y OFERTA HÍDRICA DISPONIBLE EN AÑO MEDIO PARA EL TRAMO 2	158
TABLA 62. OFERTA HÍDRICA TOTAL, CAUDAL AMBIENTAL Y OFERTA HÍDRICA DISPONIBLE EN AÑO SECO PARA EL TRAMO 2.....	159
TABLA 63. OFERTA HÍDRICA TOTAL, CAUDAL AMBIENTAL Y OFERTA HÍDRICA DISPONIBLE EN AÑO MEDIO PARA EL TRAMO 3	159
TABLA 64. OFERTA HÍDRICA TOTAL, CAUDAL AMBIENTAL Y OFERTA HÍDRICA DISPONIBLE EN AÑO SECO PARA EL TRAMO 3.....	160
TABLA 65. OFERTA HÍDRICA TOTAL, CAUDAL AMBIENTAL Y OFERTA HÍDRICA DISPONIBLE EN AÑO MEDIO PARA EL TRAMO 4	161
TABLA 66. OFERTA HÍDRICA TOTAL, CAUDAL AMBIENTAL Y OFERTA HÍDRICA DISPONIBLE EN AÑO SECO PARA EL TRAMO 4.....	161
TABLA 67. OFERTA HÍDRICA TOTAL, CAUDAL AMBIENTAL Y OFERTA HÍDRICA DISPONIBLE EN AÑO MEDIO PARA EL TRAMO 5	162
TABLA 68. OFERTA HÍDRICA TOTAL, CAUDAL AMBIENTAL Y OFERTA HÍDRICA DISPONIBLE EN AÑO SECO PARA EL TRAMO 5.....	163
TABLA 69. OFERTA HÍDRICA TOTAL, CAUDAL AMBIENTAL Y OFERTA HÍDRICA DISPONIBLE EN AÑO MEDIO PARA EL TRAMO 6	163
TABLA 70. OFERTA HÍDRICA TOTAL, CAUDAL AMBIENTAL Y OFERTA HÍDRICA DISPONIBLE EN AÑO SECO PARA EL TRAMO 6.....	164
TABLA 71. OFERTA HÍDRICA TOTAL, CAUDAL AMBIENTAL Y OFERTA HÍDRICA DISPONIBLE EN AÑO MEDIO PARA EL TRAMO 7	165
TABLA 72. OFERTA HÍDRICA TOTAL, CAUDAL AMBIENTAL Y OFERTA HÍDRICA DISPONIBLE EN AÑO SECO PARA EL TRAMO 7.....	165
TABLA 73. CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE ARIDEZ (IDEAM, 2013)	166
TABLA 74. ÍNDICE DE ARIDEZ MENSUAL EN AÑO MEDIO EN LOS TRAMOS EN ORDENAMIENTO PARA EL PERIODO 1990 A 2022	167
TABLA 75. ÍNDICE DE ARIDEZ MENSUAL EN AÑO SECO EN LOS TRAMOS EN ORDENAMIENTO PARA EL PERIODO 1990 A 2022	167
TABLA 76. ÍNDICE DE ARIDEZ MENSUAL EN AÑO HÚMEDO EN LOS TRAMOS EN ORDENAMIENTO PARA EL PERIODO 1990 A 2022.....	167
TABLA 77. CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE RETENCIÓN Y REGULACIÓN HÍDRICA (IRH). (FUENTE: IDEAM, 2020A).....	171
TABLA 78. ÍNDICE DE RETENCIÓN Y REGULACIÓN HÍDRICA DE LOS TRAMOS EN PROCESO DE ORDENAMIENTO (PERIODO 1990 A 2022) .	171
TABLA 79. POBLACIÓN CENSADA EN LOS MUNICIPIOS DE FILANDIA Y QUIMBAYA EN EL PERIODO 1985 A 2018.....	174
TABLA 80. DEMANDA HÍDRICA DOMÉSTICA PROYECTADA PARA LOS MUNICIPIOS DE FILANDIA Y QUIMBAYA EN 2024 Y 2034 CON IANAC ACTUAL Y MÁXIMO NORMADO EN EL ESCENARIO SIN POBLACIÓN FLOTANTE.....	178
TABLA 81. DEMANDA HÍDRICA DOMÉSTICA PROYECTADA PARA LOS MUNICIPIOS DE FILANDIA Y QUIMBAYA EN 2024 Y 2034 CON IANAC ACTUAL Y MÁXIMO NORMADO EN EL ESCENARIO CON POBLACIÓN FLOTANTE	179
TABLA 82. MÓDULOS DE CONSUMO POR ESPECIE.	180
TABLA 83. DEMANDA PECUARIA POR MUNICIPIO (2024-2034).	180
TABLA 84. COEFICIENTES DE CULTIVO	181
TABLA 85. DEMANDA AGRÍCOLA MENSUAL Y ANUAL EN L/S PARA LOS MUNICIPIOS DE FILANDIA Y QUIMBAYA.....	182
TABLA 86. DEMANDA HÍDRICA SECTORIAL Y TOTAL EN LOS MUNICIPIOS DE FILANDIA Y QUIMBAYA CALCULADA PARA 2024 EN m ³ /s	183
TABLA 87. DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA CONCESIONADA POR TRAMO EN ORDENAMIENTO	184
TABLA 88. CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE USO DEL AGUA	185
TABLA 89. ÍNDICES DE USO DEL AGUA MENSUAL DE LOS TRAMOS EN ORDENAMIENTO PARA AÑO MEDIO	187
TABLA 90. ÍNDICES DE USO DEL AGUA MENSUAL DE LOS TRAMOS EN ORDENAMIENTO PARA AÑO SECO	188
TABLA 91. CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD HÍDRICA AL DESABASTECIMIENTO	189
TABLA 92. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD HÍDRICA AL DESABASTECIMIENTO (IVH) MENSUAL EN AÑO MEDIO Y AÑO SECO.....	190
TABLA 93. DETERMINANTES DE CALIDAD DEL AGUA MONITOREADOS.....	196
TABLA 94. UNIDADES MÍNIMAS DE ANÁLISIS (UMA) ESTABLECIDOS PARA LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA ..	199
TABLA 95. DETERMINANTES DE CALIDAD DEL AGUA MONITOREADOS.....	212

TABLA 96. PUNTOS DE MONITOREO PARA LA CAMPAÑA 1 (ÉPOCA SECA) DEL PORH DE LA QUEBRADA BUENAVISTA Y TRIBUTARIOS	
PRIORIZADOS	215
TABLA 97. PUNTOS DE MONITOREO PARA LA CAMPAÑA 2 (ÉPOCA HÚMEDA) DEL PORH DE LA QUEBRADA BUENAVISTA Y TRIBUTARIOS	
PRIORIZADOS	218
TABLA 98. CÁLCULO DE LONGITUDES DE MEZCLA PARA SITIOS DE MONITOREO AFECTADOS AGUAS ARRIBA.....	222
TABLA 99. USOS DEFINIDOS EN EL DECRETO 1076 DE 2015	257
TABLA 100. USOS CONCESIONADOS ACTUALES PARA LAS UNIDADES MÍNIMAS DE ANÁLISIS.....	258
TABLA 101. SEGMENTOS DEFINIDOS PARA LA ELABORACIÓN DE LOS PERFILES DE CALIDAD ACTUAL	260
TABLA 102. MONITOREOS DE CALIDAD DE AGUA CONSIDERADOS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS PERFILES DE CALIDAD DEL AGUA	260
TABLA 103. ÍNDICE DESCRIPTIVO PARA LA EVALUACIÓN DE LOS PERFILES DE CALIDAD SOBRE LA QUEBRADA BUENAVISTA.....	261
TABLA 104. ÍNDICE DESCRIPTIVO PARA LA EVALUACIÓN DE LOS PERFILES DE CALIDAD SOBRE LA QUEBRADA BAMBUCO.....	266
TABLA 105. ÍNDICE DESCRIPTIVO PARA LA EVALUACIÓN DE LOS PERFILES DE CALIDAD SOBRE LA QUEBRADA LA SILENCIOSA	269
TABLA 106. ÍNDICE DESCRIPTIVO PARA LA EVALUACIÓN DE LOS PERFILES DE CALIDAD SOBRE LA QUEBRADA MINA RICA.....	272
TABLA 107. PESOS PARA LAS VARIABLES DEL ICA.....	277
TABLA 108. DESCRIPTORES DE LA CALIDAD DEL AGUA A PARTIR DEL ÁMBITO NUMÉRICO DEL ICA	282
TABLA 109. RESULTADOS DE ICA DETERMINADOS PARA LOS SITIOS DE MONITOREO EN CORRIENTES SUPERFICIALES	283
TABLA 110. DETERMINACIÓN DE LA CATEGORÍA DE AMENAZA A PARTIR DEL ICA	291
TABLA 111. CATEGORIZACIÓN DEL RIESGO	293
TABLA 112. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO EN LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA).	299
TABLA 113. FECHAS DE LOS MUESTREOS SOBRE LAS ESTACIONES EVALUADAS EN LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA).	300
TABLA 114. INTERPRETACIÓN DEL BMWP/COL.	305
TABLA 115. COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD FICOPERIFÍTICA EN LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA) DURANTE SEPTIEMBRE, OCTUBRE (M1) Y NOVIEMBRE (M2) DEL 2023.	309
TABLA 116. FACTORES CONDICIONANTES SEGÚN EL TEST DE MONTE CARLO PARA EL ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA), DURANTE EL 2023.	319
TABLA 117. COMPOSICIÓN TAXONÓMICA DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COLECTADOS EN LAS ESTACIONES DE LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA), DURANTE EL 2023.	323
TABLA 118. ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL (BMWP/COL) EN LAS ESTACIONES DE LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA), DURANTE LOS DOS MUESTREOS.....	332
TABLA 119. PECES COLECTADOS EN EL MONITOREO DE ICTIOFAUNA BAJO EL MARCO DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS. SE INDICAN LAS ESTACIONES DONDE FUERON COLECTADAS, ABUNDANCIAS EL TIPO DE MIGRACIÓN, ESTADO DE AMENAZA, SU USO Y ENDEMISMO.....	335

TABLA 120. CAPTURA TOTAL REGISTRADA EXPRESADA EN KILOGRAMOS A NIVEL ESPACIAL, QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA), DEL 2023. *BR= BIOMASA RELATIVA (%).....	346
TABLA 121. PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS CON EFECTOS CONDICIONANTES DE LAS ESTACIONES EN LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA), DURANTE EL PRIMER MUESTREO (BAJAS LLUVIAS) DEL AÑO 2023.	347
TABLA 122. PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS CON EFECTOS CONDICIONANTES DE LAS ESTACIONES EN LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA), DURANTE EL SEGUNDO MUESTREO (ALTAS LLUVIAS) DEL AÑO 2023.	349
TABLA 123. DESCRIPCIÓN DE USOS POTENCIALES PROPUESTOS POR LOS ACTORES PARA EL TRAMO 1	356
TABLA 124. DESCRIPCIÓN DE USOS POTENCIALES PROPUESTOS POR LOS ACTORES PARA EL TRAMO 2	357
TABLA 125. DESCRIPCIÓN DE USOS POTENCIALES PROPUESTOS POR LOS ACTORES PARA EL TRAMO 3	358
TABLA 126. DESCRIPCIÓN DE USOS POTENCIALES PROPUESTOS POR LOS ACTORES PARA EL TRAMO 4	358
TABLA 127. DESCRIPCIÓN DE USOS POTENCIALES PROPUESTOS POR LOS ACTORES PARA EL TRAMO 5	359
TABLA 128. DESCRIPCIÓN DE USOS POTENCIALES PROPUESTOS POR LOS ACTORES PARA EL TRAMO 6	360
TABLA 129. DESCRIPCIÓN DE USOS POTENCIALES PROPUESTOS POR LOS ACTORES PARA EL TRAMO 7	360
TABLA 130. ABCISADO DEL MODELO HIDRÁULICO EN LA QUEBRADA BUENAVISTA	364
TABLA 131. COEFICIENTES DE CURVAS POTENCIALES CAUDAL-VELOCIDAD Y CAUDAL-PROFUNDIDAD PARA EL TRAMO DE ESTUDIO EN LA QUEBRADA BUENAVISTA.....	366
TABLA 132. ABCISADO DEL MODELO HIDRÁULICO EN LA QUEBRADA BAMBUCO	370
TABLA 133. COEFICIENTES DE CURVAS POTENCIALES CAUDAL-VELOCIDAD Y CAUDAL-PROFUNDIDAD PARA EL TRAMO DE ESTUDIO EN LA QUEBRADA BAMBUCO.....	370
TABLA 134. ABCISADO DEL MODELO HIDRÁULICO EN LA QUEBRADA LA SILENCIOSA	372
TABLA 135. COEFICIENTES DE CURVAS POTENCIALES CAUDAL-VELOCIDAD Y CAUDAL-PROFUNDIDAD PARA EL TRAMO DE ESTUDIO EN LA QUEBRADA LA SILENCIOSA	373
TABLA 136. ABCISADO DEL MODELO HIDRÁULICO EN LA QUEBRADA MINA RICA.....	376
TABLA 137. COEFICIENTES DE CURVAS POTENCIALES CAUDAL-VELOCIDAD Y CAUDAL-PROFUNDIDAD PARA EL TRAMO DE ESTUDIO EN LA QUEBRADA MINA RICA.....	377
TABLA 138. DESCRIPCIÓN DE LOS ESCENARIOS DE SIMULACIÓN PARA LOS TRAMOS OBJETO DE ORDENAMIENTO.....	379
TABLA 139. CAUDALES MÍNIMOS UTILIZADOS EN LOS ESCENARIOS DE SIMULACIÓN	381
TABLA 140. CAUDALES DEMANDADOS DIRECTAMENTE SOBRE LAS QUEBRADAS BUENAVISTA, BAMBUCO, LA SILENCIOSA Y MINA RICA (L/S)	381
TABLA 141. RANGOS TÍPICOS DE CONCENTRACIÓN PARA DIFERENTES DETERMINANTES REPRESENTATIVOS DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS.....	383
TABLA 142. VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS VERTIMIENTOS. RESOLUCIÓN MADS 0631 DE 2015.....	383
TABLA 143. VALORES DE INGRESO DE CONCENTRACIONES DE ARD EN QUAL2K.....	384
TABLA 144. CAUDALES ESTIMADOS PARA LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES EN LOS TRAMOS DE ANÁLISIS.....	386
TABLA 145. CATEGORÍAS DE USOS POTENCIALES DEL AGUA PARA LAS QUEBRADAS BUENAVISTA, LA SILENCIOSA, MINA RICA Y BAMBUCO	387
TABLA 146. CRITERIOS DE CALIDAD PARA DIFERENTES USOS.....	387

TABLA 147. LONGITUDES DE MEZCLA Y DISTANCIA AGUAS ARRIBA DE LA CAPTACIÓN DE AGUA POTABLE EN ÉPOCA SECA Y HÚMEDA	446
TABLA 148. CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS EN FUNCIÓN DE LOS VERTIMIENTOS PARA LOS TRAMOS EN ORDENAMIENTO	446
TABLA 149. CLASIFICACIÓN DE LOS TRAMOS 1A Y 1B EN FUNCIÓN DE LOS USOS POTENCIALES EN ÉPOCA SECA EN LA QUEBRADA BUENAVISTA.....	447
TABLA 150. CLASIFICACIÓN DE LOS TRAMOS 3A Y 3B EN FUNCIÓN DE LOS USOS POTENCIALES EN ÉPOCA SECA EN LA QUEBRADA BUENAVISTA.....	448
TABLA 151. CLASIFICACIÓN DE LOS TRAMOS 4 Y 7 EN FUNCIÓN DE LOS USOS POTENCIALES EN ÉPOCA SECA EN LA QUEBRADA BUENAVISTA	448
TABLA 152. CLASIFICACIÓN DE LOS TRAMOS 2A Y 2B EN FUNCIÓN DE LOS USOS POTENCIALES EN ÉPOCA SECA EN LA QUEBRADA BAMBUCO	448
TABLA 153. CLASIFICACIÓN DE LOS TRAMOS 5A Y 5B EN FUNCIÓN DE LOS USOS POTENCIALES EN ÉPOCA SECA EN LA QUEBRADA LA SILENCIOSA	449
TABLA 154. CLASIFICACIÓN DE LOS TRAMOS 6A Y 6B EN FUNCIÓN DE LOS USOS POTENCIALES EN ÉPOCA SECA EN LA QUEBRADA MINA RICA	449
TABLA 155. CLASIFICACIÓN DE LOS USOS POTENCIALES EN LA QUEBRADA BUENAVISTA.....	451
TABLA 156. OBJETIVOS DE CALIDAD DEL AGUA PARA LA QUEBRADA BUENAVISTA	451
TABLA 157. CLASIFICACIÓN DE LOS USOS POTENCIALES EN LA QUEBRADA BAMBUCO.....	452
TABLA 158. OBJETIVOS DE CALIDAD DEL AGUA PARA LA QUEBRADA BAMBUCO	453
TABLA 159. CLASIFICACIÓN DE LOS USOS POTENCIALES EN LA QUEBRADA LA SILENCIOSA	453
TABLA 160. OBJETIVOS DE CALIDAD DEL AGUA PARA LA QUEBRADA LA SILENCIOSA.....	454
TABLA 161. CLASIFICACIÓN DE LOS USOS POTENCIALES EN LA QUEBRADA MINA RICA.....	455
TABLA 162. OBJETIVOS DE CALIDAD DEL AGUA PARA LA QUEBRADA MINA RICA.....	455
TABLA 163. MATRIZ DE PROHIBICIONES Y CONDICIONAMIENTOS EN LOS TRAMOS OBJETO DE ORDENAMIENTO	456
TABLA 164. CATEGORÍAS DE AMENAZA A PARTIR DE <i>IA</i>	459
TABLA 165. ÍNDICE DE AMENAZA EN LOS EN LA QUEBRADA BUENAVISTA (TRAMOS 1A Y 1B) PARA CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO ..	460
TABLA 166. ÍNDICE DE AMENAZA EN LOS EN LA QUEBRADA BUENAVISTA (TRAMOS 3A Y 3B) PARA CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO ..	460
TABLA 167. ÍNDICE DE AMENAZA EN LOS EN LA QUEBRADA BUENAVISTA (TRAMOS 4 Y 7) PARA CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO	460
TABLA 168. ÍNDICE DE AMENAZA EN LOS EN LA QUEBRADA BAMBUCO (TRAMOS 2A Y 2B) PARA CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO.....	461
TABLA 169. ÍNDICE DE AMENAZA EN LOS EN LA QUEBRADA LA SILENCIOSA (TRAMOS 5A Y 5B) PARA CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO	461
TABLA 170. ÍNDICE DE AMENAZA EN LOS EN LA QUEBRADA MINA RICA (TRAMOS 6A Y 6B) PARA CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO....	462
TABLA 171. CATEGORÍAS PARA LA DEFINICIÓN DEL RIESGO	462
TABLA 172. CLASIFICACIÓN DEL RIESGO POR DISPONIBILIDAD EN LA QUEBRADA BUENAVISTA PARA LOS ESCENARIOS DE CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO.....	462
TABLA 173. CLASIFICACIÓN DEL RIESGO POR DISPONIBILIDAD EN LA QUEBRADA BAMBUCO PARA LOS ESCENARIOS DE CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO.....	463
TABLA 174. CLASIFICACIÓN DEL RIESGO POR DISPONIBILIDAD EN LA QUEBRADA LA SILENCIOSA PARA LOS ESCENARIOS DE CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO.....	463
TABLA 175. CLASIFICACIÓN DEL RIESGO POR DISPONIBILIDAD EN LA QUEBRADA MINA RICA PARA LOS ESCENARIOS DE CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZO.....	463

TABLA 176. ARTICULACIÓN PROGRAMÁTICA ENTRE EL PORH DE LA QUEBRADA BUENAVISTA Y TRIBUTARIOS PRIORIZADOS CON EL POMCA DEL RÍO LA VIEJA.....	465
TABLA 177. PROGRAMAS Y PROYECTOS PARA EL ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS	467
TABLA 178. RED DE ESTACIONES HIDROMÉTRICAS Y METEOROLÓGICAS PROPUESTAS EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA.....	469
TABLA 179. RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL DE LA QUEBRADA BUENAVISTA Y TRIBUTARIOS PRIORIZADOS	472

Lista de Figuras

FIGURA 1. LOCALIZACIÓN DE LOS CUERPOS DE AGUA OBJETO DE ORDENAMIENTO	24
FIGURA 2. SISTEMA DE CODIFICACIÓN DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS	25
FIGURA 3. COBERTURAS UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA	29
FIGURA 4. UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELOS DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA.....	31
FIGURA 5. GEOLOGÍA DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA.....	33
FIGURA 6. COBERTURAS DE LA QUEBRADA MINA RICA	34
FIGURA 7. UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELOS DE LA QUEBRADA MINA RICA.....	36
FIGURA 8. GEOLOGÍA DE LA QUEBRADA MINA RICA.....	37
FIGURA 9. COBERTURA DE LA QUEBRADA LA SILENCIOSA.....	38
FIGURA 10. UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELOS DE LA QUEBRADA LA SILENCIOSA.....	39
FIGURA 11. GEOLOGÍA DE LA QUEBRADA LA SILENCIOSA.....	41
FIGURA 12. COBERTURAS DE LA QUEBRADA BAMBUCO	42
FIGURA 13. UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELOS DE LA QUEBRADA BAMBUCO.....	43
FIGURA 14. GEOLOGÍA DE LA QUEBRADA BAMBUCO.....	45
FIGURA 15. CAMBIO DE FORMA DE LA CURVA HIPSOMÉTRICA CON LA EDAD DEL RÍO.....	50
FIGURA 16. ORDENES DE LOS DRENAJES SEGÚN STRAHLER (1964)	52
FIGURA 17. CURVA HIPSOMÉTRICA PARA LA QUEBRADA BUENAVISTA	57
FIGURA 18. CURVA HIPSOMÉTRICA PARA LA QUEBRADA MINA RICA	58
FIGURA 19. CURVA HIPSOMÉTRICA PARA LA QUEBRADA LA SILENCIOSA.....	58
FIGURA 20. CURVA HIPSOMÉTRICA PARA LA QUEBRADA BAMBUCO	58
FIGURA 21. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	66
FIGURA 22. TIPO DE ACTOR DENUNCIANTE O PETICIONARIO	75
FIGURA 23. PQR, RELACIONADAS AL ÁREA DE INTERÉS DE LA QUEBRADA BUENAVISTA Y TRIBUTARIOS PRIORIZADOS	76
FIGURA 24. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL EN AÑO MEDIO ESTABLECIDA POR DIFERENTES INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO PARA LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA.....	103
FIGURA 25. OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE EN AÑO MEDIO ESTABLECIDA POR DIFERENTES INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO PARA LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA.....	104
FIGURA 26. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL EN AÑO SECO ESTABLECIDA POR DIFERENTES INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO PARA LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA.....	104
FIGURA 27. OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE EN AÑO SECO ESTABLECIDA POR DIFERENTES INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO PARA LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA.....	105

FIGURA 28. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL MENSUAL EN AÑO MEDIO ESTABLECIDA POR DIFERENTES INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO PARA LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA	105
FIGURA 29. OFERTA HÍDRICA TOTAL SUPERFICIAL MENSUAL EN AÑO SECO ESTABLECIDA POR DIFERENTES INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO PARA LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA	106
FIGURA 30. OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE MENSUAL EN AÑO MEDIO ESTABLECIDA POR DIFERENTES INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO PARA LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA	106
FIGURA 31. OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE MENSUAL EN AÑO SECO ESTABLECIDA POR DIFERENTES INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO PARA LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA	107
FIGURA 32. TENDENCIA DE CAUDALES MÁXIMOS, MEDIOS Y MÍNIMOS EN EL PUNTO DE CIERRE DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA PARA EL PERIODO 1990 A 2022 (FUENTE: EVALUACIÓN REGIONAL DEL AGUA DEL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO 2023).....	108
FIGURA 33. PUNTOS DE MONITOREO DE NIVELES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA	109
FIGURA 34. PUNTOS DE MONITOREO DE NIVELES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA	110
FIGURA 35. DEMANDA HÍDRICA SECTORIAL Y TOTAL EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA REPORTADA POR INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO	114
FIGURA 36. PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA EN EL PERIODO 1990 A 2022	137
FIGURA 37. TEMPERATURA MEDIA ANUAL EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA EN EL PERIODO 1990 A 2022	137
FIGURA 38. UBICACIÓN ESPACIAL DE LAS ESTACIONES EN LA RED DE MONITOREO HISTÓRICO DE CALIDAD DEL AGUA	138
FIGURA 39. UBICACIÓN ESPACIAL DE LAS ESTACIONES EN LA RED DE MONITOREO HIDROBIOLÓGICO HISTÓRICO.....	141
FIGURA 40. UBICACIÓN ESPACIAL DE USUARIO CON CONCESIONES DE AGUA SOBRE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA.....	143
FIGURA 41. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LAS CONCESIONES DE AGUA POR TIPOS DE USOS PARA LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA.....	146
FIGURA 42. CAUDAL TOTAL CONCESIONADO POR TIPO DE USO SOBRE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA	146
FIGURA 43. ESPACIALIZACIÓN DE PUNTOS DE VERTIMIENTO Y ACTIVIDADES AGRÍCOLAS SOBRE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA.....	149
FIGURA 44. ESPACIALIZACIÓN DE LOS TRAMOS DE ANÁLISIS DEFINIDOS EN EL PORH DE LA QUEBRADA BUENAVISTA.....	153
FIGURA 45. OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE EN AÑO MEDIO PARA EL TRAMO 1	157
FIGURA 46. OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE EN AÑO SECO PARA EL TRAMO 1.....	158
FIGURA 47. OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE EN AÑO MEDIO PARA EL TRAMO 2	158
FIGURA 48. OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE EN AÑO SECO PARA EL TRAMO 2.....	159
FIGURA 49. OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE EN AÑO MEDIO PARA EL TRAMO 3	160
FIGURA 50. OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE EN AÑO SECO PARA EL TRAMO 3.....	160
FIGURA 51. OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE EN AÑO MEDIO PARA EL TRAMO 4	161
FIGURA 52. OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE EN AÑO SECO PARA EL TRAMO 4.....	162
FIGURA 53. OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE EN AÑO MEDIO PARA EL TRAMO 5	162
FIGURA 54. OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE EN AÑO SECO PARA EL TRAMO 5.....	163
FIGURA 55. OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE EN AÑO MEDIO PARA EL TRAMO 6	164

FIGURA 56. OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE EN AÑO SECO PARA EL TRAMO 6.....	164
FIGURA 57. OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE EN AÑO MEDIO PARA EL TRAMO 7	165
FIGURA 58. OFERTA HÍDRICA TOTAL DISPONIBLE EN AÑO SECO PARA EL TRAMO 7.....	165
FIGURA 59. ÍNDICE DE ARIDEZ MENSUAL DE LOS TRAMOS EN ORDENAMIENTO PARA AÑO MEDIO	168
FIGURA 60. ÍNDICE DE ARIDEZ MENSUAL DE LOS TRAMOS EN ORDENAMIENTO PARA AÑO SECO	169
FIGURA 61. ÍNDICE DE ARIDEZ MENSUAL DE LOS TRAMOS EN ORDENAMIENTO PARA AÑO HÚMEDO.....	170
FIGURA 62. ESQUEMATIZACIÓN DE LA CONEXIÓN HIDRÁULICA AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA DE LOS TRAMOS EN ORDENAMIENTO SEGÚN EL ANÁLISIS DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS (FUENTE: CRQ Y UNIVERSIDAD DEL TOLIMA, 2023).....	172
FIGURA 63. MAPA DE RECARGA Y DESCARGA DEL SAC EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA.....	173
FIGURA 64. VARIACIÓN DEL ÁREA AGROPECUARIA CULTIVADA EN EL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO (FUENTE: DANE, 2023).	182
FIGURA 65. PROTOCOLO DE MODELACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA.....	192
FIGURA 66. REPRESENTACIÓN CONCEPTUAL DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA	194
FIGURA 67. REPRESENTACIÓN DISTRIBUCIÓN UNIDADES MÍNIMAS DE ANÁLISIS (UMA) PARA EL PORH DE LA QUEBRADA BUENAVISTA.....	198
FIGURA 68. REPRESENTACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO HISTÓRICOS SOBRE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA	204
FIGURA 69. SITIOS DE MONITOREO CAMPAÑA 1 PARA EL PORH DE LA QUEBRADA BUENAVISTA	214
FIGURA 70. PUNTOS DE MONITOREO PARA LA CAMPAÑA 1 (ÉPOCA SECA) DEFINIDOS PARA EL PORH DE LA QUEBRADA BUENAVISTA ...	216
FIGURA 71. SITIOS DE MONITOREO CAMPAÑA 2 PARA EL PORH DE LA QUEBRADA BUENAVISTA	217
FIGURA 72. PUNTOS DE MONITOREO PARA LA CAMPAÑA 2 (ÉPOCA HÚMEDA) DEFINIDOS PARA EL PORH DE LA QUEBRADA BUENAVISTA	219
FIGURA 73. TIEMPOS DE VIAJE PARA LOS SITIOS DE MONITOREO EN LAS CAMPAÑAS 1 Y 2 PARA EL PORH DE LA QUEBRADA BUENAVISTA Y TRIBUTARIOS PRIORIZADOS.....	221
FIGURA 74. CANTIDAD DE CAPTACIONES POR ACTIVIDAD Y CAUDAL APROVECHADO.....	258
FIGURA 75. VARIACIÓN ESPACIOTEMPORAL DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA SOBRE EL CAUCE PRINCIPAL DE LA QUEBRADA BUENAVISTA.....	263
FIGURA 76. VARIACIÓN ESPACIOTEMPORAL DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA SOBRE EL CAUCE PRINCIPAL DE LA QUEBRADA BAMBUCO.....	267
FIGURA 77. VARIACIÓN ESPACIOTEMPORAL DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA SOBRE EL CAUCE PRINCIPAL DE LA QUEBRADA LA SILENCIOSA	271
FIGURA 78. VARIACIÓN ESPACIOTEMPORAL DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA SOBRE EL CAUCE PRINCIPAL DE LA QUEBRADA MINA RICA.....	274
FIGURA 79. DESCRIPTOR DEL ICA POR PUNTO DE MONITOREO EN CORRIENTES SUPERFICIALES	285
FIGURA 80. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL (ICA) EN ÉPOCA SECA PARA LOS PUNTOS DE MONITOREO	288
FIGURA 81. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL (ICA) EN ÉPOCA HÚMEDA PARA LOS PUNTOS DE MONITOREO.....	288
FIGURA 82. ESQUEMA CONCEPTUAL CON LAS CATEGORÍAS DE VULNERABILIDAD EN LOS TRAMOS DEFINIDOS PARA EL PORH DE LA QUEBRADA BUENAVISTA Y TRIBUTARIOS PRIORIZADOS	290
FIGURA 83. ESQUEMA CONCEPTUAL CON LAS CATEGORÍAS DE AMENAZA EN LOS TRAMOS DEFINIDOS PARA EL PORH DE LA QUEBRADA BUENAVISTA Y TRIBUTARIOS PRIORIZADOS.....	291
FIGURA 84. FIGURA 37. ESQUEMA CONCEPTUAL CON LAS CATEGORÍAS DE RIESGO EN LOS TRAMOS DEFINIDOS PARA EL PORH DE LA QUEBRADA BUENAVISTA Y TRIBUTARIOS PRIORIZADOS	293

FIGURA 85. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO PARA EL MONITOREO HIDROBIOLÓGICO EN LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA). FUENTE: AUTORES (2023).	295
FIGURA 86. QUEBRADA BAMBUCO AGUAS ARRIBA DE CONFLUENCIA CON QUEBRADA BUENAVISTA (E1). FUENTE: AUTORES (2023)...	295
FIGURA 87. QUEBRADA BUENAVISTA AGUAS ARRIBA DE CONFLUENCIA CON QUEBRADA BAMBUCO (E2). FUENTE: AUTORES (2023)...	296
FIGURA 88. QUEBRADA BUENAVISTA DESPUÉS DE LA BOCATOMA (E3). FUENTE: AUTORES (2023).	296
FIGURA 89. QUEBRADA ARMENIA (E4). FUENTE: AUTORES (2023).	296
FIGURA 90. QUEBRADA BUENAVISTA DESPUÉS DE LA CONFLUENCIA CON LA QUEBRADA ARMENIA (E5). FUENTE: AUTORES (2023).	297
FIGURA 91. QUEBRADA BUENAVISTA AGUAS ABAJO QUIMBAYA (E6). FUENTE: AUTORES (2023).	297
FIGURA 92. QUEBRADA LA SILENCIOSA (E7). FUENTE: AUTORES (2023).	297
FIGURA 93. QUEBRADA MINA RICA PARTE ALTA (E8). FUENTE: AUTORES (2023).	298
FIGURA 94. QUEBRADA MINA RICA (E9). FUENTE: AUTORES (2023).	298
FIGURA 95. QUEBRADA BUENAVISTA ANTES DE LA CONFLUENCIA CON EL RÍO LA VIEJA (E10). FUENTE: AUTORES (2023).	298
FIGURA 96. COLECTA DE LA COMUNIDAD PERIFÍTICA EN LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA), PARA LOS MUESTREOS DEL AÑO 2023. FUENTE: AUTORES (2023).	301
FIGURA 97. COLECTA DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA), PARA LOS MUESTREOS DEL AÑO 2023. FUENTE: AUTORES (2023).	303
FIGURA 98. COLECTA DE LA ICTIOFAUNA EN LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA), PARA LOS MUESTREOS DEL AÑO 2023. FUENTE: AUTORES (2023).	305
FIGURA 99. DENSIDAD DE LOS GÉNEROS DEL PERIFITON COLECTADOS EN LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA), DURANTE EL PRIMER Y SEGUNDO MUESTREO (M1 Y M2). FUENTE: AUTORES (2023).	308
FIGURA 100. COMPOSICIÓN TAXONÓMICA (CLASES) DEL PERIFITON DE LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA) DURANTE EL 2023. FUENTE: AUTORES (2023).	310
FIGURA 101. DENSIDAD RELATIVA DE LOS GÉNEROS DE LA COMUNIDAD PERIFÍTICA, COLECTADOS EN LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA) DURANTE EL 2023. FUENTE: AUTORES (2023).	311
FIGURA 102. RIQUEZA Y DENSIDAD ESPACIO TEMPORAL DE LA COMUNIDAD PERIFÍTICA DE LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA), DURANTE EL M1 Y M2 DEL 2023. FUENTE: AUTORES (2023).	312
FIGURA 103. CURVA DE ACUMULACIÓN DE LOS GÉNEROS DE LA COMUNIDAD PERIFÍTICA PRESENTE EN LAS ESTACIONES DE LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA) DURANTE EL 2023. FUENTE: AUTORES (2023).	313
FIGURA 104. DIVERSIDAD DE ORDEN Q0, DEL PERIFITON REGISTRADO EN LAS ESTACIONES DE LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA), DURANTE EL 2023. FUENTE: AUTORES (2023).	314

FIGURA 105. DIVERSIDAD DE ORDEN $Q=1$, DEL PERIFITON REGISTRADO EN LAS ESTACIONES DE LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA), DURANTE EL 2023. FUENTE: AUTORES (2023).	315
FIGURA 106. DIVERSIDAD DE ORDEN $Q=2$ DEL PERIFITON EN LAS ESTACIONES DE LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA), DURANTE EL 2023. FUENTE: AUTORES (2023).	316
FIGURA 107. ÍNDICE DE DISIMILARIDAD BETA DE BRAY CURTIS DEL PERIFITON COLECTADO EN LAS ESTACIONES DE LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA), EN EL 2023. FUENTE: AUTORES (2023).	317
FIGURA 108. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA DE LAS VARIABLES EVALUADAS Y EL PERIFITON DE LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA), DURANTE EL 2023. FUENTE: AUTORES (2023).	318
FIGURA 109. ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS ÓRDENES DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DE LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA), DURANTE EL 2023. FUENTE: AUTORES (2023).	320
FIGURA 110. ABUNDANCIA RELATIVA DE LAS FAMILIAS DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DE LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA), DURANTE EL 2023. FUENTE: AUTORES (2023).	321
FIGURA 111. ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS TAXONES DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DE LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA), DURANTE EL 2023. FUENTE: AUTORES (2023).	322
FIGURA 112. DIVERSIDAD DE ORDEN Q_0 , DE LOS MACROINVERTEBRADOS REGISTRADOS EN LAS ESTACIONES DE LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA), DEL 2023. FUENTE: AUTORES (2023).	326
FIGURA 113. DIVERSIDAD DE ORDEN Q_1 , DE LOS MACROINVERTEBRADOS EN LAS ESTACIONES DE LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA). FUENTE: AUTORES (2023).	327
FIGURA 114. DIVERSIDAD DE ORDEN Q_2 , DE LOS MACROINVERTEBRADOS EN LAS ESTACIONES DE LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA). FUENTE: AUTORES (2023).	327
FIGURA 115. ÍNDICE DE DISIMILARIDAD BETA DE JACCARD DE LAS ESTACIONES DE LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA). FUENTE: AUTORES (2023).	328
FIGURA 116. DIVERSIDAD EN TÉRMINOS DE NÚMEROS DE HILL (Q_0 , Q_1 Y Q_2), DE LOS MACROINVERTEBRADOS EN LAS TEMPORADAS EVALUADAS EN LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA). FUENTE: AUTORES (2023).	329
FIGURA 117. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA DE LAS VARIABLES Y LOS GÉNEROS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EVALUADOS EN LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA). FUENTE: AUTORES (2023).	330

FIGURA 118. ABUNDANCIA RELATIVA Y NÚMERO DE ESPECIES PARA LOS ÓRDENES REGISTRADOS EN LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA), DURANTE EL AÑO 2023. FUENTE: AUTORES (2023).....	333
FIGURA 119. ABUNDANCIA RELATIVA A NIVEL ESPACIOTEMPORAL DE ÓRDENES REGISTRADOS EN LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA), DURANTE EL AÑO 2023. FUENTE: AUTORES (2023).....	333
FIGURA 120. ABUNDANCIA RELATIVA A NIVEL ESPACIOTEMPORAL DE ÓRDENES REGISTRADOS EN LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA), DURANTE LAS ALTAS LLUVIAS (M2) EN EL AÑO 2023. FUENTE: AUTORES (2023).....	334
FIGURA 121. ABUNDANCIA RELATIVA Y NÚMERO DE ESPECIES PARA LAS FAMILIAS REGISTRADAS EN LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA), DURANTE EL AÑO 2023. FUENTE: AUTORES (2023).....	336
FIGURA 122. ABUNDANCIA RELATIVA DE LAS FAMILIAS DE LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA), DURANTE EL AÑO 2023 (M1 BAJAS LLUVIAS). FUENTE: AUTORES (2023).	337
FIGURA 123. ABUNDANCIA RELATIVA DE LAS FAMILIAS DE LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA), DURANTE EL AÑO 2023 (M2 ALTAS LLUVIAS). FUENTE: AUTORES (2023).	337
FIGURA 124. ABUNDANCIA RELATIVA DE LAS ESPECIES COLECTADAS EN LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA), DURANTE EL AÑO 2023. FUENTE: AUTORES (2023).	338
FIGURA 125. ABUNDANCIA RELATIVA DE LAS ESPECIES COLECTADAS EN LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA), DURANTE EL PRIMER MUESTREO (BAJAS LLUVIAS) DEL AÑO 2023. FUENTE: AUTORES (2023).	339
FIGURA 126. ABUNDANCIA RELATIVA DE LAS ESPECIES COLECTADAS EN LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA), DURANTE EL SEGUNDO MUESTREO (ALTAS LLUVIAS) DEL AÑO 2023. FUENTE: AUTORES (2023).	340
FIGURA 127. VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE SHANNON – WIENER (H'), MARGALEF Y DOMINANCIA DE SIMPSON DE LA COMUNIDAD ÍCTICA EN LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA), DURANTE EL PRIMER MUESTREO (BAJAS LLUVIAS) DEL AÑO 2023. FUENTE: AUTORES (2023).	342
FIGURA 128. VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE SHANNON – WIENER (H'), MARGALEF Y DOMINANCIA DE SIMPSON DE LA COMUNIDAD ÍCTICA EN LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA), DURANTE EL SEGUNDO MUESTREO (ALTAS LLUVIAS) DEL AÑO 2023. FUENTE: AUTORES (2023).	343
FIGURA 129. ANÁLISIS DE SIMILITUD DE BRAY–CURTIS PARA LA ICTIOFAUNA PRESENTE EN LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA), DURANTE EL AÑO 2023. FUENTE: AUTORES (2023).	345
FIGURA 130. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA DE LAS ESPECIES Y LAS VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS EVALUADAS EN LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA ARMENIA, QUEBRADA	

BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA), DURANTE EL PRIMER MUESTREO (BAJAS LLUVIAS) DEL AÑO 2023. FUENTE: AUTORES (2023).	348
FIGURA 131. ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA CANÓNICA DE LAS ESPECIES Y LAS VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS EVALUADAS EN LA QUEBRADA BUENAVISTA Y SUS TRIBUTARIOS PRIORIZADOS (QUEBRADA LA SILENCIOSA, QUEBRADA BAMBUCO Y QUEBRADA MINA RICA), DURANTE EL SEGUNDO MUESTREO (ALTAS LLUVIAS) DEL AÑO 2023. FUENTE: AUTORES (2023).	349
FIGURA 132. ENFOQUE METODOLÓGICO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE USOS POTENCIALES (MADS, 2018)	353
FIGURA 133. ESQUEMA CONCEPTUAL DEL ABCISADO EN EL CAUCE PRINCIPAL DE LA QUEBRADA BUENAVISTA.....	365
FIGURA 134. AJUSTE DEL NIVEL OBSERVADO EN LAS ESTACIONES DE MONITOREO DE LA QUEBRADA BUENAVISTA (ÉPOCA SECA)	367
FIGURA 135. CURVAS DE CALIBRACIÓN CAUDAL-VELOCIDAD Y CAUDAL-PROFUNDIDAD PARA EL TRAMO DE ESTUDIO EN LA QUEBRADA BUENAVISTA.....	369
FIGURA 136. ESQUEMA CONCEPTUAL DEL ABCISADO EN EL CAUCE PRINCIPAL DE LA QUEBRADA BAMBUCO	369
FIGURA 137. AJUSTE DEL NIVEL OBSERVADO EN LAS ESTACIONES DE LA QUEBRADA BAMBUCO (ÉPOCA SECA)	371
FIGURA 138. CURVAS DE CALIBRACIÓN CAUDAL-VELOCIDAD Y CAUDAL-PROFUNDIDAD PARA EL TRAMO DE ESTUDIO EN LA QUEBRADA BAMBUCO.....	371
FIGURA 139. ESQUEMA CONCEPTUAL DEL ABCISADO EN EL CAUCE PRINCIPAL DE LA QUEBRADA LA SILENCIOSA	372
FIGURA 140. AJUSTE DEL NIVEL OBSERVADO EN LAS ESTACIONES DE MONITOREO DE LA QUEBRADA LA SILENCIOSA (ÉPOCA SECA)	374
FIGURA 141. CURVAS DE CALIBRACIÓN CAUDAL-VELOCIDAD Y CAUDAL-PROFUNDIDAD PARA EL TRAMO DE ESTUDIO EN LA QUEBRADA LA SILENCIOSA	375
FIGURA 142. ESQUEMA CONCEPTUAL DEL ABCISADO EN EL CAUCE PRINCIPAL DE LA QUEBRADA MINA RICA	376
FIGURA 143. AJUSTE DEL NIVEL OBSERVADO EN LAS ESTACIONES DE MONITOREO DE LA QUEBRADA MINA RICA (ÉPOCA SECA)	377
FIGURA 144. CURVAS DE CALIBRACIÓN CAUDAL-VELOCIDAD Y CAUDAL-PROFUNDIDAD PARA EL TRAMO DE ESTUDIO EN LA QUEBRADA MINA RICA	378
FIGURA 145. RESULTADOS DE SIMULACIÓN PARA LOS SST EN LA QUEBRADA BUENAVISTA	391
FIGURA 146. RESULTADOS DE SIMULACIÓN PARA DBO ₅ EN LA QUEBRADA BUENAVISTA.....	393
FIGURA 147. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES PARA EL OXÍGENO DISUELTO EN LA QUEBRADA BUENAVISTA	396
FIGURA 148. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES PARA EL PH EN LA QUEBRADA BUENAVISTA.....	398
FIGURA 149. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES PARA COLIFORMES TOTALES EN LA QUEBRADA BUENAVISTA	400
FIGURA 150. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES PARA EL NITRÓGENO AMONICAL EN LA QUEBRADA BUENAVISTA	402
FIGURA 151. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES PARA EL NITRITO Y NITRATO EN LA QUEBRADA BUENAVISTA	404
FIGURA 152. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES PARA EL FOSFORO TOTAL EN LA QUEBRADA BUENAVISTA	406
FIGURA 153. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES PARA LOS SST EN LA QUEBRADA LA SILENCIOSA	409
FIGURA 154. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES PARA LA DBO ₅ EN LA QUEBRADA LA SILENCIOSA	411
FIGURA 155. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES PARA EL OXÍGENO DISUELTO EN LA QUEBRADA LA SILENCIOSA	412
FIGURA 156. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES PARA EL PH EN LA QUEBRADA LA SILENCIOSA	414
FIGURA 157. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES PARA LOS COLIFORMES TOTALES EN LA QUEBRADA LA SILENCIOSA	416
FIGURA 158. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES EL NITRÓGENO AMONICAL EN LA QUEBRADA LA SILENCIOSA	417
FIGURA 159. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES DEL NITRITO Y NITRATO EN LA QUEBRADA LA SILENCIOSA.....	419
FIGURA 160. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES DEL FÓSFORO TOTAL EN LA QUEBRADA LA SILENCIOSA	421
FIGURA 161. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES PARA LOS SST EN LA QUEBRADA MINA RICA	423
FIGURA 162. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES PARA LA DBO ₅ EN LA QUEBRADA MINA RICA	425

FIGURA 163. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES PARA EL OXÍGENO DISUELTO EN LA QUEBRADA MINA RICA.....	426
FIGURA 164. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES PARA EL PH EN LA QUEBRADA MINA RICA.....	428
FIGURA 165. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES PARA LOS COLIFORMES TOTALES EN LA QUEBRADA MINA RICA.....	429
FIGURA 166. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES EL NITRÓGENO AMONICAL EN LA QUEBRADA MINA RICA	431
FIGURA 167. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES DEL NITRITO Y NITRATO EN LA QUEBRADA MINA RICA.....	432
FIGURA 168. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES DEL FÓSFORO TOTAL EN LA QUEBRADA MINA RICA.....	434
FIGURA 169. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES PARA LOS SST EN LA QUEBRADA BAMBUCO	436
FIGURA 170. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES PARA LA DBO5 EN LA QUEBRADA BAMBUCO	437
FIGURA 171. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES PARA EL OXÍGENO DISUELTO EN LA QUEBRADA BAMBUCO.....	438
FIGURA 172. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES PARA EL PH EN LA QUEBRADA BAMBUCO.....	439
FIGURA 173. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES PARA LOS COLIFORMES TOTALES EN LA QUEBRADA BAMBUCO.....	441
FIGURA 174. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES EL NITRÓGENO AMONICAL EN LA QUEBRADA BAMBUCO	442
FIGURA 175. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES DEL NITRITO Y NITRATO EN LA QUEBRADA BAMBUCO.....	443
FIGURA 176. RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES DEL FÓSFORO TOTAL EN LA QUEBRADA BAMBUCO.....	444
FIGURA 177. ESQUEMA CON LAS CATEGORÍAS DE VULNERABILIDAD EN LOS TRAMOS DEFINIDOS PARA LAS QUEBRADAS BUENAVISTA, BAMBUCO, LA SILENCIOSA, Y MINA RICA	458

1. Fase Diagnóstico

1.1. Caracterización de los cuerpos de agua objeto de ordenamiento

1.1.1. Localización

El ordenamiento del recurso hídrico abarca los cauces principales de las quebradas Buenavista, Bambuco, Mina Rica y La Silenciosa ubicadas en el departamento del Quindío.

La quebrada Buenavista es uno de los afluentes directos al cauce principal del Río La Vieja. Su unidad hidrográfica se encuentra ubicada al noroccidente del departamento del Quindío cubriendo los municipios de Filandia (parte alta) y Quimbaya (parte media y baja) (Figura 1). Su cauce principal nace a la altura de la vereda Bambuco Alto en el municipio de Filandia, en las coordenadas X: 4,703,656.515 m - Y: 2,073,933.377 m (EPSG: 9377, Magna Sirgas Origen Nacional) a una altitud de 1,837 m.s.n.m. Desemboca sobre el Río La Vieja a la altura del centro poblado Puerto Alejandría, vereda La Montaña, del municipio de Quimbaya en las coordenadas X: 4,683,653.843 m - Y: 2,069,518.994 m (EPSG: 937, Magna Sirgas Origen Nacional) a una elevación de 967 m.s.n.m.

La Quebrada Bambuco ubicada en la parte alta de la Unidad Hidrográfica de la Quebrada Buenavista, nace en la vereda Bambuco Alto en jurisdicción del municipio de Filandia en las coordenadas X: 4,702,990.884 m - Y: 2,073,275.116 m (EPSG: 9377, Magna Sirgas Origen Nacional) a una altitud de 1,789 m.s.n.m. con desembocadura sobre el cauce principal de la Quebrada Buenavista en inmediaciones entre las veredas Bambuco Bajo y La Cima en las coordenadas X: 4,697,991.307 m - Y: 2,071,351.591 m (EPSG: 937, Magna Sirgas Origen Nacional) a 1,432 m.s.n.m.

Así mismo, la Quebrada Mina Rica se encuentra ubicada en la parte media-baja de la Unidad Hidrográfica de la Quebrada Buenavista. Nace a la altura del casco urbano de Quimbaya, en las coordenadas X: 4,693,218.177 m - Y: 2,069,555.843 m (EPSG: 9377, Magna Sirgas Origen Nacional) a una altitud de 1,306 m.s.n.m. y su desembocadura se sitúa sobre el cauce principal de la Quebrada Buenavista en la vereda La Montaña en las coordenadas X: 4,684,841.743 m - Y: 2,068,758.768 m (EPSG: 937, Magna Sirgas Origen Nacional) a una altitud de 1,014 m.s.n.m.

Por último, la Quebrada La Silenciosa igualmente ubicada en la parte media-baja de la Unidad Hidrográfica de la Quebrada Buenavista, nace sobre el casco urbano de Quimbaya en las coordenadas X: 4,692,945.761 m - Y: 2,069,292.434 m (EPSG: 9377, Magna Sirgas Origen Nacional) a 1,298 m.s.n.m., la cual, según la cartografía de la red de drenajes de la CRQ, es denominada como Quebrada La Saperá. Su desembocadura se sitúa en la

vereda La Montaña en las coordenadas X: 4,685,099.791 m - Y: 2,068,455.820 m (EPSG: 937, Magna Sirgas Origen Nacional) a una altitud de 1,020 m.s.n.m. sobre el cauce principal de la Quebrada Buenavista.

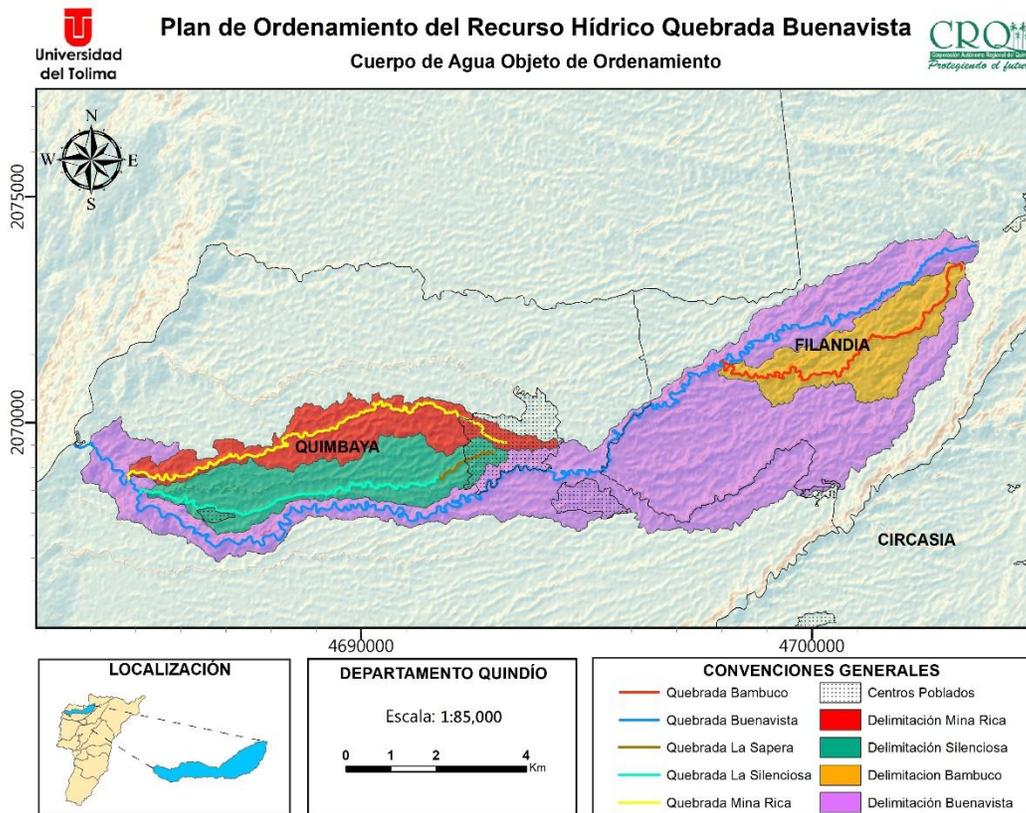


Figura 1. Localización de los cuerpos de agua objeto de ordenamiento

1.1.2. Codificación

La codificación asociada a cada cuerpo de agua objeto de ordenamiento, se establece partiendo de su ubicación en el espacio geográfico e integración a los diferentes sistemas hidrográficos establecidos para Colombia. Para ello, IDEAM (2013) estableció la zonificación hidrográfica a nivel nacional partiendo de la conformación de cinco Áreas Hidrográficas (1-Caribe, 2- Magdalena - Cauca, 3- Orinoco, 4- Amazonas y 5-Pacífico) diferenciadas por sus características hidro-topográficas, definidas por las grandes vertientes separando la cuenca Magdalena - Cauca de la vertiente Caribe dada su importancia política y socioeconómica. Estas a su vez están divididas en Zonas Hidrográficas y subdivididas en Subzonas Hidrográficas, permitiendo así implementar directrices de gestión y planificación ambiental del territorio además de otros fines, tales como estudios y análisis hidrológicos relacionados con los informes ambientales.

De esta manera, el código de cada unidad hidrográfica se compone de seis dígitos diferenciadores (Figura 2). El primero digito representa el área hidrográfica; el segundo las zonas hidrográficas al interior de cada área hidrográfica, y ya que estas no se subdividen en más de 9 zonas se inicia la numeración de 1 hasta 9 según el área; el tercer y cuarto digito, corresponden a las subzonas hidrográficas, se enumeran iniciando en 01 en cada zona hidrográfica, donde en el interior de cada zona se encuentran hasta 34 subzonas (IDEAM, 2013). Finalmente, los 11 dígitos siguientes son asignados por la Autoridad Ambiental, a partir de la zonificación hidrográfica regional con apoyo de la cartografía base oficial, donde cada par de dígitos subsiguientes corresponden a: el margen de la zona hidrográfica a la cual se encuentra ubicada la corriente, el número de cuenca, subcuenca, y microcuenca hidrográfica, y por último, dígitos consecutivos correspondientes a unidades hidrográficas de nivel inferior a la microcuenca en cuestión.

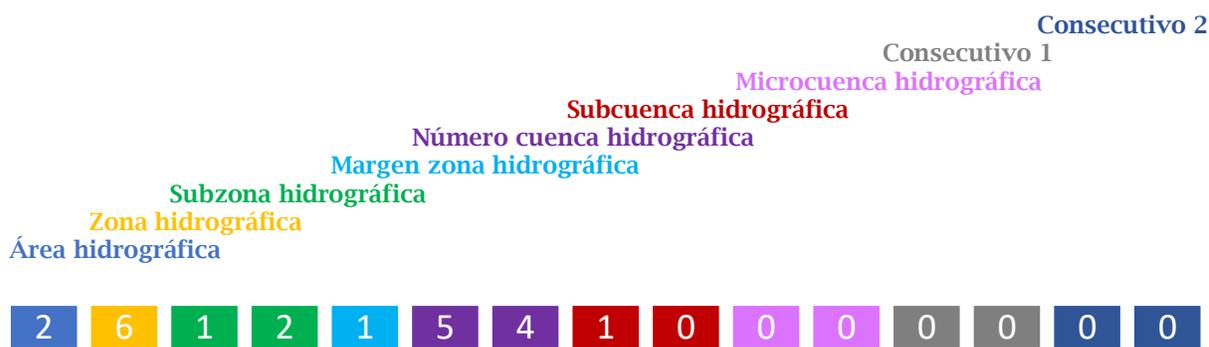


Figura 2. Sistema de codificación de las unidades hidrográficas

Con base en lo anterior, la CRQ ha definido la codificación pertinente para cada unidad hidrográfica en su jurisdicción, dentro de ellas la Unidad Hidrográfica de la Quebrada Buenavista. La corriente principal de esta quebrada cuenta con código de identificación dentro del Sistema de Información de Recurso Hídrico (SIRH), caso contrario para las quebradas Mina Rica y La Silenciosa las cuales no presentan código alguno. Es por ello que para estas dos corrientes, y atendiendo la necesidad de establecer la codificación pertinente para los tributarios restantes pertenecientes a la Unidad Hidrográfica de la Quebrada Buenavista por parte de la Autoridad Ambiental, se propone los códigos expuestos en la Tabla 1 atendiendo las consideraciones expuestas en la “*Guía para el Ordenamiento del Recurso Hídrico Continental Superficial*” (MINAMBIENTE, 2018) y en la “*Zonificación y Codificación de Cuencas Hidrográficas*” (IDEAM, 2013) para la asignación de nuevos códigos armonizados con la codificación regional establecida.

Tabla 1. Codificación de los cuerpos de agua objeto de ordenamiento y sus tributarios

AH	ZH	SZH	Margen ZH	N°. Cuenca	Subcuenca	Microcuenca	Consecutivo. 1	Consecutivo. 2	Cód. Completo
Quebrada Buenavista									
Magdalena Cauca	Cauca	Río La Vieja	Río Cauca derecha	#	Quebrada Buenavista	-	-	-	#
2	6	12	1	54	10	00	00	-	2612154100000
Quebrada Agua Sucia									
Magdalena Cauca	Cauca	Río La Vieja	Río Cauca derecha	#	Quebrada Buenavista	Quebrada Agua Sucia	-	-	#
2	6	12	1	54	10	01	00	-	2612154100100
Quebrada Armenia									
Magdalena Cauca	Cauca	Río La Vieja	Río Cauca derecha	#	Quebrada Buenavista	Quebrada Armenia	-	-	#
2	6	12	1	54	10	02	00	-	2612154100200
Quebrada La Sirena									
Magdalena Cauca	Cauca	Río La Vieja	Río Cauca derecha	#	Quebrada Buenavista	Quebrada Armenia	Quebrada La Sirena	-	#
2	6	12	1	54	10	02	01	-	2612154100201
Quebrada La Arenosa									
Magdalena Cauca	Cauca	Río La Vieja	Río Cauca derecha	#	Quebrada Buenavista	Quebrada La Arenosa	-	-	#
2	6	12	1	54	10	03	00	-	2612154100300

AH	ZH	SZH	Margen ZH	N. Cuenca	Subcuenca	Microcuenca	Consecutivo. 1	Consecutivo. 2	Cód. Completo
Quebrada Bambuco									
Magdalena Cauca	Cauca	Río La Vieja	Río Cauca derecha	#	Quebrada Buenavista	Quebrada Bambuco	-	-	#
2	6	12	1	54	10	04	00	-	2612154100400
Quebrada Fachadas									
Magdalena Cauca	Cauca	Río La Vieja	Río Cauca derecha	#	Quebrada Buenavista	Quebrada Bambuco	Quebrada Fachadas	-	#
2	6	12	1	54	10	04	01	-	2612154100401
Quebrada La Linda									
Magdalena Cauca	Cauca	Río La Vieja	Río Cauca derecha	#	Quebrada Buenavista	Quebrada Bambuco	Quebrada La Linda	-	#
2	6	12	1	54	10	04	02	-	2612154100402
Quebrada Agua Bonita									
Magdalena Cauca	Cauca	Río La Vieja	Río Cauca derecha	#	Quebrada Buenavista	Quebrada Agua Bonita	-	-	#
2	6	12	1	54	10	05	00	-	2612154100500
Quebrada La Silenciosa									
Magdalena Cauca	Cauca	Río La Vieja	Río Cauca derecha	#	Quebrada Buenavista	Quebrada La Silenciosa	-	-	#
2	6	12	1	54	10	06	00	-	2612154100600
Quebrada La Sopera									

AH	ZH	SZH	Margen ZH	N°. Cuenca	Subcuenca	Microcuenca	Consecutivo. 1	Consecutivo. 2	Cód. Completo
Magdalena Cauca	Cauca	Río La Vieja	Río Cauca derecha	#	Quebrada Buenavista	Quebrada La Silenciosa	Quebrada La Sapera	-	#
2	6	12	1	54	10	06	01	-	2612154100601
Quebrada Belén									
Magdalena Cauca	Cauca	Río La Vieja	Río Cauca derecha	#	Quebrada Buenavista	Quebrada La Silenciosa	Quebrada Belén	-	#
2	6	12	1	54	10	06	02	-	2612154100602
Quebrada Arrozales									
Magdalena Cauca	Cauca	Río La Vieja	Río Cauca derecha	#	Quebrada Buenavista	Quebrada La Silenciosa	Quebrada Belén	Quebrada Arrozales	#
2	6	12	1	54	10	06	02	01	261215410060201
Quebrada Mina Rica									
Magdalena Cauca	Cauca	Río La Vieja	Río Cauca derecha	#	Quebrada Buenavista	Quebrada Mina Rica	-	-	#
2	6	12	1	54	10	07	00	-	2612154100700

1.1.3. Descripción biofísica de la unidad hidrográfica de la Quebrada Buenavista

1.1.3.1. Cobertura

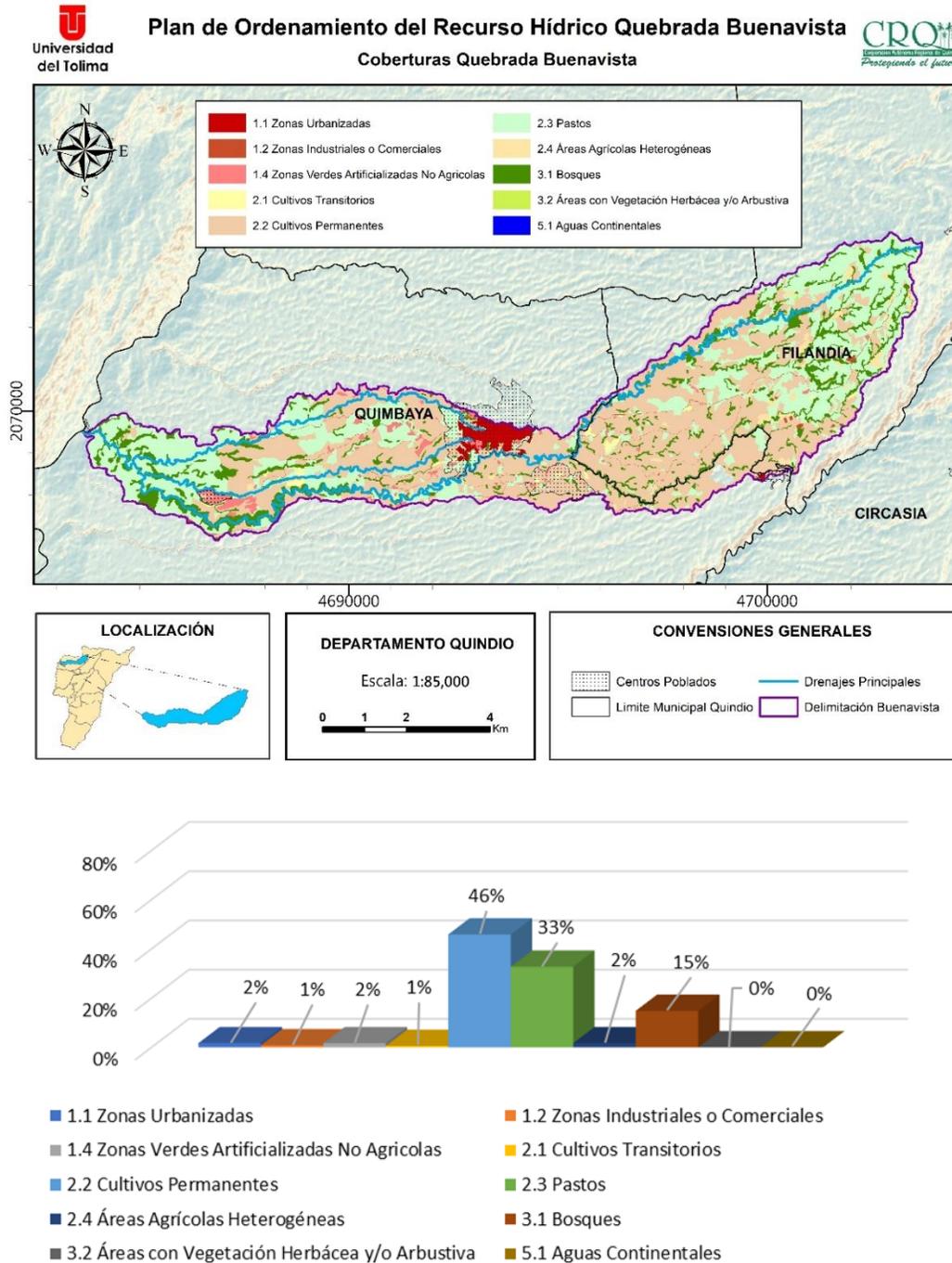


Figura 3. Coberturas unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

Para la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista las coberturas dominantes son los Cultivos Permanentes con un porcentaje del 45.85% representado en 2,536 Ha aproximadamente, dentro de las cuales principalmente hace referencia a Café a plena exposición (22% - 1,259 Ha), seguido por los Pastos (32.76% - 1,812 Ha), predominando principalmente Pastos Limpios (30.90% - 1.709 Ha); a su vez la cobertura de Bosques abarca el 14.82% representado en 820 Ha aproximadamente siendo las mayores proporciones los Bosques de Galería y Ripario Guadua (9.38% - 518 Ha); el área restante que equivale al 7% de la cobertura total se divide en Áreas Agrícolas Heterogéneas (1.70% - 94,47 Ha), Zonas Urbanizadas (1.69% - 93,94 Ha), Zonas Verdes Artificializadas no Agrícolas (1.66% - 92,13 Ha), Zonas Industriales o Comerciales (0.83% - 46,20 Ha), Cultivos Transitorios (0.57% - 31,88 Ha), Áreas con Vegetación Herbácea (0.01%) y las Aguas Continentales (0.04%) (Figura 3).

1.1.3.2. Suelos

Esta unidad hidrográfica está integrada por los suelos de las consociaciones La Esperanza (LEa, LEb, LEb1, LEc, LEc1, LEc2) en un 37% (2,024 Ha), Padilla (PLd1, PLe1, PLf1) en un 24% (1,288 Ha), Membrillal (MMe, MMe1, MMe2, MMf2, MMg2) en un 22% (1,207 Ha), El Cafetal (ECa) en un 9.92% (530 Ha), Casa Blanca (CBd, CBe2, CBF2) en un 3.50% (187 Ha) y Los Alpes (LAc2, LAd2, LAe2) en un 1.93% (103 Ha) (Figura 4).

La consociación La Esperanza son suelos de paisaje de Piedemonte, clima templado húmedo y muy húmedo, tipo de relieve abanico fuertemente disectado, suelos originados de cenizas volcánicas sobre depósitos torrenciales volcánicos los cuales presentan características de suelos profundos, bien drenados, fuertemente ácidos y con fertilidad baja. La consociación está integrada, en un 80%, por los suelos Acrudoxic Hapludands familia medial, mezclada, isotérmica (perfil QS-25) y el 20% restante corresponden a los suelos Typic Hapludands, familia medial, isotérmica (perfil QS-22).

La consociación Padilla son suelos de paisaje de Piedemonte, clima templado húmedo y muy húmedo, tipo de relieve abanico fuertemente disectado, suelos originados por depósitos torrenciales volcánicos los cuales presentan características de suelos profundos, bien drenados, ligeramente ácidos y con fertilidad moderada. La consociación está integrada, en 80% por los suelos Typic Dystrudepts familia franca fina, mezclada, semiactiva isotérmica, perfil QS-43, y el 20% restante en suelos Fluventic Humudepts, familia franca fina mezclada, semiactiva, isotérmica, perfil QS-7.

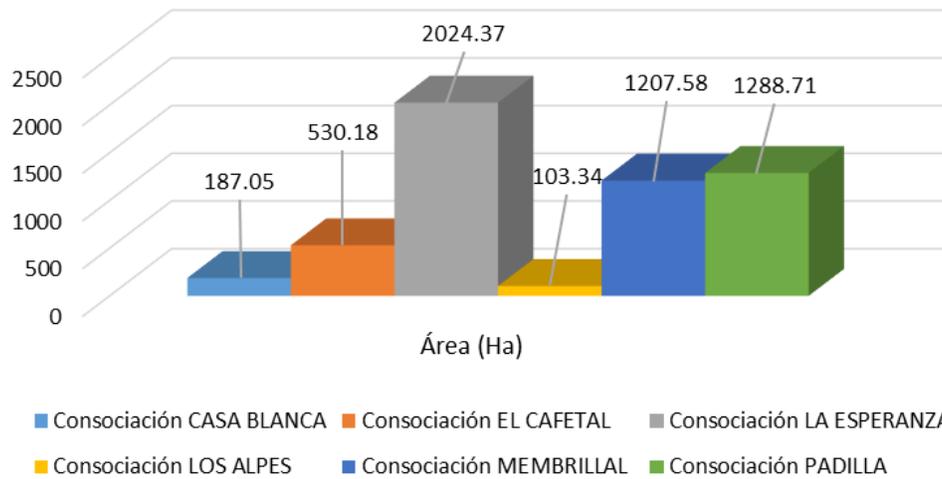
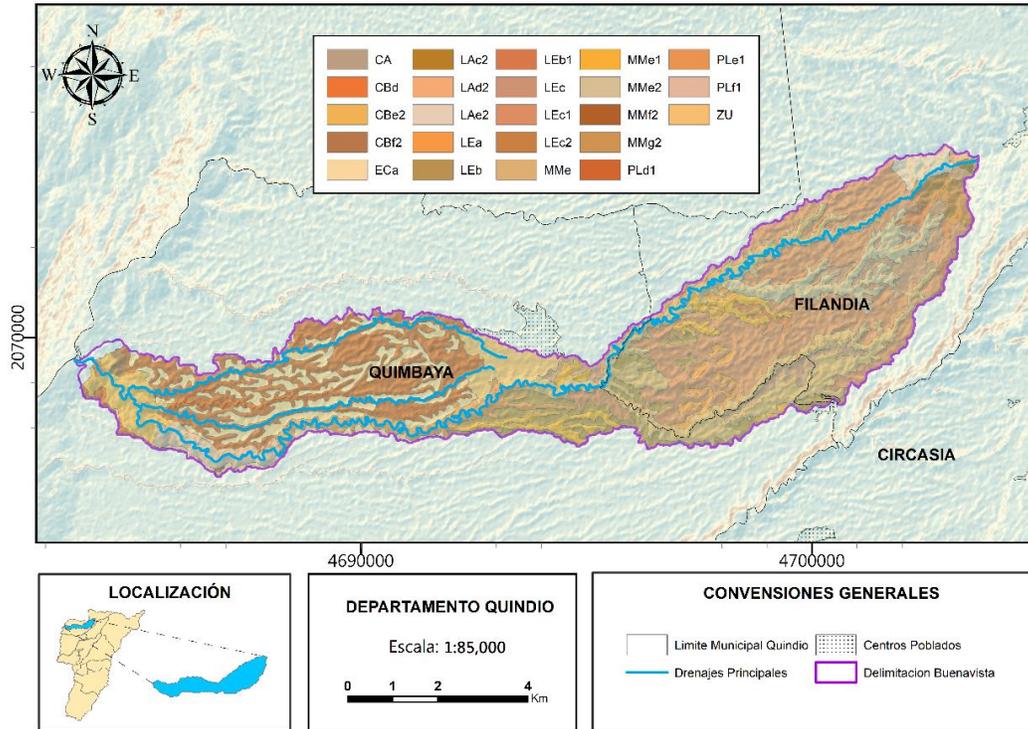


Figura 4. Unidades cartográficas de suelos de la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

La consociación Membrillal son suelos de paisaje de Piedemonte, clima templado húmedo y muy húmedo, tipo de relieve abanico fuertemente disectado, suelos originados por cenizas volcánicas sobre rocas volcanosedimentarias los cuales

presentan características de suelos moderadamente superficiales, limitados por fragmentos de roca, bien drenados, fuertemente ácidos y con fertilidad baja. La consociación está integrada, en un 80%, por los suelos Acrudoxic Hapludands, familia medial sobre esquelético cenizal, mezclada, isotérmica (Perfil QS-20) y en el 20% restante por los suelos Typic Hapludands, familia medial, fina, mezclada, isotérmica (perfil QS-64).

La consociación El Cafetal son suelos de paisaje de Piedemonte, clima templado húmedo y muy húmedo, tipo de relieve abanico moderadamente disectado, suelos originados de cenizas volcánicas sobre depósitos torrenciales volcánicos los cuales presentan características de suelos profundos, bien drenados, moderadamente ácidos en superficie y fuertemente ácidos en profundidad, con fertilidad moderada. La consociación está integrada, en un 75%, por los suelos Typic Hapludands familia medial, mezclada isotérmica QS-23 y el 25% restante por los suelos Fluvaquentic Humaquepts familia franca fina, mezclada, activa, isotérmica QS-15.

La consociación Casa Blanca son suelos de paisaje de Lomerío, clima templado húmedo y muy húmedo, tipo de relieve lomas y colinas, suelos originados por arcillolitas y conglomerados los cuales presentan características de suelos profundos, bien drenados, texturas finas, ligeramente ácidos y con fertilidad moderada. La consociación está integrada, en un 80%, por los suelos Molic Hapludalfs, familia fina, semiactiva, isotérmica (Perfil QS-61), y por la inclusión Typic Hapludolls, familia franca fina, mezclada, activa, isotérmica (Perfil QS-46), en un 20%.

La consociación Los Alpes son suelos de paisaje de Lomerío, clima templado húmedo y muy húmedo, tipo de relieve lomas y colinas, suelos originados por anfibolitas y esquistos los cuales presentan características de suelos profundos, bien drenados, texturas finas, moderadamente ácidos en superficie y fuertemente ácidos en profundidad y con fertilidad moderada. La consociación está integrada, en un 100% por los suelos Typic Humudepts, familia fina, mezclada, activa, isotérmica (Perfil QS-66).

1.1.3.3. Geología

El material geológico predominante en la unidad hidrográfica proviene de Abanicos Intermedios Qaint con el 48.08% que abarca un área de 2,653 Ha, esta formación se compone de acumulaciones de flujo de escombros masivos con clastos angulares los cuales se presentan fracturados en muchos sectores. En su base se presentan flujos polimícticos, pasando por arenas arcillosas y limosas, cuyo límite distal pasa al norte de Armenia, al este de Montenegro y Quimbaya, y al oeste de Ulloa, lo cual forma una red de drenaje mucho más densa y compleja (Figura 5).

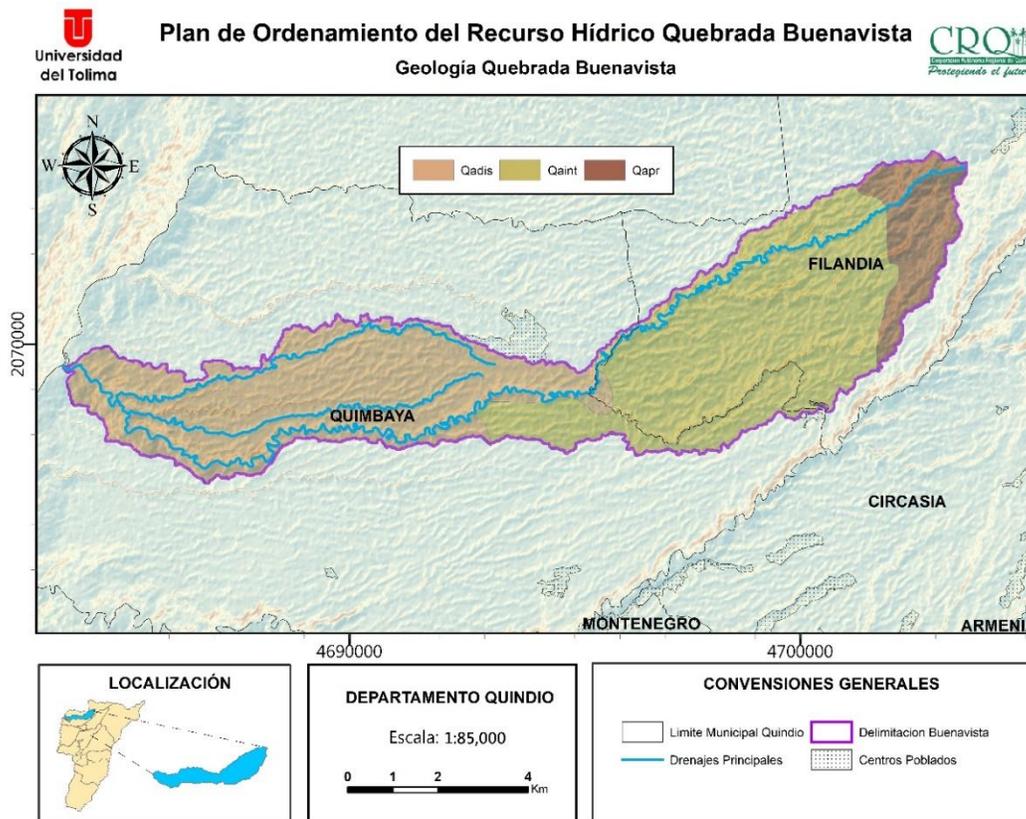


Figura 5. Geología de la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

La formación proveniente de Abanicos Distales Qadis está representada con el 42.24% que abarca un área de 2,331 Ha, esta formación inicia al oeste y al sur de los abanicos intermedios, donde se depositaron las últimas y más extensas unidades del Abanico Quindío-Risaralda, esta unidad está limitada al oeste por los sedimentos terciarios plegados de la serranía de Santa Bárbara. La unidad Qadis presenta una pendiente baja y un grado de incisión fluvial bajo.

La formación proveniente de Abanicos Proximales Qapr está representada con el 9.66% que abarca un área de 533 Ha, la Formación Qapr, se caracteriza por presentar en su parte superior una secuencia de intercalaciones de arenas y limos, sobre una capa de arcilla, las cuales se encuentran cubiertas por cenizas lapilli con espesores entre 20 y 30 m. Hacia el sector medio presenta flujos de lodos monomícticos en una matriz arenolimsa y que presentan en ocasiones cementaciones. Hacia la base presenta una matriz arenosamedia de gran espesor y la cual descansa sobre una capa arcillosa no continua Geomorfológicamente presenta altas pendientes y una la red de drenaje poco densa.

1.1.4. Descripción biofísica de la unidad hidrográfica de la Quebrada Mina Rica

1.1.4.1. Cobertura

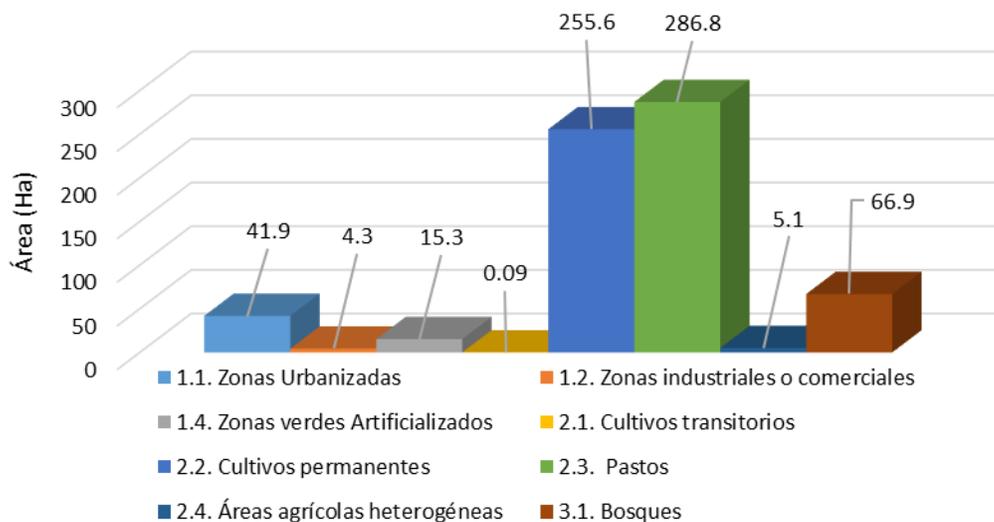
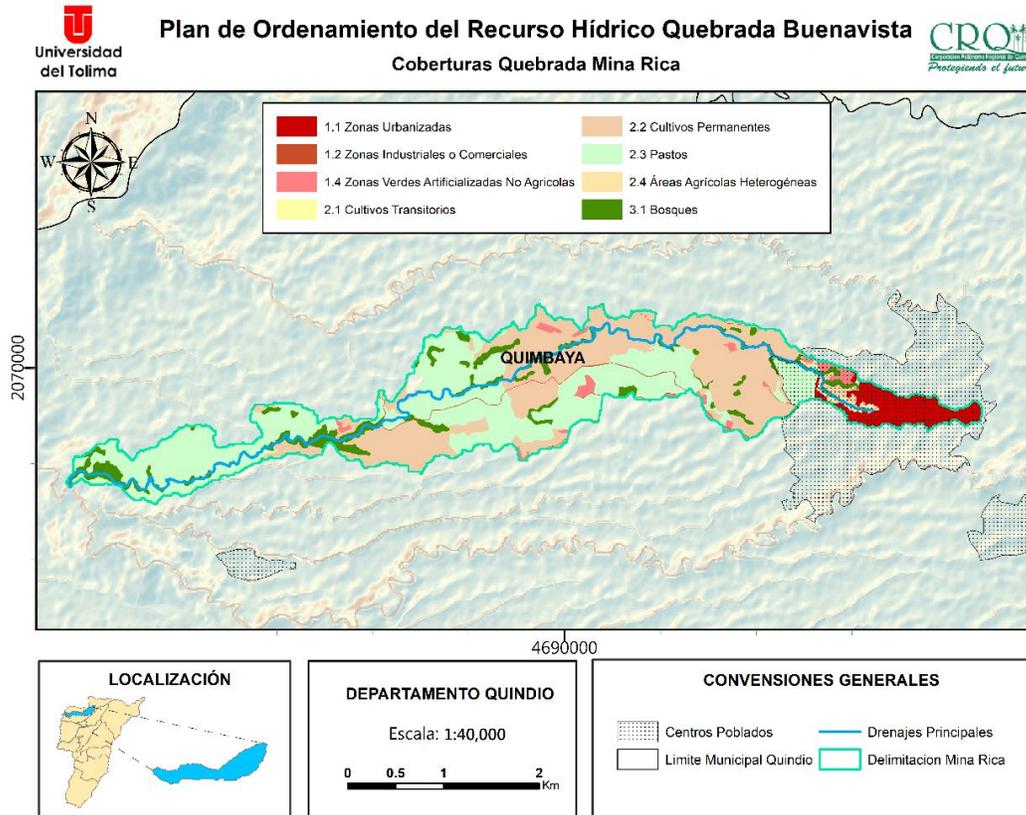


Figura 6. Coberturas de la Quebrada Mina Rica

Para la unidad hidrográfica de la quebrada Mina Rica las coberturas dominantes son los Pastos con un porcentaje del 42.40% representado en 286 Ha aproximadamente, dentro de las cuales principalmente hace referencia a Pastos Limpios (41.75% - 282 Ha), seguido por los Cultivos Permanentes (37.79% - 255 Ha), predominando principalmente Plátano (14.52% - 98,23 Ha); a su vez la cobertura de Bosques abarca el 9.90% representado en 66,98 Ha aproximadamente siendo las mayores proporciones los Bosques de Galería y Ripario Guadua (9.10% - 61,60 Ha); el área restante que equivale al 10% de la cobertura total se divide en Zonas Urbanizadas (6.20% - 41,97 Ha), Zonas Verdes Artificializadas no Agrícolas (2.27% - 15,35 Ha), Zonas Industriales o Comerciales (0.63% - 4,30 Ha) y los Cultivos Transitorios (0.01% - 0,09 Ha) (Figura 6).

1.1.4.2. Suelos

Esta unidad hidrográfica está integrada por los suelos de las consociaciones Padilla (PLd1) en un 68.62% (414 Ha), El Cafetal (ECa) en un 28.59% (172 Ha), y Casa Blanca (CBe2) en un 2.77% (16.76 Ha) (Figura 7).

La consociación Padilla son suelos de paisaje de Piedemonte, clima templado húmedo y muy húmedo, tipo de relieve abanico fuertemente disectado, suelos originados por depósitos torrenciales volcánicos los cuales presentan características de suelos profundos, bien drenados, ligeramente ácidos y con fertilidad moderada. La consociación está integrada, en 80% por los suelos Typic Dystrudepts familia franca fina, mezclada, semiactiva isotérmica, perfil QS-43, y el 20% restante en suelos Fluventic Humudepts, familia franca fina mezclada, semiactiva, isotérmica, perfil QS-7.

La consociación El Cafetal son suelos de paisaje de Piedemonte, clima templado húmedo y muy húmedo, tipo de relieve abanico moderadamente disectado, suelos originados de cenizas volcánicas sobre depósitos torrenciales volcánicos los cuales presentan características de suelos profundos, bien drenados, moderadamente ácidos en superficie y fuertemente ácidos en profundidad, con fertilidad moderada. La consociación está integrada, en un 75%, por los suelos Typic Hapludands familia medial, mezclada isotérmica QS-23 y el 25% restante por los suelos Fluvaquentic Humaquepts familia franca fina, mezclada, activa, isotérmica QS-15.

La consociación Casa Blanca son suelos de paisaje de Lomerío, clima templado húmedo y muy húmedo, tipo de relieve lomas y colinas, suelos originados por arcillolitas y conglomerados los cuales presentan características de suelos profundos, bien drenados, texturas finas, ligeramente ácidos y con fertilidad moderada. La consociación está integrada, en un 80%, por los suelos Molic Hapludalfs, familia fina, semiactiva,

isotérmica (Perfil QS-61), y por la inclusión Typic Hapludolls, familia franca fina, mezclada, activa, isotérmica (Perfil QS-46), en un 20%.

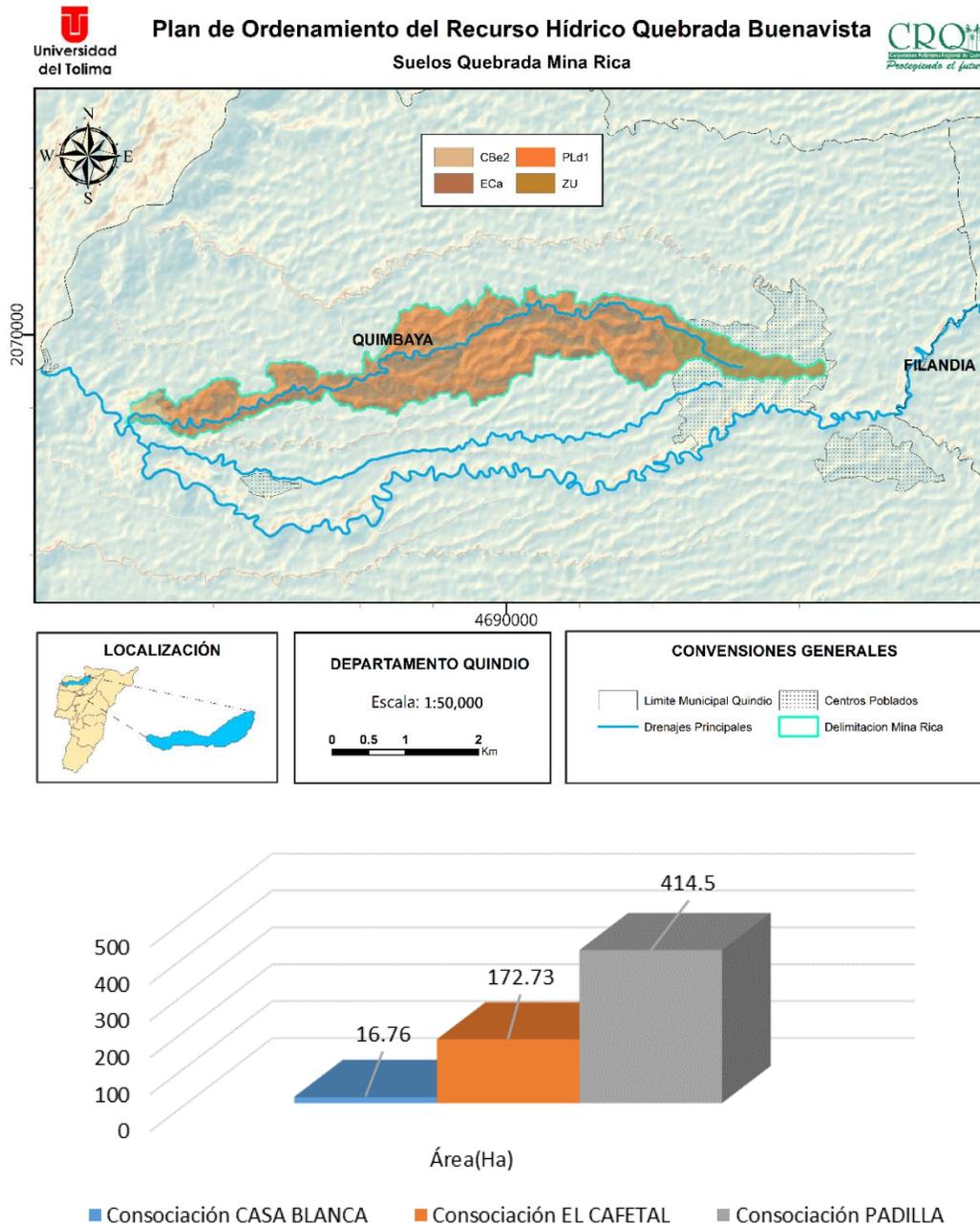


Figura 7. Unidades cartográficas de suelos de la Quebrada Mina Rica

1.1.4.3. Geología

El material geológico predominante en la unidad hidrográfica proviene de Abanicos Distales Qadis representada con el 100% que abarca un área de 679.4 Ha, esta formación inicia al oeste y al sur de los abanicos intermedios, donde se depositaron las últimas y más extensas unidades del Abanico Quindío-Risaralda, esta unidad está limitada al oeste por los sedimentos terciarios plegados de la serranía de Santa Bárbara. La unidad Qadis presenta una pendiente baja y un grado de incisión fluvial bajo (Figura 8).

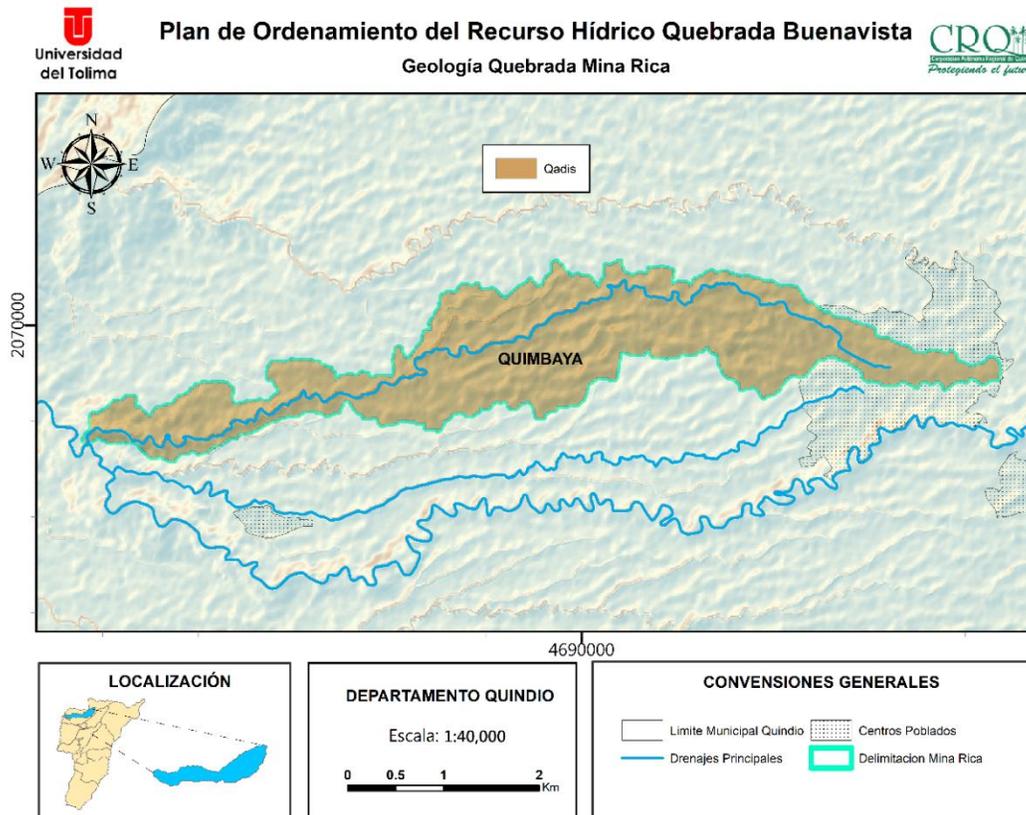


Figura 8. Geología de la Quebrada Mina Rica

1.1.5. Descripción biofísica de la unidad hidrográfica de la Quebrada La Silenciosa

1.1.5.1. Cobertura

Para la unidad hidrográfica de la quebrada La Silenciosa las coberturas dominantes son los Cultivos Permanentes con un porcentaje del 46.94% representado en 372 Ha aproximadamente, dentro de las cuales principalmente hace referencia a Plátano (18.45% - 146 Ha), seguido por los Pastos (28.66% - 227 Ha), predominando principalmente Pastos Limpios (24.99% - 198 Ha); a su vez la cobertura de Bosques abarca el 12.86% representado en 102 Ha aproximadamente siendo las mayores proporciones los Bosques

de Galería y Ripario Guadua (12.58% - 99 Ha); el área restante que equivale al 11.4% de la cobertura total se divide en Zonas Verdes Artificializadas no Agrícolas (6.51% - 51,68 Ha), Zonas Urbanizadas (2.53% - 20 Ha), Zonas Industriales o Comerciales (0.69% - 5,54 Ha), Cultivos Transitorios (1.24% - 9,90 Ha) y las Áreas Agrícolas Heterogéneas (0.53% - 4,26 Ha) (Figura 9).

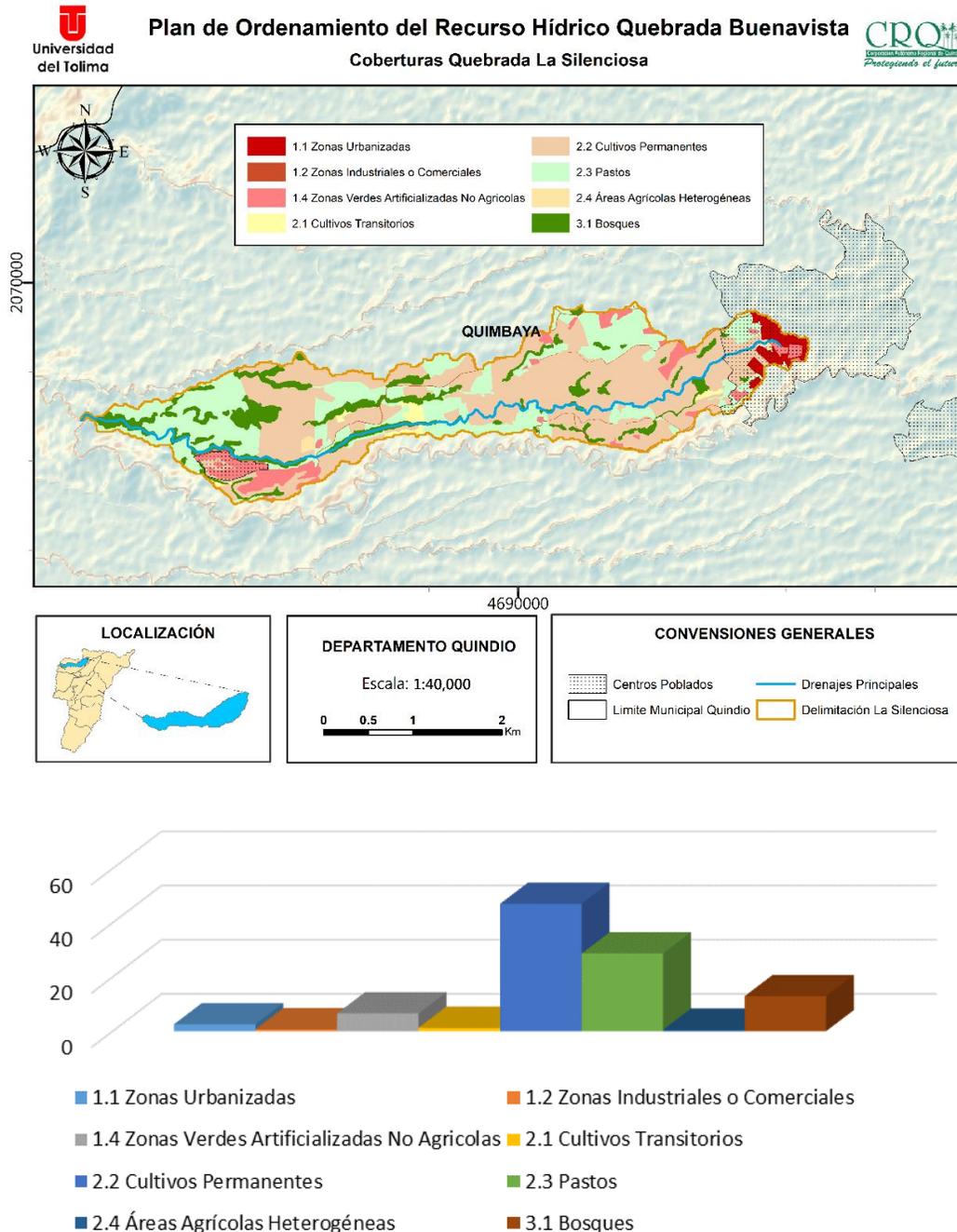


Figura 9. Cobertura de la Quebrada La Silenciosa

1.1.5.2. Suelos

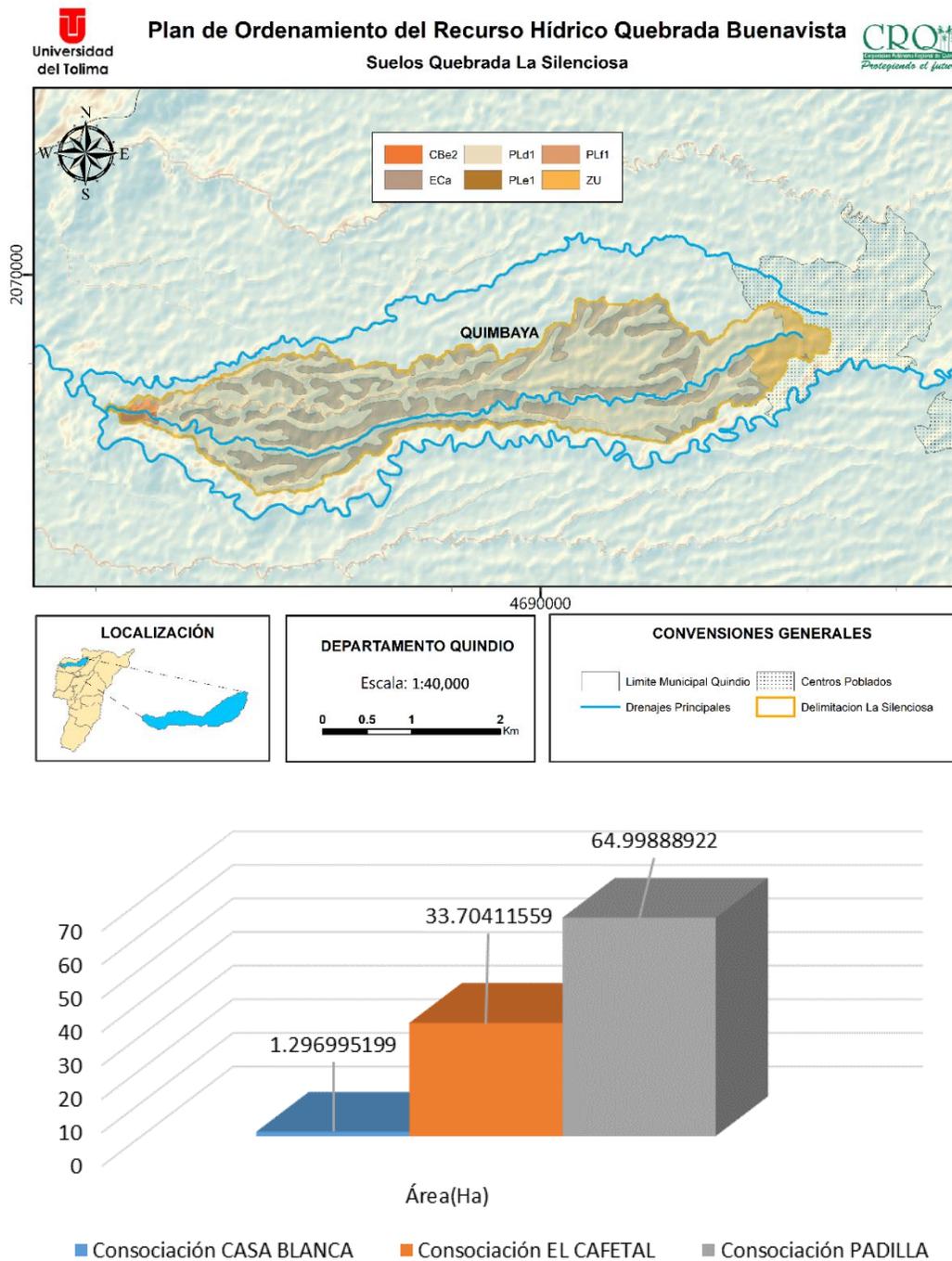


Figura 10. Unidades cartográficas de suelos de la Quebrada La Silenciosa

Esta unidad hidrográfica está integrada por los suelos de las consociaciones Padilla (PLd1, PLe1, PLf1) en un 64.99% (490 Ha), El Cafetal (ECa) en un 33.70% (254 Ha), y Casa Blanca (CBe2) en un 1.29% (9.77 Ha) (Figura 10).

La consociación Padilla son suelos de paisaje de Piedemonte, clima templado húmedo y muy húmedo, tipo de relieve abanico fuertemente disectado, suelos originados por depósitos torrenciales volcánicos los cuales presentan características de suelos profundos, bien drenados, ligeramente ácidos y con fertilidad moderada. La consociación está integrada, en 80% por los suelos Typic Dystrudepts familia franca fina, mezclada, semiactiva isotérmica, perfil QS-43, y el 20% restante en suelos Fluventic Humudepts, familia franca fina mezclada, semiactiva, isotérmica, perfil QS-7.

La consociación El Cafetal son suelos de paisaje de Piedemonte, clima templado húmedo y muy húmedo, tipo de relieve abanico moderadamente disectado, suelos originados de cenizas volcánicas sobre depósitos torrenciales volcánicos los cuales presentan características de suelos profundos, bien drenados, moderadamente ácidos en superficie y fuertemente ácidos en profundidad, con fertilidad moderada. La consociación está integrada, en un 75%, por los suelos Typic Hapludands familia medial, mezclada isotérmica QS-23 y el 25% restante por los suelos Fluvaquentic Humaquepts familia franca fina, mezclada, activa, isotérmica QS-15.

La consociación Casa Blanca son suelos de paisaje de Lomerío, clima templado húmedo y muy húmedo, tipo de relieve lomas y colinas, suelos originados por arcillolitas y conglomerados los cuales presentan características de suelos profundos, bien drenados, texturas finas, ligeramente ácidos y con fertilidad moderada. La consociación está integrada, en un 80%, por los suelos Molic Hapludalfs, familia fina, semiactiva, isotérmica (Perfil QS-61), y por la inclusión Typic Hapludolls, familia franca fina, mezclada, activa, isotérmica (Perfil QS-46), en un 20%.

1.1.5.3. Geología

El material geológico predominante en la unidad hidrográfica proviene de Abanicos Distales Qadis representada con el 100% que abarca un área de 793.54 Ha, esta formación inicia al oeste y al sur de los abanicos intermedios, donde se depositaron las últimas y más extensas unidades del Abanico Quindío-Risaralda, esta unidad está limitada al oeste por los sedimentos terciarios plegados de la serranía de Santa Bárbara. La unidad Qadis presenta una pendiente baja y un grado de incisión fluvial bajo (Figura 11).

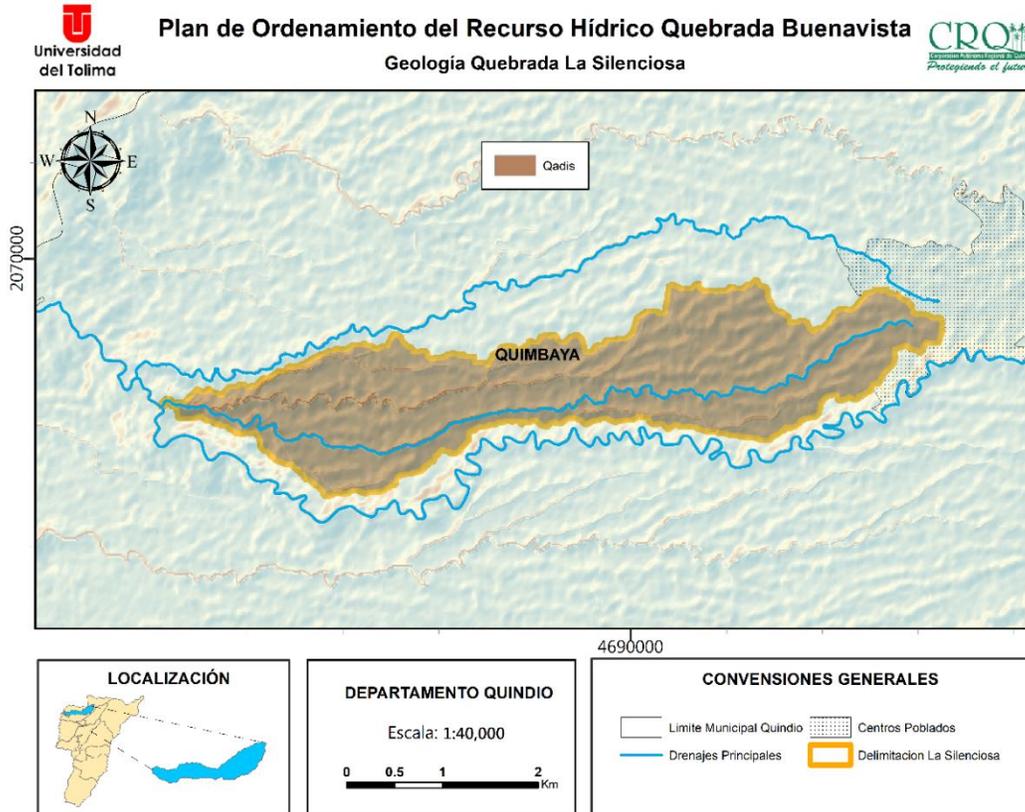
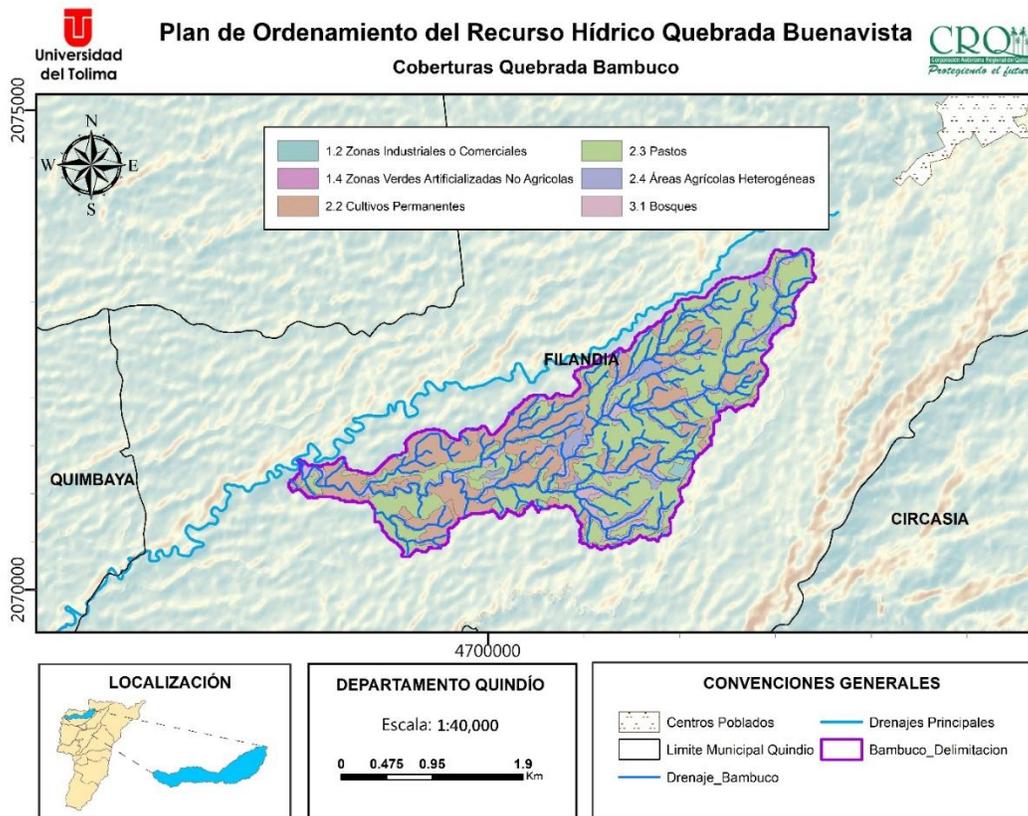


Figura 11. Geología de la Quebrada La Silenciosa

1.1.6. Descripción biofísica de la unidad hidrográfica de la Quebrada Bambugo

1.1.6.1. Coberturas

Para la unidad hidrográfica de la quebrada Bambugo las coberturas dominantes son los Pastos con un porcentaje del 51.86% representado en 561 Ha aproximadamente, dentro de las cuales principalmente hace referencia a Pastos Limpios (50.15% - 551 Ha), seguido por los Cultivos Permanentes (25.64% - 277 Ha), predominando principalmente Café a plena exposición (18.25% - 140.3 Ha); a su vez la cobertura de Bosques abarca el 19.03% representado en 206 Ha aproximadamente siendo las mayores proporciones los Bosques de Galería y Ripario Guadua; el área restante que equivale al 10% de la cobertura total se divide en Zonas Industriales o Comerciales (1.06% - 11 Ha) y Zonas Verdes Artificializadas no Agrícolas (0.29% - 2,19 Ha).



Coberturas y Uso Del Suelo

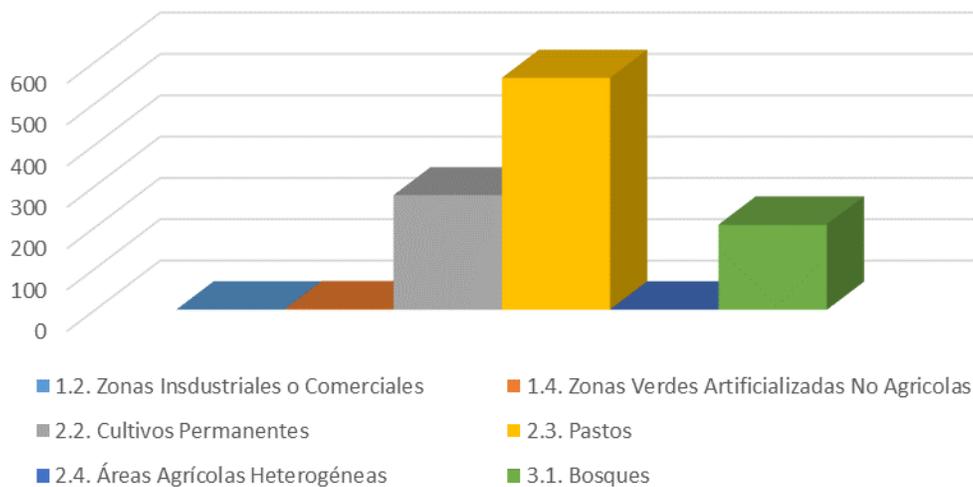
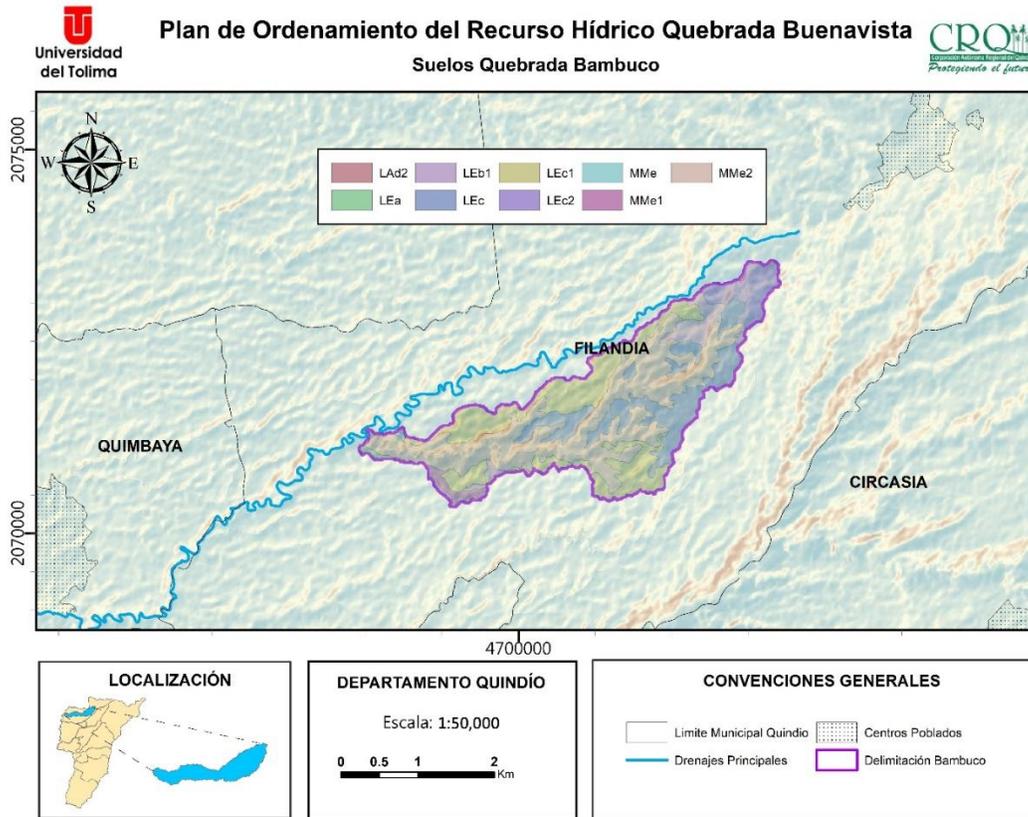


Figura 12. Coberturas de la Quebrada Bambuco

1.1.6.2. Suelos



Unidades Cartográficas del Suelo

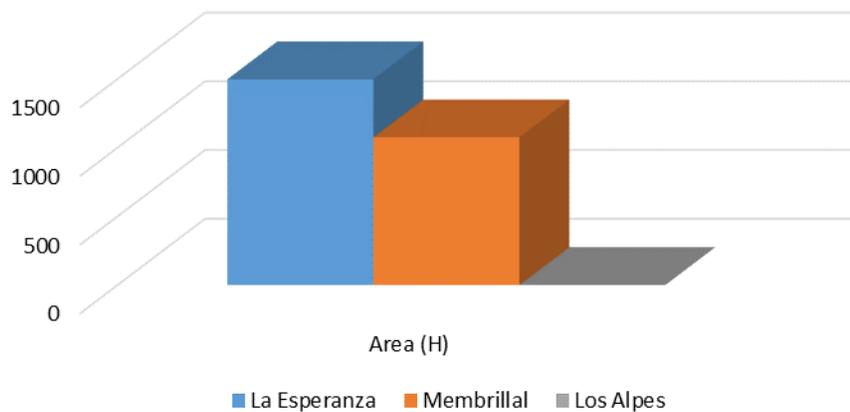


Figura 13. Unidades cartográficas de suelos de la Quebrada Bamuco

Esta unidad hidrográfica está integrada por los suelos de las consociaciones La Esperanza (LEb1) en un 57.54% (1,496 Ha), Membrillal (MMe1) en un 41.38% (1.074 Ha), y Los Alpes (LAd2) en un 2.77% (16.76 Ha).

La consociación La Esperanza son suelos de paisaje de Piedemonte, clima templado húmedo y muy húmedo, tipo de relieve abanico fuertemente disectado, suelos originados por cenizas volcánicas depósitos torrenciales volcánicos los cuales presentan características de suelos profundos, bien drenados, ligeramente ácidos y con fertilidad moderada.

La consociación Membrillal son suelos de paisaje de Piedemonte, clima templado húmedo y muy húmedo, tipo de relieve abanico moderadamente disectado, suelos originados de cenizas volcánicas sobre depósitos torrenciales volcánicos los cuales presentan características de suelos profundos, bien drenados, moderadamente ácidos en superficie y fuertemente ácidos en profundidad, con fertilidad moderada.

La consociación Los Alpes son suelos de paisaje de Lomerío, clima templado húmedo y muy húmedo, tipo de relieve lomerío, suelos originados por anfibolitas y esquistos los cuales presentan características suelos profundos, bien drenados, texturas finas, moderadamente ácidos en superficie y fuertemente ácidos en profundidad, fertilidad moderada.

1.1.6.3. Geología

El material geológico predominante en la unidad hidrográfica proviene de Abanicos Distales Qaint representada con el 75% que abarca un área de 2653 Ha, esta formación inicia al oeste y al sur de los abanicos intermedios, donde se depositaron las últimas y más extensas unidades del Abanico Quindío-Risaralda, esta unidad está limitada al oeste por los sedimentos terciarios plegados de la serranía de Santa Bárbara. La unidad Qadis presenta una pendiente baja y un grado de incisión fluvial bajo.

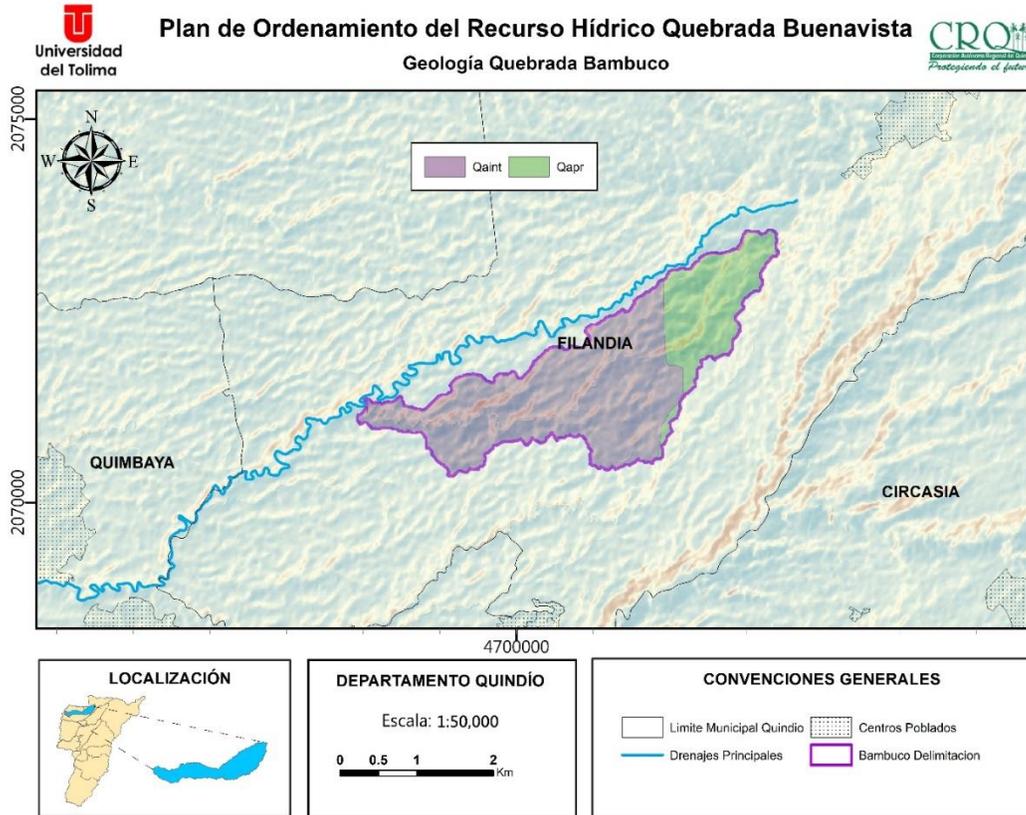


Figura 14. Geología de la Quebrada Bambugo

1.1.7. Características morfométricas de las unidades hidrográficas de las quebradas Buenavista, Bambugo, Mina Rica y La Silenciosa

La caracterización morfométrica es crucial para comprender la evolución del relieve y los patrones hidrográficos, ya que proporciona información numérica sobre las características físicas de las cuencas hidrográficas. Estos datos son fundamentales para identificar zonas con comportamientos similares y permiten una comparación precisa entre diferentes áreas terrestres. La caracterización morfométrica implica el uso de procedimientos basados en el estudio de la forma y geomorfología de las cuencas.

Para llevar a cabo la caracterización morfométrica de las unidades hidrográficas de las quebradas Buenavista, Bambugo, Mina Rica y La Silenciosa, se consideraron diversos aspectos. Esto incluyó la descripción física, como su área, perímetro y ancho. Además, se examinaron características importantes de los cauces principales, como longitud, perfil y pendiente. Por último, se tomaron en cuenta otros parámetros relacionados con la forma, el relieve y el drenaje, como el índice o coeficiente de Gravelius, la curva hipsométrica y el tiempo de concentración. A continuación, las subsecciones 1.1.7.1,

1.1.7.2, 1.1.7.3 y 1.1.7.4 describen los parámetros morfométricos utilizados y la subsección 1.1.7.5 presenta los resultados obtenidos para las unidades hidrográficas objeto de estudio.

1.1.7.1. Parámetros morfométricos asociados a la extensión de la cuenca

Los parámetros físicos de una cuenca hidrográfica son las características geográficas y topográficas que definen su forma y tamaño. Estos parámetros proporcionan información importante para comprender el comportamiento hidrológico de la cuenca.

1.1.7.1.1. Área de la cuenca

El área de la cuenca hidrográfica es el valor que representa el tamaño de su superficie, expresado en Km². Esta área se define como la proyección horizontal de toda la extensión de un sistema de escorrentía que converge hacia un punto común. Está delimitada por la línea divisoria de aguas y es un parámetro fundamental, ya que es necesario para calcular otros parámetros y tiene un impacto directo en los resultados obtenidos. De acuerdo con Campos (1998) según su tamaño, las cuencas pueden clasificarse en el siguiente rango.

Tabla 2. Clasificación de las unidades hidrográficas de acuerdo con su área.

Área (Km ²)	Clasificación
<25	Muy pequeña
25 - 250	Pequeña
250 - 500	Intermedia pequeña
500 - 2500	Intermedia grande
2500 - 5000	Grande
>5000	Muy grande

1.1.7.1.2. Perímetro de la cuenca

Hace referencia a la longitud total de la línea de contorno trazada por la divisoria de aguas. Este valor es útil para determinar diversos parámetros relacionados con la forma de la cuenca, como el coeficiente de compacidad el cual indica qué tan cerca se asemeja la forma de la cuenca a un círculo perfecto.

1.1.7.1.3. Longitud de la cuenca

La longitud de la cuenca o longitud axial se refiere a la distancia horizontal entre la desembocadura de la cuenca y otro punto aguas arriba donde la dirección general del cauce principal atraviesa la línea de contorno de la divisoria de aguas. Esta medida permite estimar el desplazamiento neto aproximado desde los extremos de la cuenca, sin considerar el relieve del terreno.

1.1.7.1.4. Ancho de la cuenca

El ancho de la cuenca se define como la relación entre el área y la longitud de la cuenca (Cardona, 2016).

1.1.7.2. Parámetros morfométricos asociados a la forma de la cuenca

La forma de las cuencas hidrográficas desempeña un papel importante en las características del hidrograma de descarga y afecta la velocidad del escurrimiento superficial, especialmente durante eventos de crecidas máximas. Incluso si dos cuencas tienen la misma área, sus hidrogramas serán diferentes debido a sus formas distintas. Para analizar cuantitativamente la forma de una cuenca, se establece una analogía con figuras geométricas conocidas, como cuadrados, círculos, rectángulos, entre otros. Esto permite buscar relaciones de similitud geométrica entre las características promedio de una cuenca y su red de canales, y las de otras cuencas.

1.1.7.2.1. Factor de forma de Horton (Kf)

El factor de forma, propuesto por Horton, es un parámetro ampliamente utilizado para medir la forma de una cuenca hidrográfica. Este factor se calcula dividiendo el área de la cuenca entre el cuadrado de su longitud. El resultado proporciona una medida numérica que refleja la relación entre la forma y el tamaño de la cuenca.

$$Kj = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

A = Área de la cuenca (Km²)

L = Longitud de la cuenca (Km)

Según Londoño (2001) El valor máximo que se puede obtener para el factor de forma es 0.7854, lo cual corresponde a una cuenca completamente circular. A medida que la cuenca se vuelve más alargada, el valor del factor de forma tiende a cero. Una cuenca con un factor de forma bajo indica que es menos propensa a experimentar lluvias intensas que cubran toda su superficie al mismo tiempo, en comparación con una cuenca de igual tamaño, pero con un factor de forma mayor. La interpretación de estos valores se ve reflejada en la siguiente tabla:

Tabla 3. Interpretación de los valores de Factor de forma.

Valores aproximados	Forma de la cuenca
<0.22	Muy alargada
0.22 - 0.3	Alargada
0.3 - 0.37	Ligeramente alargada
0.37 - 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45 - 0.6	Ligeramente ensanchada
0.6 - 0.8	Ensanchada
0.8 - 1.2	Muy ensanchada
>1.2	Rodeando el drenaje

1.1.7.2.2. Coeficiente de compacidad o de Gravelius (Kc)

El coeficiente de Gravelius es un valor sin dimensiones que describe la geometría de una cuenca hidrográfica y está estrechamente relacionado con el tiempo de concentración. Este coeficiente establece una relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo que tiene la misma área que la cuenca.

$$Kc = \frac{P}{2\pi \left(\frac{A}{\pi}\right)^{\frac{1}{2}}}$$

Donde:

P = Perímetro de la cuenca (Km)

A= Área de la cuenca (Km²)

Según Monsalve (1999) cuando los valores se acercan a 1 significa que las cuencas tienden a ser más circulares y cuando el índice de Gravelius tienda a ser mayor quiere decir que las cuencas son más alargadas, en la siguiente tabla se muestra la clasificación de la cuenca según el índice de compacidad y la relación propuesta por Londoño (2001) entre este índice y la potencialidad a eventos torrenciales.

Tabla 4. Formas y características de una cuenca de acuerdo con el índice de compacidad

Clase de forma	Índice de compacidad	Forma de la cuenca	Características
Clase I	1.0 a 1.25	Casi redonda a oval - redonda	Cuenca torrencial peligrosa
Clase II	1.26 a 1.50	Oval - Redonda a oval oblonga	Presenta peligros torrenciales, pero no iguales a la anterior
Clase III	1.51 ó más de 2	Oval - oblonga a rectangular - oblonga	Menor riesgo a avenidas torrenciales

1.1.7.2.3. Razón de elongación (Re)

La razón de elongación es un parámetro adimensional propuesto por Schumm (1956) el cual mide la relación entre el diámetro de un círculo con igual área que la de la cuenca y su longitud axial la cual se expresa en la siguiente ecuación:

$$Re = \frac{D}{L} = \frac{1.1284\sqrt{A}}{L}$$

Donde:

D = Diámetro del círculo asociado

A = Área de la cuenca (Km²)

L = Longitud de la cuenca (Km)

1.1.7.2.4. Índice de alargamiento (La)

El índice de alargamiento hace referencia a la relación que existe entre la mayor longitud de la cuenca en el sentido del cauce principal, en contraste con el mayor ancho de esta. Con este índice se puede determinar que los valores mayores a uno denotaran cuencas alargadas, mientras que, para valores cercanos a uno, se tratara de una cuenca cuya red de drenaje se presenta en forma de abanico y puede tener un cauce principal corto, según Monsalve (1999) la relación del índice de alargamiento permite generar una clasificación de acuerdo con los valores presentados en la siguiente tabla:

$$La = \frac{Lmax}{a}$$

Donde:

Lmax = Longitud máxima de la cuenca

a = Ancho máximo de la cuenca

Tabla 5. Clasificación según los valores de alargamiento.

Rango	Clase de alargamiento
0 - 1.4	Poco alargada
1.5 - 2.8	Moderadamente alargada
2.9 - 4.2	Muy alargada

1.1.7.3. Parámetros morfométricos asociados al relieve de la cuenca

Según Navarrete (2004) cuando la pendiente es mayor, la duración de la concentración de las aguas de escorrentía en el sistema de drenaje y afluentes del cauce principal será menor. Por lo tanto, analizar la altitud de una cuenca se convierte en una herramienta útil para comprender cómo se comporta dicha cuenca mediante parámetros que se relacionan con la distribución de alturas dentro de ella.

1.1.7.3.1. Curva hipsométrica

La curva hipsométrica o hipsográfica es una representación gráfica que muestra cómo varía el área drenada en relación con la altitud de la superficie de una cuenca. En otras palabras, muestra el área acumulada a una elevación determinada. Este gráfico puede ilustrar el porcentaje de área de drenaje que se encuentra por encima o por debajo de distintas elevaciones. Es una herramienta conveniente y objetiva para describir la relación entre las características altimétricas de una cuenca en un plano y su elevación.

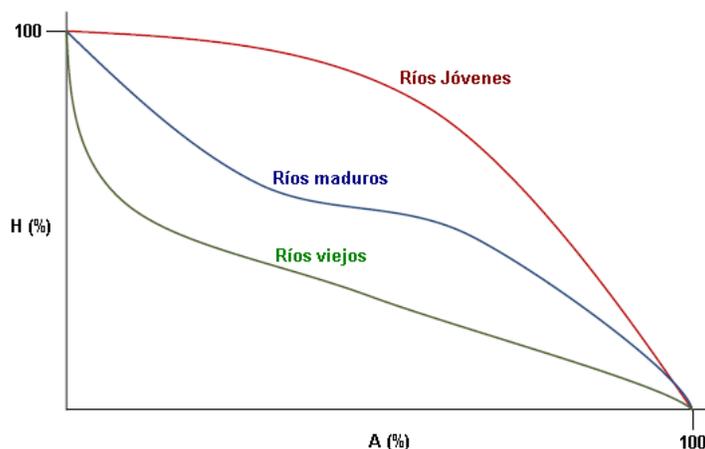


Figura 15. Cambio de forma de la curva hipsométrica con la edad del río.

Según Ibáñez (2011) es posible convertir la curva hipsométrica en función adimensional usando en lugar de valores totales en los ejes, valores relativos: dividiendo la altura y el área por sus respectivos valores máximos. El uso de gráficos adimensionales es ampliamente beneficioso en hidrología para analizar la similitud entre dos cuencas cuando presentan variaciones en la precipitación y la evaporación en relación con la altitud. Además, las curvas hipsométricas se han relacionado con la edad de los ríos en las cuencas respectivas.

1.1.7.3.2. Pendiente media de la cuenca

Este parámetro permite que se realicen comparaciones entre cuencas para observar fenómenos erosivos que se manifiestan en la superficie. La pendiente media de la cuenca se puede calcular como el valor promedio de las pendientes definidas de las celdas que constituyen la cuenca en una representación en formato ráster.

1.1.7.3.3. Elevación media de la cuenca

Debido a su impacto en la precipitación, las pérdidas de agua por evaporación y transpiración, así como en el caudal promedio, la elevación desempeña un papel crucial. Por lo tanto, es fundamental calcular el valor de la elevación promedio de la cuenca para comprender su influencia en estos factores. Cardona (2016) sugiere que este parámetro se puede determinar como el valor promedio de la curva hipsométrica, calculando el área bajo la curva hasta el plano horizontal de referencia que pasa por el punto más bajo de la cuenca. Esta área, en realidad, representa un volumen que, al dividirse por el área total de la cuenca, permite calcular un incremento en la altura. Al sumarlo a la altitud más baja de la cuenca, se obtiene la altura promedio de esta.

1.1.7.4. Parámetros morfométricos relativos al drenaje

1.1.7.4.1. Orden de los cauces

Horton (1945) propuso originalmente la jerarquización de los cauces mediante la asignación de un número de orden, como una medida de ramificación del cauce principal en una cuenca hidrográfica, posteriormente este sistema fue mejorado y ligeramente modificado por Strahler (1964). Se explica el grado de la estructura de la red de drenajes, lo que implica que los cursos de agua con órdenes bajos representan un mayor riesgo de inundaciones debido a que descargan rápidamente durante las tormentas. Por otro lado, a medida que aumenta el grado de la corriente, la red se vuelve más extensa y

presenta una estructura más definida. Además, un mayor orden indica la presencia de controles estructurales del relieve y aumenta la probabilidad de erosión, lo que también sugiere que la cuenca es más antigua. Este concepto se basa en la agregación de corrientes, donde una corriente de primer orden no tiene afluentes, una de segundo orden se forma cuando se unen dos corrientes de primer orden, una de tercer orden cuando confluyen dos de segundo orden, y así sucesivamente. En resumen, para aumentar el orden de una corriente, se deben unir dos corrientes del mismo orden inmediatamente inferior como se muestra en la siguiente imagen:

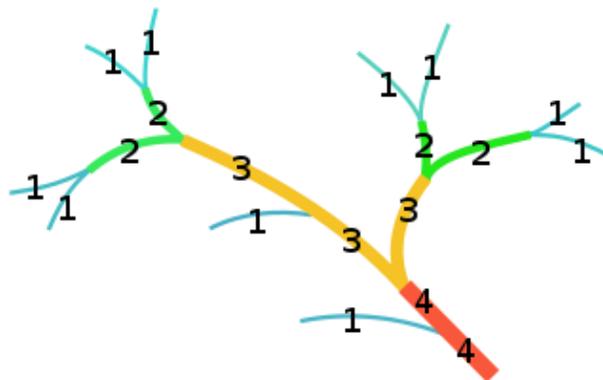


Figura 16. Ordenes de los drenajes según Strahler (1964)

1.1.7.4.2. Tiempo de concentración

Se refiere al tiempo que tarda una gota de agua de lluvia en recorrer la superficie del terreno desde el punto más alejado de la cuenca hasta el lugar de salida. Según Viessman (1977) es el tiempo comprendido entre el final de la precipitación y el final de la escorrentía directa; Temez (1978) lo define como la diferencia entre el tiempo de finalización del hidrograma de escorrentía superficial directa y el tiempo de finalización de la precipitación efectiva. El tiempo de concentración se determinó con el promedio del cálculo de 9 métodos sugeridas en el estudio de Vélez (2011) cuyo valor adoptado se basa en descartar los valores extremos que disten del promedio de las metodologías aplicadas, mostradas a continuación:

Tabla 6. Formulas tiempo de concentración

Autor	Ecuación
Kirpich	$T_c = 0.0078 * Lp^{0.77} * S^{-0.385}$

Autor	Ecuación
Témez	$Tc = 0.3 * \left(\frac{L}{S^{0.25}}\right)^{0.76}$
Passini	$Tc = \frac{0.108 * (A * L)^{\frac{1}{3}}}{S^{0.5}}$
Bransby-Williams	$Tc = \frac{14.6 * L}{A^{0.1} * S^{0.2}}$
California Culvert Practice	$Tc = 60 * \left(\frac{0.87075 * L^3}{H}\right)^{0.385}$
Clark	$Tc = 0.335 * \left(\frac{A}{S^{0.5}}\right)^{0.593}$
Giandotti	$Tc = \frac{4 * \sqrt{A} + 1.5 * L}{25.3 * \sqrt{S} * L}$
Pérez	$Tc = \frac{L}{72 * \left(\frac{H}{L}\right)^{0.6}}$
Pilgrim y McDermott	$Tc = 0.76 * A^{0.38}$

Donde, tc es el tiempo de concentración (min), Tc es el tiempo de concentración (horas), L es la longitud del curso de agua más largo (km), H es la diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida (m), S es la pendiente promedio del cauce principal (m/m), S0 es la pendiente en porcentaje, A es el área de la cuenca (km²), Lp es la longitud del cauce (pies), Lcg es la distancia desde la salida hasta el centro de gravedad de la cuenca (mi), NC es el número de curva, C es el coeficiente de escorrentía del método racional, pes la relación entre el área cubierta de vegetación y el área de la cuenca, Lm es la longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida (mi), s es la pendiente promedio de la cuenca (pies/mi), n es el coeficiente de rugosidad del cauce, P2 es la precipitación con un período de retorno de 2 años para una lluvia de duración de 24 horas (pulg), i es la intensidad de la lluvia (mm/hr), ip es la intensidad de la lluvia (pies/s), α es un parámetro que depende de la pendiente.

1.1.7.4.3. Longitud del cauce principal

La longitud del cauce principal es la longitud medida desde el punto de concentración hasta el tramo de mayor longitud del cauce.

1.1.7.4.4. Densidad de drenajes

Según Londoño (2001), este índice es de vital importancia ya que refleja la influencia de la geología, topografía, suelos y vegetación en la cuenca hidrográfica, y se relaciona directamente con el tiempo de salida del escurrimiento superficial de la cuenca. Expresa la relación que existe entre la sumatoria de la longitud de los drenajes y el área de la cuenca, su cálculo se muestra en la siguiente ecuación:

$$Dd = \frac{\sum Li}{A}$$

Donde:

Dd = Densidad de drenajes (Km/Km²)

ΣLi = Longitud total de los drenajes

A = Área de la cuenca (Km²)

Tabla 7. Clasificación de los valores de densidad de drenaje.

Densidad de drenajes (Km/Km ²)	Categoría
<1	Baja
1 - 2	Moderada
2 - 3	Alta
>3	Muy alta

Una alta densidad de drenaje indica una cuenca con un buen sistema de drenaje, lo que sugiere una respuesta rápida a las precipitaciones. Esto generalmente se observa en cuencas con suelos impermeables y fácilmente erosionables, en terrenos con pendientes pronunciadas y una vegetación escasa. Por otro lado, una baja densidad de drenaje está asociada con una cuenca con un sistema de drenaje deficiente, lo que provoca una respuesta lenta a las precipitaciones. Esto suele ocurrir en cuencas con suelos resistentes a la erosión o muy impermeables, y con pendientes y relieves más suaves. Estos valores están clasificados en la Tabla 7.

Un punto importante para considerar con respecto a este parámetro es cómo está relacionado con los caudales máximos y las avenidas. Cuando la densidad de la red hidrográfica es alta, es decir, hay muchos ríos y arroyos en la cuenca, se observan velocidades más altas en el flujo del agua y una capacidad de drenaje más limitada. Esto se traduce en caudales máximos más elevados, con un aumento rápido del nivel del agua durante las avenidas y una duración total de las mismas generalmente más corta.

Por otro lado, en el caso de una baja densidad de la red hidrográfica, donde hay pocos ríos y arroyos en la cuenca, el movimiento del agua es más lento y la capacidad de drenaje es más efectiva. Como resultado, se presentan caudales máximos más bajos, las

crecidas durante las avenidas son más graduales y las avenidas tienden a tener una duración total más prolongada.

1.1.7.4.5. Índice de Melton

Parámetro adimensional que, según Vidal & Barrios (2013) es una medida de la torrencialidad de una cuenca que intenta medir indirectamente la ocurrencia o no de flujo de detritus y de la severidad de éste. Expresado como la relación entre la diferencia entre las cotas de altura máxima y mínima, y la raíz cuadrada del área de la cuenca como se muestra en la siguiente formula:

$$IM = \frac{H_{max} - H_{min}}{\sqrt{A}}$$

Donde

H_{max} = cota de altura máxima (km)

H_{min} = cota de altura mínima (km)

A = Área de la cuenca (Km²)

Iroume (2003) sugieren que valores del índice de Melton mayores a 0,6 representan una alta torrencialidad asociada a la ocurrencia de flujo de detritus.

1.1.7.5. Resultados obtenidos de la caracterización morfométrica

En el estudio morfométrico de las cuatro unidades hidrográficas, se han obtenido valiosos datos que permiten caracterizar su forma y comportamiento hidrológico de manera detallada. A través de diferentes métodos de análisis, como los propuestos por Horton, Gravelius y la razón de elongación junto al índice de alargamiento, se ha logrado una comprensión de las características del relieve que inciden en la hidrología de estas cuencas.

Tabla 8. Resultados caracterización morfométrica

Parámetros	Q. Buenavista	Q. Mina Rica	Q. La Silenciosa	Q. Bambuco
Área (km ²)	55.52	6.79	7.94	6.33
Perímetro (Km)	73.59	33.15	26.23	21.95

Parámetros	Q. Buenavista	Q. Mina Rica	Q. La Silenciosa	Q. Bambuco
Longitud (Km)	19.88	9.40	8.10	5.4
Ancho (Km)	2.79	0.72	0.98	1.17
Factor de forma de Horton (Kf)	0.14	0.08	0.12	0.21
Coefficiente de compacidad o de Gravelius (Kc)	2.79	3.59	2.63	2.46
Razón de elongación (Re)	0.42	0.31	0.39	0.52
Índice de alargamiento (La)	7.12	13.00	8.27	4.60
Pendiente media de la cuenca	26.34%	23.18%	23.47%	22.45%
Elevación media de la cuenca	1399.94	1243.61	1234.20	1423.4
Orden de los cauces	4	1	3	3
Longitud del cauce principal (km)	37.15	11.57	8.25	5.6
Densidad de drenajes	2.06	1.70	2.54	1.97
Índice de Melton	1.105	0.029	0.003	0.056

Según la metodología propuesta por Horton, se ha identificado que las cuatro cuencas presentan una forma alargada, lo que sugiere que su extensión longitudinal es significativamente mayor que su ancho. Esto se ve respaldado por la presencia de crecidas atenuadas en los picos de caudal, lo que indica que las precipitaciones intensas se distribuyen a lo largo de un período más prolongado, disminuyendo así la magnitud de los picos de flujo. Esta característica puede tener un impacto en la mitigación de inundaciones y la erosión en las áreas bajas de estas unidades de análisis.

Por otro lado, de acuerdo con el método de Gravelius, las cuatro unidades hidrográficas se clasifican como oblongas a rectangulares. Esto implica que su forma tiende a ser menos susceptible a la degradación desde el punto de vista del drenaje. Dado que estas formas geométricas tienden a maximizar la longitud del flujo de agua en relación con el perímetro de la cuenca, es probable que se minimicen las oportunidades para la acumulación excesiva de sedimentos y la formación de canales de drenaje ineficientes.

La evaluación de la razón de elongación y el índice de alargamiento ha permitido concluir que las cuatro unidades hidrográficas presentan un alto alargamiento, indicando una relación entre su longitud y ancho que sugiere una forma muy alargada. Esto se asocia a áreas de relieve poco montañoso y pendientes no pronunciadas, lo que contribuye a una disminución en la velocidad del flujo y favorece la retención de sedimentos y la infiltración en el suelo.

Finalmente, el análisis de los porcentajes de pendiente proporcionados por el IGAC ha revelado que las cuatro unidades de análisis exhiben relieves ligeramente inclinados. Esta característica influye en la velocidad del flujo de agua y en la acumulación de sedimentos, lo que puede impactar en la erosión y la sedimentación en diferentes partes de estas.

En resumen, el estudio morfométrico de estas cuatro unidades hidrográficas ha proporcionado información crucial sobre sus formas alargadas, la atenuación de las avenidas torrenciales, la susceptibilidad a la degradación del drenaje, la relación longitud-ancho, y los porcentajes de pendiente. Estos hallazgos son esenciales para comprender el comportamiento hidrológico de las cuencas y para diseñar estrategias efectivas de manejo y conservación de recursos hídricos en sus respectivas áreas.

1.1.7.5.1. Curva hipsométrica

La curva hipsométrica revela que el releve de la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista es representativo de un cuerpo de agua con una geomorfología en edad madura (Figura 17), mientras que las unidades hidrográficas de las quebradas Mina Rica (Figura 18), La Silenciosa (Figura 19) y Bambuco (Figura 20), evidencian geomorfologías en edad joven, por lo que se espera una mayor dinámica en la denudación de sus laderas por efecto de la evolución del modelado del paisaje.

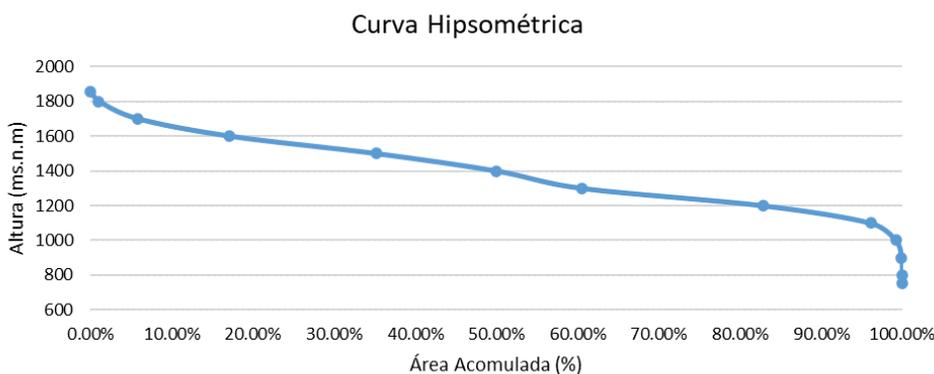


Figura 17. Curva hipsométrica para la Quebrada Buenavista

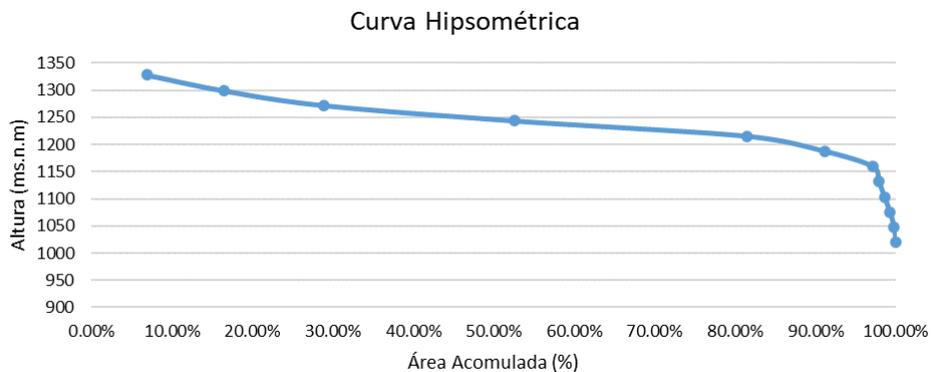


Figura 18. Curva hipsométrica para la Quebrada Mina Rica

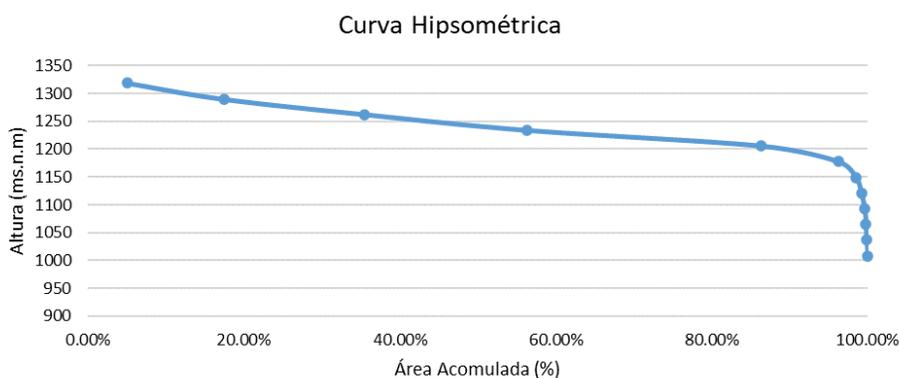


Figura 19. Curva hipsométrica para la Quebrada La Silenciosa

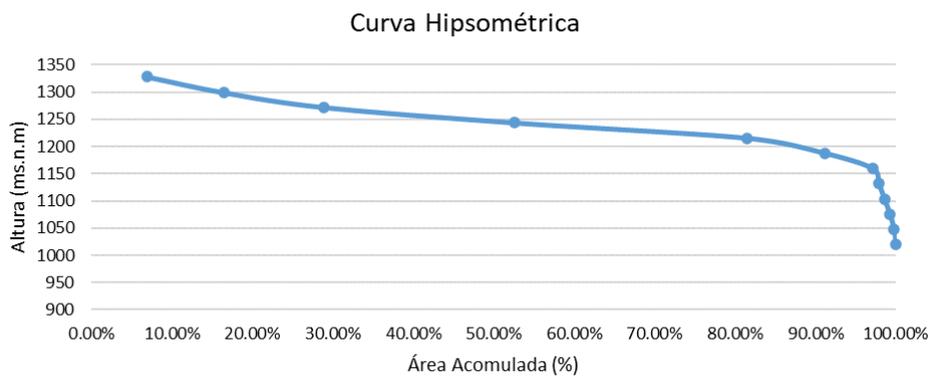


Figura 20. Curva hipsométrica para la Quebrada Bambuco

1.1.7.5.2. Tiempo de concentración

Tras el análisis de los tiempos de concentración obtenidos utilizando diversos métodos hidrológicos en las cuatro unidades hidrográficas, se han extraído valiosas conclusiones que arrojan luz sobre el comportamiento hidrológico y las características específicas de cada área de estudio.

Se observa una variabilidad significativa en los tiempos de concentración calculados entre los distintos métodos para cada unidad hidrográfica. Esto puede atribuirse a las diferentes suposiciones y enfoques de cada método en relación con las características topográficas, climáticas y geológicas de las cuencas.

Los resultados de la aplicación del método Kirpich, identificó un tiempo de concentración consistentemente más corto en la quebrada La Silenciosa, lo que sugiere una respuesta hidrológica más rápida y eficiente ante eventos de precipitación. En contraste, el método Témez reveló tiempo de concentración más prolongado en el la quebrada Buenavista, posiblemente debido a la consideración de parámetros de suelo y vegetación que influyen en la retención y regulación del flujo.

Tabla 9. Tiempos de concentración en las unidades hidrográficas de las quebradas Buenavista, Mina Rica, La Silenciosa y Bambuco

Método	Tiempo de concentración			
	Buenavista	Mina Rica	Silenciosa	Bambuco
Cuenca				
Kirpich	2.184	1.337	1.192	1.435
Témez	3.320	1.960	1.751	1.815
Passini	1.250	0.594	0.595	0.623
Bransby-Williams	3.719	2.268	1.924	2.387
California Culvert Practice	1.853	1.275	1.070	1.370
Clark	4.454	1.369	1.501	1.687
Giandotti	0.748	0.500	0.514	0.598
Pérez	1.487	0.965	0.757	1.132
Pilgrim y McDermott	3.497	1.574	1.670	1.879
Promedio	2.501	1.316	1.219	1.436

Los resultados obtenidos mediante el método Passini indican tiempos de concentración consistentemente más cortos en todas las unidades hidrográficas, lo que sugiere una respuesta hidrológica rápida y una capacidad limitada de retención de agua. Mientras tanto, el método Bransby-Williams mostró una variación más notable entre las

unidades de análisis, posiblemente debido a la sensibilidad del método a las diferencias en el uso de la tierra y la permeabilidad del suelo.

El método California Culvert Practice presentó tiempos de concentración relativamente similares entre las unidades hidrográficas. Por otro lado, el método Clark mostró tiempos de concentración más prolongados en la quebrada Buenavista, lo que puede atribuirse a la consideración de la densidad de drenaje y la forma de la cuenca.

A través del método Giandotti, se identificaron tiempos de concentración más cortos en todas las unidades hidrográficas, lo que puede deberse a la consideración de la forma de la cuenca y su relación longitud-ancho. El método Pérez también mostró tiempos de concentración más cortos, posiblemente influenciados por la consideración de la longitud de la corriente principal.

Por último, el método Pilgrim y McDermott arrojó tiempos de concentración más prolongados en la quebrada Buenavista, posiblemente debido a la consideración de la pendiente y la forma de la cuenca en relación con la longitud de la corriente principal.

En conjunto, se observa que el tiempo de concentración promedio para la quebrada Buenavista es de 2.5 horas, mientras que las quebradas Mina Rica, La Silenciosa y Bambuco presentan valores de 1.3, 1.2 y 1.4 horas respectivamente.

1.2. Diseño e implementación del proceso de participación de actores para el ordenamiento

1.2.1. Introducción

La estrategia para promover la participación de los actores en el proceso de ordenamiento del recurso hídrico de la Quebrada Buenavista y sus principales tributarios se fundamenta en el principio de promover la gobernanza del agua y la importancia en la construcción colectiva tanto del diagnóstico del estado en que se encuentran los cuerpos de agua en ordenamiento. Este enfoque no solo legitima el proceso sino también aporta a su apropiación y a la toma de decisiones.

Entre actores se pueden presentar conflictos, disputas o diferencias a razón de sus percepciones, necesidades e intereses sobre una determinada situación. Los conflictos son propios de las sociedades, por ende, son naturales y representan un desafío a la hora de enfrentarlos. De ahí que los conflictos ambientales y específicamente por el agua, se conviertan en uno de los principales ejes para tener en cuenta en la planificación y ordenamiento de los usos del agua.

Esta sección presenta las herramientas de participación y diálogo con los actores en la fase de diagnóstico, así como la ruta metodológica para la participación de ellos durante todo el proceso de ordenamiento. Adicionalmente, se define la tipología de actores relevantes y representativos partícipes en el proceso de formulación del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico de la Quebrada Buenavista y sus tributarios, la identificación de conflictos según fuentes de información de bases de datos de peticiones, quejas y reclamos de la CRQ durante los últimos cinco (5) años, y la identificación de conflictos por el agua a partir de encuentros desarrollados con los actores. Lo anterior, siguiendo la metodología propuesta por la guía para el ordenamiento del recurso hídrico del MADS (2018).

1.2.2. Conceptualización básica para el desarrollo de la participación en el ordenamiento del recurso hídrico

Dada la complejidad que tiene la participación social y considerando su importancia en este proceso en relación con los intereses y posiciones que tienen los actores en la quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados, se adoptan los siguientes conceptos para el ordenamiento del recurso hídrico:

1.2.2.1. Participación

La participación es entendida como una forma de manifestación social que permite a los individuos reconocerse como sujetos con capacidades, necesidades, e intereses que pueden ser comunes al compartir una situación determinada y tienen la oportunidad de

intervenir en toma de decisiones para transformar realidades y mejorar su calidad de vida.

1.2.2.2. Gobernanza Ambiental

La gobernanza ambiental se ha definido como el gobierno y la administración del medio ambiente entendido desde los recursos comunes, donde las reglas de uso y gestión se producen en la deliberación entre actores heterogéneos en un territorio descentralizado, con ese mismo enfoque se entiende la gobernanza del agua como *“el manejo y la gestión del recurso hídrico desde las diversas dimensiones y actores presentes en el territorio, capaces de responsabilizarse disminuyendo los conflictos y los impactos negativos sobre el recurso hídrico y proporcionando un uso eficiente y equitativo del mismo”*.

A partir del proceso de implementación de la Política Nacional para Gestión Integral del Recurso Hídrico en Colombia se ha avanzado en la construcción del concepto de gobernanza del agua, el cual reconoce la prioridad del consumo humano en procesos de coordinación y cooperación de distintos y diversos actores sociales, sectoriales e institucionales que participan en su gestión integrada; y asume al territorio y a la cuenca como entidades activas en tales procesos, con el fin de evitar que el agua y sus dinámicas se conviertan en amenazas para las comunidades y, garantizar la integridad y diversidad de los ecosistemas, para asegurar la oferta hídrica y los servicios ambientales. En este sentido, la gobernanza plantea nuevas maneras de entender la gobernabilidad, en tanto ubica la autoridad del Estado en función de su capacidad de comunicación y concertación con roles y responsabilidades claras, para acceder al agua de manera responsable, equitativa y sostenible.

1.2.2.3. Actor

El actor se entiende como el sujeto que hace parte de una comunidad y tiene un papel y una posición en el marco de sus relaciones con los demás y con su territorio. El término “actor” es central para comprender el concepto de gobernanza, a pesar de que se ha generalizado en diferentes contextos, se hace necesario precisar el concepto de acuerdo con Palacio (2015):

“La palabra “actor” Su raíz etimológica act da origen a otros vocablos que denotan acción (actor, acto, actuación). En este sentido, este término se refiere más precisamente a la posición y al rol del sujeto en el marco de sus relaciones. En la teoría social contemporánea esta noción se ha adoptado para entender el comportamiento derivado de las relaciones tanto de los sujetos humanos como no humanos (seres vivos y objetos culturales), teniendo en cuenta su capacidad de agencia (acción que logra concretar propósitos) y su efecto sobre la formación del espacio social y geográfico, la cual va

definiendo los territorios, las territorialidades y su paisaje (Thift 1996). Para caracterizar estos actores, a partir de sus relaciones en y con el territorio, es preciso acudir no sólo al reconocimiento de quiénes son los actores presentes en él, sino de su acción conjunta. Es decir, es importante reconocer las alianzas y las divergencias que los actores establecen a partir de sus acciones con otros, las que pueden derivar en tensiones o conflictos entre ellos, presentándose procesos colaborativos o de disputa en lugares y tiempos específicos”.

1.2.2.4. Actor Relevante

Según el MADS (2018) se definen como “*aquellos usuarios que captan y/o vierten al cuerpo de agua de interés y todos aquellos que captan de los tributarios principales al cuerpo de agua en el área de drenaje, por el impacto en cantidad y/o calidad que se generan sobre éste*”.

1.2.2.5. Actor representativo

Según el MADS (2018) se definen como “*Actores interesados en el ordenamiento localizados en cuerpos de agua que tributan a los cuerpos de agua priorizados*”. Además de los actores relevantes, se identifican los actores representativos, que se definen como actores interesados en el ordenamiento localizados en cuerpos de agua que tributan a los cuerpos de agua priorizados.

Para la identificación de los actores interesados en el ordenamiento se consideraron entre otras, las siguientes fuentes de información:

- Visita de campo de reconocimiento.
- Entrevistas con presidentes de ASOJUNTAS o quien haga sus veces.
- Oficinas de planeación, medio ambiente, desarrollo agropecuario o quien haga sus veces en las entidades territoriales.

1.2.2.6. Conflicto

Los conflictos son propios de las sociedades y ellas han tenido diversas formas de abordarlos y resolverlos, con el tiempo han evolucionado de forma diferente, pero han permanecido principalmente por las desigualdades en las oportunidades y situaciones de exclusión. Generalmente se han manifestado en relaciones antagónicas, poca comunicación y hasta acciones violentas entre sus actores.

Los conflictos socio ambientales están relacionados con problemas de manejo de los recursos naturales, sin embargo, es necesario diferenciar un conflicto de una problemática. “*El conflicto socio ambiental*” se define como la tensión que surge cuando las percepciones, necesidades e intereses de dos o más personas o grupos, se contraponen o se excluyen entre sí. También es entendido como un proceso donde las

partes tienen, o creen tener, objetivos incompatibles y entran en una disputa sobre las diferencias percibidas en relación con el acceso y uso de los recursos naturales.

Un Conflicto socioambiental no es lo mismo que una problemática ambiental. La problemática se entiende como una afectación o alteración negativa del entorno que afecta el equilibrio vital de un ecosistema y de esta manera al ser humano (por ejemplo, la contaminación de un río), Un conflicto socioambiental, se presenta como consecuencia de un problema ambiental no solucionado (MADS, 2017). Así se interpreta que un problema ambiental puede escalar hasta llegar a convertirse en un conflicto socioambiental, es decir de no resolverse el problema puede trascender a conflicto.

1.2.2.7. Conflictos por el agua

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe – CEPAL define el conflicto por el agua como: *“La consecuencia de la multiplicidad de demandas y pretensiones o aspiraciones que confluyen sobre los limitados recursos hídricos y que, por consiguiente, no pueden satisfacerse simultáneamente. Esto se materializa en relaciones antagónicas que surgen de la colisión de posiciones e intereses en torno a la cantidad, calidad y oportunidad de agua disponible para los diferentes actores”*

La Dirección de Gestión Integral de Recurso Hídrico del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, define los **conflictos por el agua** como: *“El resultado de la interacción entre los actores del territorio, donde surge una dinámica de visiones opuestas y grupos de interés que crea polémica, a causa de las diferencias reales o percibidas por el uso y aprovechamiento del recurso hídrico y de los ecosistemas de los que depende su disponibilidad”*. Según MADS (2017) estos se clasifican en diferentes tipos dependiendo de la situación, contexto y actores, ubicar el conflicto dentro de esta clasificación, permite tipificar los casos que se presentan en un territorio y orienta sobre las posibles causas o factores por los cuales estas situaciones conflictivas se manifiestan:

1.2.2.7.1. Conflicto entre usos:

Estos conflictos ocurren cuando el recurso no satisface cuantitativa, cualitativamente o en el tiempo, las demandas que generan los diferentes destinos del agua en una cuenca.

1.2.2.7.2. Conflicto entre usuarios:

Este tipo de conflicto se centra en los intereses de cada uno de los actores que comparten el recurso hídrico y sus intereses en competencia.

1.2.2.7.3. Conflictos con actores no usuarios

Los conflictos no solo se producen entre quienes comparten el recurso sino también frente a terceros, por razones diversas a la competencia directa entre usos. Este tipo de

conflictos no son vinculados directamente al uso del agua. Su fuente puede ser por ejemplo la extracción de áridos, deforestación o construcciones que afectan la capacidad natural para captar, retener, depurar, infiltrar, recargar, evacuar, transportar y distribuir agua en cantidad, calidad y oportunidad.

1.2.2.7.4. Conflictos interjurisdiccionales

Este tipo de conflicto refleja la tensión entre los objetivos y las competencias de las diferentes divisiones político-administrativas, como resultado de las faltas de correspondencia con los límites físicos o territoriales de la cuenca y los problemas de fragmentación y falta de coordinación que ello trae. Estos conflictos pueden darse entre municipios, estados, regiones y provincias que comparten una misma cuenca.

1.2.2.7.5. Conflictos institucionales

Ponen de manifiesto las disputas entre los diferentes actores públicos y privados cuyos ámbitos de actuación impactan en la gestión y aprovechamiento del agua. A nivel gubernamental se plasman en la falta de coordinación entre las autoridades y las áreas encargadas de obras e infraestructura, medio ambiente, ordenamiento territorial, planificación, generación de energía, servicios de agua potable, agricultura y otros sectores.

1.2.3. Enfoque metodológico para el proceso de participación

La estrategia de participación de actores para el ordenamiento del recurso hídrico de la quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados se compone de las siguientes fases: 1) contextualización del área de estudio e identificación de actores, su respectiva caracterización y priorización, 2) uso de herramientas de recopilación de datos, clasificación y análisis de la información, 3) encuentros de participación de los actores durante el proceso. Los cuales se describen a continuación:

1.2.3.1. Contextualización del área de estudio

A nivel departamental, la quebrada Buenavista y sus principales tributarios se encuentran en jurisdicción de los municipios de Filandia y Quimbaya en los cuales se definen las dinámicas sociales, crecimiento, desarrollo económico y participación social para el proceso de ordenamiento del recurso hídrico (Figura 21).

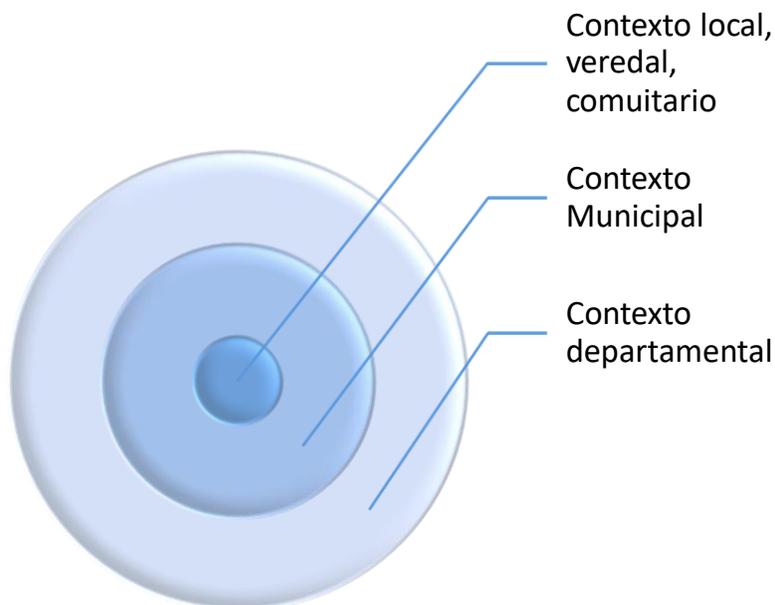


Figura 21. Contextualización de la información

Desde el contexto local, la quebrada Buenavista nace en el predio denominado Cajones de la vereda Bambuco Alto en el municipio de Filandia, dicho predio es propiedad de la Gobernación del Quindío y el municipio de Quimbaya. La quebrada Buenavista junto con sus tributarios priorizados (quebrada Bambuco, la Silenciosa y Mina Rica) recorren 20 veredas, 3 centros poblados y gran parte del casco urbano de Quimbaya (Tabla 10). Sitios donde se desarrollan actividades productivas, comerciales, agropecuarias, de turismo, entre otras. Esta contextualización es base fundamental para la sistematización de la información.

Tabla 10. Centro urbanos con influencia en los cuerpos de agua objeto de ordenamiento

Municipio	Centros poblados	Veredas	Principales Afluentes
Filandia		Buenavista, Bambuco Alto, Bambuco Bajo, Fachadas, Los tanques, Pavas, El vigilante, El Paraíso, La Cima	Bambuco
Quimbaya	Naranjal, Trocaderos, y sector Panaca	La Unión, Naranjal, Tres esquinas, El Rocío, La Granja, Ceilán, La Soledad, Pueblo Nuevo, Corozal, Kerman, La Montaña, La tigrera.	Mina Rica, La Silenciosa

1.2.3.2. Recopilación de información

Siguiendo las orientaciones de la Guía Para para el ordenamiento del recurso hídrico continental superficial del ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible (MADS, 2018) se consideran las siguientes fuentes de información:

- Visita de campo de reconocimiento.
- Entrevistas con presidentes de ASOJUNTAS o quien haga sus veces.
- Oficinas de planeación, medio ambiente, desarrollo agropecuario o quien haga sus veces en las entidades territoriales.

Para la identificación de los actores se consideraron las siguientes fuentes de información:

1.2.3.2.1. Información primaria

Este tipo de información corresponde a entrevistas individuales a los actores personas naturales o jurídicas, que tienen algún tipo incidencia la quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados, obtenida a través de las siguientes instancias:

- Se estableció dialogo con funcionarios de los municipios Filandia y Quimbaya de las oficinas de Planeación, profesionales del área ambiental, oficinas de desarrollo rural y ambiental, oficinas de desarrollo comunitario, Oficinas de desarrollo Económico y Turismo.
- Consejeros Territoriales de Planeación
- Empresas prestadoras de servicios de acueducto y aseo
- Presidentes de Juntas de acción Comunal y ASOJUNTAS
- Líderes y representantes de organizaciones comunitarias
- Gremios productivos de incidencia en el área.

1.2.3.2.2. Información secundaria

La información secundaria utilizada provino de las siguientes fuentes:

- Registros tomados de la base de datos de Cámara de Comercio del Quindío, consulta de información referente a personas naturales y jurídicas que desarrollan actividades formalizadas en los municipios y veredas que hacen parte del área de influencia de la quebrada Buenavista y sus principales tributarios.
- Revisión y verificación de las bases de datos suministradas por la Corporación Autónoma Regional del Quindío CRQ sobre solicitudes de permisos de vertimientos y captaciones de agua.

- Revisión y verificación de la información registrada en las páginas web de los municipios de Filandia y Quimbaya los cuales tienen jurisdicción en la quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados.

La información de los actores se sistematizó en una base de datos que contiene su georreferenciación, los datos básicos de los usuarios, tipo de actividad económica y el tipo de autorización ambiental (concesión, permiso de vertimiento y/o PSMV).

1.2.3.3. Espacios de participación en la fase de diagnóstico

Esta fase se desarrolló con la participación de los actores relevantes y representativos de cada municipio para el proceso de ordenamiento, además fueron convocados aquellos actores regionales interesados en la planificación del recurso hídrico en el departamento del Quindío, es así como se realizaron encuentros (1 por cada municipio), de socialización del proyecto y recopilación de información para la fase de diagnóstico. Esta actividad tuvo como fin la identificación de intereses y posiciones de los actores frente al proyecto y la identificación de conflictos, problemas y potencialidades en relación con el recurso hídrico, lo cual logró establecerse a través de los siguientes espacios:

1.2.3.3.1. Socialización del proceso de ordenamiento del recurso hídrico, su alcance, actividades e implicaciones

Este espacio tuvo el propósito de dar a conocer a los actores las fases del proceso de ordenamiento, el alcance del instrumento de planificación, las actividades programadas y las implicaciones de su desarrollo.

1.2.3.3.2. Diagnóstico participativo

Este espacio de participación permitió obtener la lectura compartida del estado actual en que se encuentra la quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados, el análisis de los usos de dicho recurso hídrico, sus potencialidades y condiciones; el propósito de este espacio fue identificar los conflictos por el agua existentes en dos (2) encuentros (1 por cada municipio), de recopilación de información para la fase de diagnóstico. Esta información se orientó a la identificación de intereses y posiciones de los actores frente al proyecto y la identificación de conflictos, problemas y potenciales en relación con el recurso hídrico.

La identificación de problemas y potencialidades es el ejercicio que conlleva al reconocimiento básico por parte de los actores, acerca del estado actual en el que se encuentra el recurso hídrico, confirmando la existencia de dificultades y situaciones negativas que lo afectan, pero a la vez reconociendo que existen también recursos,

capacidades y condiciones positivas que aportan en su momento alternativas de solución a dichos problemas.

1.2.3.3.2.1 Categorías de análisis identificadas

Las variables o categorías, refieren aquellos tópicos o asuntos en los que sobresale el análisis de problemáticas socio ambientales, se consultó al actor desde la perspectiva de la organización a la cual representa, sobre los problemas relacionados con el recurso hídrico encontrados, del mismo modo se les invitó a proponer soluciones a los problemas planteados; esto le permite al actor ver las potencialidades en los problemas no solo las dificultades mediante diversas herramientas que apuntan a dicha identificación asociados básicamente a las siguientes categorías o variables:

- Cantidad del recurso hídrico
- Calidad del recurso hídrico
- Demanda y Oportunidad de acceso al recurso hídrico
- Continuidad y sostenibilidad del recurso hídrico
- Comportamiento social con respecto al recurso hídrico

Adicionalmente, se indagó a los actores sobre su conocimiento sobre áreas críticas del territorio por el acceso al agua a través de las siguientes categorías de análisis:

- Áreas afectadas por vertimientos
- Áreas con Ocupación de cauces
- Áreas con sedimentos por erosión o quemas
- Áreas de asentamientos humanos en zonas de riesgo
- Áreas con disminución de caudal
- Otras áreas

1.2.3.3.2.2 Herramientas e instrumentos diseñados y aplicados

Los instrumentos y herramientas de recolección de información y de construcción colectiva de las reflexiones y lectura compartida que tienen los actores, se diseñaron de forma que facilitarían la comprensión y participación de la diversidad de actores relevantes y representativos identificados, técnicas que se aplican en espacios de trabajo colaborativo y herramientas de diálogo.

❖ Encuentro Participativo:

El encuentro es una técnica que recoge elementos de talleres de capacitación y participación comunitaria, sin embargo, son espacios en los que el total protagonismo es del actor, dejando de lado las extensas exposiciones académicas, se tiene la interacción y construcción colectiva entre actores de diversa tipología, Aquí adquiere un importante valor el conocimiento previo que trae el actor acerca de su territorio y de las experiencias cotidianas frente al tema específico.

❖ Ficha de identificación de conflictos:

La ficha, es una herramienta que orienta algunos conceptos básicos, para la posterior identificación de problemas y potenciales acerca del recurso hídrico, permite además enrutar al actor a la identificación de conflictos por el agua, en concertación o disertación con los demás participantes.

❖ Cuadrante de preguntas orientadoras por variable:

Este es un ejercicio en el que, por grupos de actores, responden a cuatro preguntas básicas sobre cada una de las variables.

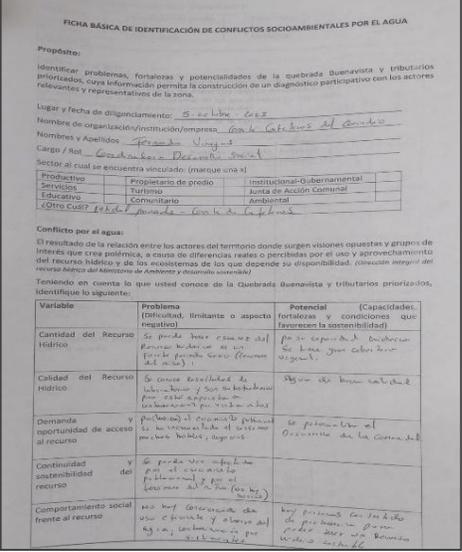
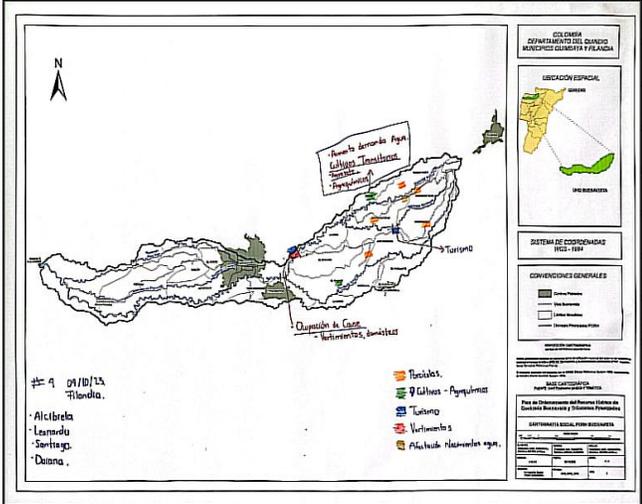
- ¿Qué sabemos, conocemos y como está (la calidad, cantidad, oportunidad de acceso, continuidad-sostenibilidad del recurso hídrico y el comportamiento social frente al mismo) de la quebrada Buenavista y los tributarios priorizados? ¿Dificultades? ¿Problemas?
- ¿Qué potencialidades, recursos o con qué capacidades se cuenta con respecto a la calidad, cantidad, oportunidad de acceso, continuidad-sostenibilidad del recurso hídrico y el comportamiento social frente al mismo de la quebrada Buenavista y los tributarios priorizados?
- ¿Qué se ha hecho o se puede hacer con respecto a la calidad, cantidad, oportunidad de acceso, continuidad-sostenibilidad del recurso hídrico y el comportamiento social frente al mismo de la Quebrada Buenavista y tributarios priorizados?
- Con Quién, ¿cómo y cuándo se ha hecho o se puede hacer?

❖ Cartografía Social- Mapa parlante:

Consiste en “mapear” los conflictos identificados sobre un plano de la cuenca, identificando en equipo áreas críticas asociadas a temas que consideraron centrales tales como: Captaciones y uso del recurso, vertimientos y saneamiento, ocupación de cauces entre otros; ubicándolas con convenciones construidas según la interpretación de los

actores, para luego socializar y complementar se presenten el ejercicio con el aporte de los demás participantes (Tabla 11).

Tabla 11. Herramientas implementadas en los encuentros participativos

 <p style="text-align: center;">Trabajo colaborativo</p>	 <p style="text-align: center;">Cuadrante de preguntas orientadoras</p>
 <p style="text-align: center;">Ficha de identificación de conflictos diligenciada</p>	 <p style="text-align: center;">Mapa parlante</p>

1.2.4. Actores relevantes y representativos

Las clasificaciones tipológicas de actores tienen en cuenta variables como contexto, sector al que pertenecen, actividades que desarrollan, carácter de la organización, naturaleza jurídica, facilitando la comprensión de la dinámica e incidencia de los actores en el ordenamiento del recurso hídrico para definir su rol como relevantes o representativos. En este proceso de ordenamiento se consideraron las características tipológicas presentadas en la Tabla 12. Entre ellas se destacan los siguientes tipos de actores:

Entidades/ Instituciones públicas: Por su misión y responsabilidad en la gestión del desarrollo social, económico, y ambiental sostenible, en los ámbitos sectoriales, territoriales, institucionales, y proyectos de inversión.

Entidades privadas/ empresas con naturaleza jurídica: Por su intervención en el desarrollo a través de sus actividades económicas, sociales y ambientales, con ánimo de lucro entre ellas personas natural o jurídica con actividades económicas reconocidas y reportadas en Cámara de comercio, o sin ánimo de lucro, con carácter exclusivamente cívico.

Comunidad: grupos o personas que por su intervención en el desarrollo a través de sus actividades económicas, sociales, ambientales, culturales y participativas.

Tabla 12. Clasificación tipológica de actores

Actores relevantes	Actores Representativos
<p>Comunitarios: Líderes de Juntas de acción comunal, organizaciones comunitarias, personas naturales que incidan en la captación o vertimientos a la fuente hídrica.</p> <p>Productivos: Asociaciones productivas, gremios (Cafeteros, Ganaderos), personas jurídicas que por sus actividades o razón económica incidan en la fuente hídrica</p> <p>Sociales: Organizaciones especialmente sin ánimo de lucro con intereses de protección ambiental o planeación</p> <p>Prestadores de Servicios: Juntas administradoras de acueductos rurales o comunitarios, empresas encargadas de la administración y distribución del recurso hídrico y de recolección de basuras, manejo de alcantarillado.</p>	<p>Institucionales: Alcaldías y sus oficinas de Planeación, medio ambiente y desarrollo agropecuario, Gobernación, autoridades locales (CRQ-Policía ambiental)</p> <p>Académicos: Instituciones Educativas, centros de capacitación, universidades</p> <p>Industria: Avícolas y cárnicos, entre otros</p> <p>Turismo, prestadores de servicios turísticos, entidades de promoción del paisaje cultural cafetero, administradores de Hoteles, Hostales y Hospedajes, Parques temáticos.</p>

1.2.4.1. Actores relevantes

La información de los actores contenida en las bases de datos fue obtenida dentro de las funciones legales y de servicios de las instituciones consultadas, por tanto, tiene calidad de datos públicos por su naturaleza pública y fueron tratados exclusivamente para los propósitos del proceso de ordenamiento (Tabla 13).

Tabla 13. Actores relevantes identificados para la formulación del PORH de la quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados

Tipo de Actor	Actor
Comunitarios	Presidente de Junta de Acción comunal vereda Buenavista
	Presidente de Junta de Acción comunal vereda Bambuco Alto
	Presidente de Junta de Acción comunal vereda Fachadas
	Presidente de Junta de Acción comunal vereda Los Tanques
	Presidente de Junta de Acción comunal vereda Pavas
	Presidente de Junta de Acción comunal vereda El Vigilante
	Presidente de Junta de Acción comunal vereda El Paraíso
	Presidente de Junta de Acción comunal vereda La Cima
	Presidente de Junta de Acción comunal vereda La Unión
	Presidente de Junta de Acción comunal vereda Naranjal
	Presidente de Junta de Acción comunal vereda Tres esquinas
	Presidente de Junta de Acción comunal vereda El Rocío
	Presidente de Junta de Acción comunal vereda La Granja
	Presidente de Junta de Acción comunal vereda Ceilán
	Presidente de Junta de Acción comunal vereda La Soledad
	Presidente de Junta de Acción comunal vereda Pueblo Nuevo
	Presidente de Junta de Acción comunal vereda Corozal
Presidente de Junta de Acción comunal vereda Kerman	
Presidente de Junta de Acción comunal vereda La Montaña	
Presidente de Junta de Acción comunal vereda La Tigrera	
Presidente de Junta de Acción comunal vereda Trocaderos	
Propietarios de Predios rurales colindantes a las Quebradas priorizadas	
Productivos	Comité municipal de cafeteros de Filandia
	Comité municipal de cafeteros de Quimbaya
	Comité municipal de Ganaderos de Filandia y Quimbaya
	Asociación de avicultores, porcicultores y piscicultores
Agriquin Asociación de agricultores del Quindío.	
Sociales	Consejo de planeación de Filandia
	Consejo de planeación de Quimbaya
Prestadores de Servicios	Asociación de acueductos rurales de Filandia
	Empresa de Acueducto de Quimbaya

1.2.4.2. Actores representativos

Los actores representativos para el ordenamiento del recurso hídrico pertenecen a sectores institucionales, académicos y turísticos (Tabla 14).

Tabla 14. Actores representativos identificados para la formulación del PORH de la quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados

Tipo de Actor	Actor
Institucionales	Secretaría de Planeación de Filandia
	Secretaría de desarrollo rural y ambiental de Filandia
	Secretaría de Turismo de Filandia
	Secretaría de Planeación de Quimbaya
	Secretaría de desarrollo rural y ambiental de Quimbaya
	Secretaría de Turismo de Quimbaya
	Gobernación del Quindío Secretaría Desarrollo rural sostenible
Secretaría departamental de aguas e infraestructura. Plan departamental de Aguas	
Académicos	Universidad del Quindío Facultad de Biología
	Universidad la Gran Colombia Programa de Ingeniería Geográfica y ambiental
	Institución Educativa Rural San José
	Institución Educativa Rural Naranjal
Turismo	Representantes paisaje cultural cafetero
	Parque Temático Panaca
	Representantes Hoteles y fincas turísticas

1.2.5. Conflictos por el agua en la quebrada Buenavista y tributarios priorizados según bases de datos PQR

Durante los últimos cinco (5) años, según las bases de datos disponibles, se identificaron las siguientes denuncias y PQR, asociadas a vertimientos y otros asuntos relacionados con fuentes hídricas en la Corporación Autónoma Regional del Quindío, cabe anotar que la información suministrada, omite en la mayoría de los casos, la identificación de la fuente hídrica a la que pertenece la denuncia o petición; o no se identifica la zona o municipio en el que ocurre el conflicto. (En pocos casos se logró identificar la fuente hídrica en la descripción del asunto). Los años relacionados son: 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022.

Se seleccionó únicamente la información correspondiente a asuntos relacionados con fuentes hídricas y suprimiendo las correspondientes a sectores que se identificaron, no

hacen parte del área de interés del proyecto. El 100% de las denuncias y peticiones fueron trasladadas y atendidas por la Subdirección de Regulación y control ambiental de la CRQ.

Del total de 236 denuncias y PQR identificadas, relacionadas con recurso hídrico, en los últimos 5 años, se tiene que 33 fueron denuncias anónimas, 26 fueron hechas por personas jurídicas con ánimo de lucro, (empresas), 10 por urbanizaciones y condominios, 15 por entidades públicas (entre ellas Alcaldías, Gobernación, Personerías, Ministerio y entidades de orden nacional como ANLA) y las restantes 154 fueron realizadas por personas naturales.



Figura 22. Tipo de actor denunciante o peticionario

Del total, 44 mencionan directamente áreas aledañas a las quebradas de interés del proyecto de las cuales 22 tienen relación directa con las fuentes hídricas de interés para el ordenamiento del recurso hídrico de la quebrada Buenavista y tributarios priorizados.

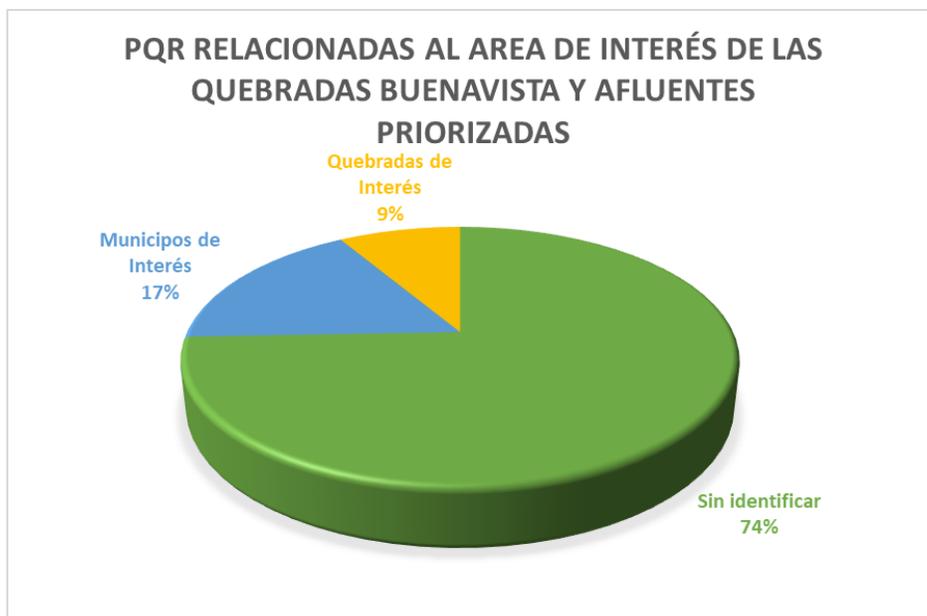


Figura 23. PQR, Relacionadas al área de interés de la quebrada Buenavista y tributarios priorizados

1.2.5.1. Peticiones, Quejas y Reclamaciones del Año 2018 relacionadas con el agua

Es importante anotar que, en este año de 19 denuncias relacionadas al uso de recurso hídrico especialmente vertimientos, se encontraron solo 2 que hacen mención del municipio de Quimbaya (municipio de interés para el ordenamiento del recurso hídrico).

Durante este año se instauró una Acción Popular, que incluyó (2) dos de las quebradas objeto del proyecto, la cual se relacionaba con la “determinación del grado de contaminación de las quebradas: Agua Linda, **Buenavista**, Campo Alegre, **Mina Rica**, y Valencia o Rocío”, la cual fue atendida por la Subdirección de Regulación y Control Ambiental y la oficina de Asesoría Jurídica de la CRQ.

Tabla 15. PQR año 2018

Fecha	Clase	Entidad/Persona remitente	Asunto
26/9/2018	Denuncia	Anónimo	Denuncia vertimiento
26/9/2018	Denuncia	Con denunciante	Denuncia contaminación quebrada
27/9/2018	Denuncia	Con denunciante	Denuncia contaminación quebrada con desechos del hospital de zona
8/10/2018	Denuncia	Anónimo	Denuncia contaminación nacimiento
12/10/2018	Denuncia	Con denunciante	Denuncia contaminación quebrada

Fecha	Clase	Entidad/Persona remitente	Asunto
17/10/2018	Denuncia	Con denunciante	Denuncia contaminación de aguas residuales
29/10/2018	Denuncia	Con denunciante	Denuncia captación ilegal de aguas superficiales
6/11/2018	Denuncia	Con denunciante	Denuncia vertimientos
12/3/2018	Denuncia	Con denunciante	Denuncia invasión del predio para tomar el agua
20/3/2018	Denuncia	Anónimo	Toma de agua de quebrada para riego de cultivos
21/3/2018	Denuncia	Con denunciante	Revisión vertimientos de aguas negras
28/6/2018	Denuncia	Con denunciante	Requerimiento previo, situación presentada por vulneración de derechos represamiento agua
16/2/2018	Denuncia	Con denunciante	Contaminación quebrada
19/2/2018	Denuncia	Con denunciante	Invasión generando vertimiento sobre quebrada predio rural y explotación material
12/1/2018	Denuncia	Con denunciante	Contaminación vertimiento de aguas residuales pozos sépticos de dos vecinos corren por la finca la Pradera
26/1/2018	Denuncia	Con denunciante	Acueducto de la microcuenca
10/12/2018	Denuncia	Con denunciante	Denuncia vertimientos
6/12/2018	Denuncia	Con denunciante	Denuncia vertimientos sobre quebrada
2/4/2018	Denuncia	Anónimo	Manejo de porcicultura finca el laurel Quimbaya

Fuente: CRQ (2023)

1.2.5.2. Peticiones, Quejas y Reclamaciones del Año 2019 relacionadas con el agua

En la información relacionada con este año, no se encontró ninguna relacionada con el área de interés del proyecto.

Tabla 16. PQR año 2019

Fecha	Clase	Entidad/Persona remitente	Asunto
11/1/2019	Denuncia	Con denunciante	Denuncia porcícola, contaminación, vertimientos.
11/1/2019	Denuncia	Con denunciante	Denuncia porcícola, contaminación de quebrada.
15/1/2019	Denuncia	Con denunciante	Denuncia movimiento de tierra, contaminación de quebrada
21/1/2019	Denuncia	Con denunciante	Denuncia vertimientos
8/2/2019	Denuncia	Con denunciante	Denuncia vertimientos
20/2/2019	Denuncia	Anónimo	Denuncia contaminación de quebrada con escombros
13/3/2019	Denuncia	Con denunciante	Denuncia contaminación de quebrada
20/3/2019	Denuncia	Con denunciante	Denuncia vertimiento de aguas
20/3/2019	Denuncia	Con denunciante	Daño en filtro de planta de tratamiento de aguas residuales y malos olores

Fecha	Clase	Entidad/Persona remitente	Asunto
21/3/2019	Denuncia	Con denunciante	Denuncia vertimientos
21/3/2019	Denuncia	Anónimo	Denuncia vertimientos
26/3/2019	Denuncia	Anónimo	Denuncia vertimientos
27/3/2019	Denuncia	Con denunciante	Denuncia vertimientos
9/4/2019	Denuncia	Anónimo	Denuncia porcícola y vertimientos
11/4/2019	Denuncia	Anónimo	Denuncia porcícola- contaminación de quebrada
11/4/2019	Denuncia	Con denunciante	Denuncia vertimientos
16/4/2019	Denuncia	Anónimo	Denuncia represamiento de quebrada
24/4/2019	Denuncia	Con denunciante	Denuncia vertimiento de aguas negras
29/4/2019	Denuncia	Anónimo	Denuncia contaminación de fuentes hídricas
29/4/2019	Denuncia	Con denunciante	Denuncia contaminación de quebrada
2/5/2019	Denuncia	Con denunciante	Solicitud parte del proceso por ocupación de cauce denuncia 2287-19
10/5/2019	Denuncia	Con denunciante	Denuncia captación de uso pecuario
20/5/2019	Denuncia	Con denunciante	Denuncia vertimientos
22/5/2019	Denuncia	Anónimo	Denuncia vertimientos
24/5/2019	Denuncia	Con denunciante	Denuncia vertimientos
28/5/2019	Denuncia	Con denunciante	Denuncia vertimientos, acta de visita
30/5/2019	Denuncia	Con denunciante	Denuncia vertimientos
7/6/2019	Denuncia	Con denunciante	Denuncia descarga planta de tratamiento, contaminación
11/6/2019	Denuncia	Con denunciante	Denuncia contaminación quebrada
17/6/2019	Denuncia	Con denunciante	Denuncia vertimientos
20/6/2019	Denuncia	Anónimo	Denuncia vertimiento de aguas
25/6/2019	Denuncia	Con denunciante	Traslado denuncia ANLA, vertimientos, escombros
27/6/2019	Denuncia	Anónimo	Denuncia vertimientos
2/7/2019	Denuncia	Con denunciante	Denuncia contaminación de quebrada
2/7/2019	Denuncia	Anónimo	Denuncia vertimiento de porcícola
3/7/2019	Denuncia	Anónimo	Denuncia vertimientos
9/7/2019	Denuncia	Con denunciante	Denuncia vertimientos actividad porcícola
10/7/2019	Denuncia	Con denunciante	Denuncia contaminación y vertimientos
16/7/2019	Denuncia	Con denunciante	Denuncia contaminación fuentes hídricas lixiviados de café y cereza

Fuente: CRQ (2023)

1.2.5.3. Peticiones, Quejas y Reclamaciones del Año 2020 relacionadas con el agua

En este año se identificaron muy pocas denuncias y PQR, posiblemente por las medidas de confinamiento a raíz de la pandemia del COVID 19, sin embargo, se identificaron 6 denuncias que se relacionan directamente con fuentes hídricas de la zona de interés del proyecto.

Tabla 17. PQR año 2020

Fecha	Clase	Entidad/Persona remitente	Asunto
9/11/2020	Denuncia	Anónimo	Denuncia vertimiento sobre la quebrada Buenavista y movimiento de tierra en área protegida Quimbaya vereda Palermo barrio Cacique
1/12/2020	Denuncia	Anónimo	Denuncia vertimientos Quimbaya
9/12/2020	Denuncia	Con denunciante	Denuncia vertimientos sobre quebrada del barrio Vicente López Quimbaya
14/12/2020	Denuncia	Anónimo	Denuncia vertimientos Quimbaya
17/12/2020	Denuncia	Anónimo	Denuncia vertimientos Quimbaya
25/09/2020	Denuncia	Con denunciante	Vertimientos sobre la quebrada Buenavista sector la Rivera y vereda Trocaderos, antiguo matadero

Fuente: CRQ (2023)

1.2.5.4. Peticiones, Quejas y Reclamaciones del Año 2021 relacionadas con el agua

Para este año se encontraron peticiones quejas y reclamos, específicas en veredas y fuentes de influencia del proyecto.

Tabla 18. PQR año 2021

Fecha	Municipio	Vereda	Predio	Asunto
2021	Filandia	Buenavista	Con peticionario	Resolución 1152 de 16-06-2020
7-01-2021	Filandia	Cajones	Con peticionario	Vertimientos
12/1/2021	Quimbaya	Kerman	Con peticionario	Proceso de consulta para establecimiento de meta de carga contaminante vertida a cuerpos de agua
2021	Quimbaya	Kerman	Con peticionario	Consumo de agua quebrada la silenciosa
28/01/21	Quimbaya	Mesa alta	Con peticionario	Permiso de vertimientos
28/1/2021	Quimbaya	La Montaña	Con peticionario	Solicitud permiso de vertimiento
28/01/2021	Quimbaya	El rocío	Con peticionario	Solicitud permiso de vertimientos
2021	Quimbaya	Kerman	Con peticionario	Solicitud permiso de vertimiento
2021	Quimbaya	Ceilán	Con peticionario	Solicitud permiso vertimientos
2021	Filandia	Bambuco	Con peticionario	Solicitud permiso de vertimiento
18/01/2021	Filandia	El Vigilante	Con peticionario	Solicitud permiso de vertimientos
6/1/2021	Filandia	El Paraíso	Con peticionario	Solicitud vertimientos
	Filandia	La cauchera	Con peticionario	Solicitud vertimientos

Fecha	Municipio	Vereda	Predio	Asunto
2/09/2021	Quimbaya	La Soledad	Con peticionario	Vertimiento de aguas residuales en la quebrada Buenavista sector antigua Matadero

Fuente: CRQ (2023)

De otra parte, se encontró también la siguiente información para áreas cercanas a los cuerpos de agua en proceso de ordenamiento:

Tabla 19. PQR año 2021 (zonas cercanas al área de influencia)

Fecha	Clase	Entidad/persona remitente	Asunto
18/1/2021	Vertimientos	Con denunciante	Denuncia vertimientos de pozos sépticos sin mantenimiento Filandia
22/2/2021	Vertimientos	Con denunciante	Solicitud permiso de vertimientos predio filo bonito Filandia
16/3/2021	Vertimientos	Con denunciante	Denuncia vertimientos Filandia
24/3/2021	Vertimientos	Anónimo	Denuncia vertimiento de agua sobre fuente hídrica por proceso industrial de café Filandia vereda el Paraíso
26/3/2021	Vertimientos	Anónimo	Denuncia vertimientos Filandia
13/4/2021	Vertimientos	Con denunciante	Denuncia contaminación por vertimiento Filandia
20/4/2021	Vertimientos	Con denunciante	Denuncia contaminación por mala disposición de aguas residuales
13/5/2021	Vertimientos	Anónimo	Vertimiento a quebrada
16/6/2021	Vertimientos	Anónimo	Vertimientos a quebrada
8/7/2021	Porcícola	Anónimo	Denuncia afectación a quebrada con riego "porcinaza" Filandia
12/7/2021	Vertimientos	Anónimo	Denuncia contaminación a quebrada, vertimientos Filandia
13/7/2021	Vertimientos	Con denunciante	Denuncia impacto ambiental por ganado en fuente hídrica Filandia
21/7/2021	Vertimientos	Con denunciante	Denuncia contaminación a quebrada por colectores en mal estado Filandia
23/7/2021	Porcícola	Anónimo	Denuncia contaminación vertimiento por actividad porcícola, Filandia
30/8/2021	Ocupación de cause	Anónimo	Denuncia modificación cauce de quebrada, Filandia
30/8/2021	Vertimientos	Anónimo	Denuncia vertimientos Filandia
14/9/2021	Porcícola	Con denunciante	Denuncia de contaminación a fuente hídrica por causa de vertimiento de porcinaza.
26/10/2021	Regulación	Con denunciante	Contaminación a quebrada Filandia

Fuente: CRQ (2023)

1.2.5.5. Peticiones, Quejas y Reclamaciones del Año 2022 relacionadas con el agua

Tabla 20. PQR año 2022

Fecha	Clase	Entidad/persona remitente	Asunto
08/03/2022	Denuncia	Con denunciante	Sector la Rivera, la carrilera Quimbaya. Predio los Mandarinos, vertimiento de aguas residuales y residuos sólidos a la quebrada Buenavista (por parte de caserío barrio subnormal)
03/01/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de información respecto a aislamiento a cuerpos de agua necesarios para construcciones civiles
03/01/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de prórroga concesión de aguas superficiales exp. 0394-16. Resolución 1197 del 4 de agosto de 2016.
04/01/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de prórroga rad 19343-21 03-12-2021 permiso de vertimientos
12/01/2022	Peticiones	Con peticionario	Requerimiento técnico permiso de vertimientos exp 2865-21
13/01/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de visita de control y seguimiento exp-2904-21 permiso de vertimientos
13/01/2022	Peticiones	Con peticionario	Gestión de las aguas termominerales.
17/01/2022	Peticiones	Con peticionario	Petición vertimiento aguas residuales
26/01/2022	Peticiones	Anónimo	Denuncia vertimiento de estiércol de cerdo a la quebrada
27/01/2022	Peticiones	Con peticionario	Derecho de petición vertimientos
31/01/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud visita técnica para socialización tramite requerido permiso de uso de agua. Muchas gracias
31/01/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud visita técnica para socialización tramite requerido permiso de uso de agua.
31/01/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de desglose exp-4611-14 permiso de vertimientos
31/01/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud permiso uso de agua predio y de certificación en buenas prácticas agrícolas B.P.A Con el Instituto Colombiano Agropecuario - ICA
22/02/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud permiso de vertimientos
22/02/2022	Peticiones	Con peticionario	Derecho de petición, permiso vertimiento de aguas, con la respuesta favor citar radicado 2022013116-10
22/02/2022	Peticiones	Con peticionario	Derecho de petición tramite de permiso de vertimiento expediente 213 de 2021
28/02/2022	Peticiones	Con peticionario	Disponibilidad de agua exp. 1795-22
02/02/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud prorroga complemento de documentación del trámite de permiso de vertimiento radicado con no. 15672 de 2021
02/02/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de prorroga exp-15348-21 permiso de vertimientos

Fecha	Clase	Entidad/persona remitente	Asunto
03/02/2022	Peticiones	Con peticionario	Derecho de petición exp-03655-21 permiso de vertimientos
03/02/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud informe de seguimiento PSMV Quimbaya página web
04/02/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de visita para verificación exp-3664-19 permiso de vertimientos
07/02/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de prórroga para complementación exp-12536-21 permiso de vertimientos
10/02/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud visita por problemática de aguas residuales
10/02/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de términos para tramite de cesión de titularidad de permiso de ocupación de cauce otorgado a consorcio meco triturados 060
10/02/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud visita vertimientos - crq
11/02/2022	Peticiones	Con peticionario	Derecho de petición exp-12884-21 permiso de vertimientos
11/02/2022	Peticiones	Anónimo	Afectación a fuente hídrica por vivero de aguacate
14/02/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de la prórroga del complemento de documentación del trámite permiso de vertimientos radicado con N° 15478-21
15/02/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud permiso uso de agua
02/03/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud visita técnica para socialización tramite requerido permiso de uso de agua.
02/03/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud del permiso de vertimientos que documentos se deben presentar.
04/03/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de información para diseño de vertimientos
07/03/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de prórroga para requerimiento al exp-15606-21 permiso de vertimientos
08/03/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud plazo para el complemento de documentación del trámite del permiso de vertimiento radicado no. 12841-20, (finca la esmeralda).
10/03/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de verificación de posibles infracciones ambientales en materia de vertimientos.
11/03/2022	Peticiones	Con peticionario	Derecho de petición exp-7607-17 permiso de vertimientos
14/03/2022	Peticiones	Con peticionario	PQRSD petición, adjunto oficio solicitud visita técnica para socialización tramite requerido permiso de uso de agua
14/03/2022	Peticiones	Con peticionario	Derecho de petición solicitud de renovación al permiso de vertimiento radicado bajo el numero e 14770 de 2021.
14/03/2022	Peticiones	Con peticionario	Derecho de petición solicitud de renovación al permiso de vertimiento radicado bajo el numero e15215 de 2021.
16/03/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de certificado de reúso del agua predio el pacífico

Fecha	Clase	Entidad/persona remitente	Asunto
18/03/2022	Peticiones	Con peticionario	Análisis vertimiento aguas negras - aguas lluvias Derecho de petición para solicitar ampliación del plazo para entregar respuesta al requerimiento técnico para tramite de permiso de vertimiento (predio la carmelita).
22/03/2022	Peticiones	Con peticionario	Artículo 23 de la constitución política de Colombia; en concordancia con los artículos 14, 16 y 31 del código de procedimiento administrativo y de lo contencioso administrativo (ley 1437 de 2011).
22/03/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de resolución de concesión de aguas Solicitud de modificación de la resolución 002759 del 14 de noviembre del 2019 mediante la cual se otorga permiso de ocupación de cauce
22/03/2022	Peticiones	Con peticionario	Derecho de petición - prorroga - permiso de vertimiento 4204 de 2021 lote 6
23/03/2022	Peticiones	Con peticionario	Derecho de petición - prorroga - permiso de vertimiento 4646 de 2021 lote 5
24/03/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud permiso uso de agua - visita técnica para iniciar tramite requerido predio el placer 1 vereda el congal Filandia
25/03/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud copias planos de vertimiento finca la cristalina vereda la soledad FDP-solicitud permiso de vertimiento CRQ
28/03/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud visita técnica para socialización tramite requerido permiso de uso de agua finca el guayabito
28/03/2022	Peticiones	Con peticionario	Trámite prorroga concesión de aguas radicado e02265-22 asunto: cumplimiento de requerimiento
30/03/2022	Peticiones	Con peticionario	Vertimientos- uria
30/03/2022	Peticiones	Anónimo	Derecho de petición relacionada con trámite de vertimiento con no 12535 de 2021
01/04/2022	Peticiones	Con peticionario	Consulta sobre aguas privadas hacienda Rio azul
04/04/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud prorroga permiso de vertimiento no e028982022
04/04/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud realización de visita para verificar los vertimientos generados aguas arribas del predio ubicado en vereda la morelia
04/04/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud copia de requerimiento trámite permiso de vertimientos radicado 8415 de 2019 (condominio)

Fecha	Clase	Entidad/persona remitente	Asunto
			campestre - fincas PANACA - Quimbaya).
11/04/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud visita técnica de vertimientos para descartar posible afectación
12/04/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de información relacionada a costo visita para tramitar permiso de vertimiento
18/04/2022	Peticiones	Con peticionario	Pqr no se ha dado respuesta a una solicitud de permiso de vertimiento rad 1418-22
19/04/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de información del permiso de vertimiento rad 8457-21
21/04/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud visita técnica al área de vertimientos
22/04/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de prórroga para dar respuesta a requerimiento 5731 de 2022 permiso de vertimiento rad 14019 de 2021
25/04/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud prorroga complemento de documentación para tramite de vertimientos con radicado N.º 12958-21
25/04/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud información permiso de vertimientos
27/04/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de prórroga concesión de aguas exp 09520-16
27/04/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de desglose permiso de vertimiento read 09876-21
28/04/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud prórroga para trámite de permiso de vertimiento de aguas residuales no domésticas tratadas
05/05/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud visita técnica trámite certificado de conformidad de vertimientos
11/05/2022	Peticiones	Con peticionario	Consulta proceso permiso de vertimientos
16/05/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de exoneración vertimientos
17/05/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de coordenadas puntos de captación de aguas cercanas al área del polígono minero no 503988
17/05/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicito el formulario, el trámite y los requisitos pertinentes para el permiso y/o renovación de vertimiento de aguas residuales domesticas
18/05/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicito información para conocer los requisitos y documentos que tengo que presentar para solicitar ante ustedes y obtener el permiso de vertimiento
23/05/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de desglose exp-1125-22 permiso de vertimientos
24/05/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de ampliación de plazo para el envío de documentación en el trámite de concesión de aguas subterráneas finca horizonte

Fecha	Clase	Entidad/persona remitente	Asunto
25/05/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud copia del permiso de vertimiento predio Filo Bonito vereda Bambuco Alto Filandia
31/05/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud concepto técnico de denuncia 6085-22 predio Villa Adriana vereda Bambuco Alto
02/06/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitar la notificación vía email de su decisión con respecto al trámite de permiso de vertimientos, radicado con el número 2411-2021
02/06/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de prórroga permiso de concesión de aguas superficiales res 1018 de 2017
10/06/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud prórroga de la resolución 1773 de 2017 concesión aguas
10/06/2022	Peticiones	Con peticionario	Desistimiento de concesión de aguas subterráneas exp 9973-2016
10/06/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud cambio de propietario exp 4027-15 trámite permiso de vertimiento
13/06/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud notificación por correo electrónico trámite de permiso de vertimiento expediente 12572-2021
13/06/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de información tramite de permiso de vertimiento con radicado e12154 - 21
13/06/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de prórroga para renovación de trámite de concesión de aguas subterráneas
14/06/2022	Peticiones	Con peticionario	Estado expediente 13119-2021 permiso de vertimiento
21/06/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud comedida de documentos trámite de permiso de vertimientos para un pozo séptico
24/06/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de concepto técnico sistema de tratamiento de aguas domésticas mediante humedales
28/06/2022	Peticiones	Con peticionario	Remisión de derecho de petición interpuesto por Josué Carrillo y otros- ruido y derrame de aguas residuales de la planta de producción de concentrados de la empresa Don pollo
28/06/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de prórroga trámite de concesión de aguas subterráneas expediente 4035 de 2016.
29/06/2022	Peticiones	Con peticionario	Reiteración en solicitud de prórroga para obras de ocupación cauce - Eds Cuervo
11/07/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud ampliación plazo complemento trámite permiso de vertimiento exp 7476-22
11/07/2022	Peticiones	Con peticionario	requerimiento 12172 de 2022
11/07/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de información psmv o permiso de vertimientos
11/07/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de información concesión de agua para proyecto de autogeneración de energía.

Fecha	Clase	Entidad/persona remitente	Asunto
12/07/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de información tramite de concesión de aguas superficiales exp 06370-22
13/07/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de información concesión de aguas
13/07/2022	Peticiones	Con peticionario	Recurso de reposición a la resolución 1990 de 2022 trámite de vertimientos 019-2022
14/07/2022	Peticiones	Con peticionario	Desistimiento permiso de vertimientos radicado N° 5589 de 2017
15/07/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud exoneración de caracterización de vertimientos
18/07/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de prórroga para continuar con trámite de concesión de aguas subterráneas - oficio 2242-22
22/07/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de desistimiento permiso de vertimiento exp. 15606-21
25/07/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud visitas para verificación de contaminación a fuente hídrica
26/07/2022	Peticiones	Con peticionario	Pqr permiso de vertimientos rad 5732-22 rad 5834-22
27/07/2022	Peticiones	Con peticionario	Consulta permiso de vertimientos proyecto uso turístico
28/07/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud notificación electrónica del proceso de vertimiento 3330-2021
28/07/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud viabilidad para 11 puntos adicionales generadores de vertimiento
04/08/2022	Peticiones	Con peticionario	Se solicita visita de verificación de vertimiento de la empresa Don pollo
05/08/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud prórroga requerimiento técnico para trámite de permiso de vertimientos 11884-20
09/08/2022	Peticiones	Con peticionario	Derecho de petición - revisión de la resolución 2071 de 2022 trámite de vertimientos 15191
10/08/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud concepto técnico tramite ocupación de cauce
11/08/2022	Peticiones	Con peticionario	Actualización o renovación del permiso de vertimiento de aguas - concesión de río para riego exp 0841
17/08/2022	Peticiones	Con peticionario	Renovación del permiso de vertimientos ken Nichol & Susan cunningham
23/08/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de acompañamiento prueba de bombeo para presentar solicitud de concesión de agua
24/08/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de concepto técnico sobre vertimiento de aguas
26/08/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de prórroga para iniciar el trámite de concesión de aguas
26/08/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de acompañamiento visita técnica prueba de bombeo. Predio la Rochela vereda Laurel, Quimbaya
30/08/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de complemento de documentación de trámite de permiso de vertimiento con rad 9326-22

Fecha	Clase	Entidad/persona remitente	Asunto
05/09/2022	Peticiones	Con peticionario	Información tramite permiso de vertimiento de aguas residuales, expediente 12884-21
05/09/2022	Peticiones	Con peticionario	Desglose de permiso de vertimientos exp-12566-21
09/09/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de prórroga concesión de aguas exp-9505-22
19/09/2022	Peticiones	Con peticionario	Radicado 3330-2021 permiso de vertimiento
20/09/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de desglose rad 1341-21 permiso de vertimientos
21/09/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de información permiso de vertimientos exp-8538-22
21/09/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de notificación electrónica de la resolución 2955 de 2022 (prórroga concesión de aguas)
26/09/2022	Peticiones	Con peticionario	Lineamientos para solicitar un permiso de vertimientos en su territorio
26/09/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud prórroga de visita e10032-22 del 11-8-2022 con permiso de vertimiento
29/09/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de información concesiones del uso de aguas otorgadas en el municipio de Filandia
04/10/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de prórroga a exp-8870-22 concesión de aguas predio finca canta lobos
06/10/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de prórroga para permiso de vertimientos rad 16185-22
06/10/2022	Peticiones	Con peticionario	Derecho de petición rad 6403-22 permiso de vertimientos
10/10/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de prórroga. res. 2774 aguas superficiales
10/10/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud revisión vertimientos rurales
11/10/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de copias del exp-1549-11 permiso de vertimientos exp-9575-18
12/10/2022	Peticiones	Con peticionario	Derecho de petición expedición de resolución de permiso de vertimientos
14/10/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud acto de inicio permiso de vertimientos
14/10/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de cambio de propietario en el exp-5035-14 permiso de vertimientos
21/10/2022	Peticiones	Con peticionario	Derecho de petición exp-9068-22 permiso de vertimientos
24/10/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de corrección auto- tramite de permiso de vertimientos
24/10/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de prórroga exp-9503-22 ocupación de cauce
28/10/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de prórroga permiso de concesión de aprovechamiento de aguas superficiales
15/11/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de visita de inspección y verificación de cumplimiento de permiso de vertimiento

Fecha	Clase	Entidad/persona remitente	Asunto
04/12/2022	Peticiones	Con peticionario	Radicado no. 202221302348371 ministerio de salud y protección denuncia vertimientos
05/12/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud ampliación plazo para actualización concesiones de agua
10/12/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud prórroga concesión de aguas superficiales
12/12/2022	Peticiones	Con peticionario	Denuncia aguas pozos sépticos
17/12/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud claridad permiso de vertimientos 12517-22
18/12/2022	Peticiones	Con peticionario	Consulta permiso de vertimientos
18/12/2022	Peticiones	Con peticionario	Solicitud copia resoluciones permiso de vertimientos pd el recreo exp-3273-22 y concesión de aguas exp-5642-22pd el maratón
26/12/2022	Peticiones	Con peticionario	Denuncia vertimientos lixiviados en cascada la farmacia
26/12/2022	Peticiones	Anónimo	Contaminación en quebrada por mal manejo porcícola
02/01/2023	Peticiones	Con peticionario	Solicitud de información trámite de permiso de vertimientos rad e14007-22

Fuente: CRQ (2023)

1.2.6. Conflictos por el agua en la quebrada Buenavista y tributarios priorizados identificados por los actores participantes

Los encuentros participativos se desarrollaron como espacio de dialogo e interacción de los actores relevantes y representativos para el ordenamiento hídrico de la quebrada Buenavista y tributarios priorizados, estos actores son parte de la base local de contexto barrial y veredal principalmente, y de la representación de la institucionalidad municipal y departamental; es así como se realizaron dos (2) encuentros (1 por cada municipio. Filandia y Quimbaya), de socialización del proyecto y recopilación de información para el reconocimiento de intereses y posiciones de los actores frente al proyecto y la identificación de conflictos, problemas y potenciales con relación al recurso hídrico.

Los actores identificaron una serie de problemas y potencialidades frente al recurso hídrico evidenciando que dichos afluentes no solo presentan problemas (los cuales, de no ser resueltos, se convierten en escenarios tendientes a escalar a potenciales conflictos), sino también potencialidades que hacen referencia a posibilidades, capacidades, factores positivos con que cuenta el recurso hídrico para tener en cuenta a la hora de trabajar en alternativas de resolución, prevención o transformación de dichos conflictos, estas potencialidades se analizaran en conjunto y no por municipio, ya que

son reiterativas y similares, mientras que los problemas presentan cierta diferencia de municipio a municipio.

Para llegar a la identificación de conflictos por el agua, primero se identificaron problemas y potenciales:

1.2.6.1. Problemáticas socioambientales por el agua de la quebrada Buenavista y tributarios priorizados.

La identificación de problemas y potencialidades consistió en un ejercicio de reconocimiento básico por parte de los actores, acerca del estado actual en el que se encuentra el recurso hídrico, confirmando la existencia de dificultades y situaciones negativas que lo afectan, pero a la vez reconociendo que existen también recursos, capacidades y condiciones positivas que aportan en su momento a alternativas de solución a dichos problemas asociados básicamente a las siguientes categorías de análisis:

Cantidad del recurso hídrico

Calidad del recurso hídrico

Oportunidad de acceso al recurso hídrico

Continuidad y sostenibilidad del recurso hídrico

Comportamiento social con respecto al recurso hídrico

A su vez la identificación de áreas críticas con respecto a:

Áreas afectadas por vertimientos

Áreas con Ocupación de cauces

Áreas con sedimentos por erosión o quemas

Áreas de asentamientos humanos en zonas de riesgo

Áreas con disminución de caudal

Otras áreas

1.2.6.2. Problemas identificados por los actores en los municipios de Filandia y Quimbaya.

Resultado del análisis individual y colectivo con la aplicación de la metodología se obtuvo la siguiente relación con respecto a problemáticas y las potencialidades identificadas:

1.2.6.2.1. Cantidad del recurso hídrico de la quebrada Buenavista y tributarios priorizados.

En el municipio de Filandia el factor problemático identificado en esta categoría, hace referencia a la **disminución del caudal en épocas de sequía**, principalmente en la quebrada Bambuco, debido posiblemente a factores como: cambios en el uso del suelo en zonas de afloramientos, poca cobertura vegetal en algunos tramos y a lo largo de la ronda hídrica de las quebradas abastecedoras de la quebrada Buenavista, bosques y guaduales que paulatinamente han ido perdiendo vegetación, para el establecimiento de cultivos y poco respeto al caudal ecológico, Esto sumado al **aumento de la cantidad demandada** del recurso, por el crecimiento de construcciones campestres y para servicios turísticos (Hoteles) lo que a su vez conlleva al incremento de población (turistas y visitantes). Es decir, **la misma cantidad de agua para más usuarios**. El acueducto regional a través de la bocatoma de la quebrada Bambuco suministra agua a un promedio de 90 usuarios principalmente en veredas Fachadas y Bambuco, además de abastecer la Institución educativa rural San José que atiende diariamente 180 estudiantes de primaria y secundaria, quienes se ven afectados en ciertas épocas del año por desabastecimiento del recurso. Se identifica también algunas **captaciones ilegales**, en la quebrada Buenavista. Un factor externo que incide en la cantidad del recurso hídrico, son las **condiciones de variabilidad climática**, es decir, en épocas de sequía el caudal disminuye notoriamente y en épocas de lluvia se alimentan los caudales por lo que la mayor parte del año se cuenta con el recurso. Por último, se considera que indirectamente se afecta la cantidad del recurso debido a la falta de compras de predios por parte del municipio donde se encuentran los nacimientos y la falta de educación y cultura ambiental de la población.

En el municipio de Quimbaya, se evidenciaron pocas problemáticas con respecto a este aspecto, ya que en términos generales consideran que su fuente de abastecimiento tiene suficiente capacidad para proveer a la población del recurso durante todo el año para sus actividades. Sin embargo, se manifestó que sí se evidencia una **disminución de caudal en periodos de sequía, principalmente en la quebrada Silenciosa**. De otra parte, mencionaron que **no se tiene claridad sobre la disponibilidad del recurso** frente a la demanda, oferta y usos del suelo.

Es de anotar que muchos de los participantes evidenciaron no tener suficiente información sobre este aspecto

Aportes de los actores, recopilados con la metodología aplicada:

Problemas relacionados con la cantidad del recurso hídrico (municipio de Filandia)	Problemas relacionados con la cantidad del recurso hídrico (municipio de Quimbaya)
<p>Disminución de caudal debido principalmente al cambio climático, variabilidad climática (altas temperaturas)</p> <p>Falta de coberturas vegetales en el nacimiento de la quebrada bambuco y sobre la ronda hídrica.</p> <p>No se respeta el caudal ecológico.</p> <p>Aumento de usuarios para la misma cantidad de agua (Hostales, casas campestres, actividades turísticas, aumento de construcciones y visitantes).</p> <p>El agua escasea con frecuencia, interrumpiendo las jornadas académicas en el colegio y la alimentación de los estudiantes.</p> <p>Aumento de captaciones ilegales.</p> <p>Infraestructura obsoleta y turismo mal planificado.</p> <p>Escaso control y vigilancia por parte de las autoridades responsable.</p> <p>Insuficiente destinación de recursos para atender temas de cantidad y calidad de los cuerpos de agua.</p> <p>Débil educación ambiental en las Instituciones educativas sobre el tema de recurso hídrico</p> <p>Dificultades para la compra de predios donde se encuentran los afloramientos.</p> <p>Falta la instalación de instrumentos de medición de caudal y muestras</p>	<p>Disminución del recurso en fuertes periodos de sequía.</p> <p>Disminución del caudal de la quebrada la Silenciosa, especialmente en épocas secas</p> <p>No es clara la disponibilidad del recurso de acuerdo con un análisis de demanda, oferta y uso del suelo.</p> <p>Condiciones climáticas desfavorables.</p> <p>Falta mejorar el control por parte de las entidades competentes</p> <p>Falta capacitar a las comunidades en temas ambientales y del recurso hídrico</p>

1.2.6.2.2. Calidad del recurso hídrico de la quebrada Buenavista y tributarios priorizados.

En Filandia: La principal afectación tiene que ver con los **vertimientos por actividades** productivas agrícolas, pecuarias y turísticas, desde las veredas; además, presencia de basura en la entrada al predio Cajones y en la vía Filandia-Quimbaya sector el arco, vertimiento de aguas residuales domésticas por pozos sépticos en mal estado y falta de mantenimiento de los mismos.

Las actividades agrícolas que demandan uso de agroquímicos principalmente los cultivos de aguacate en la vereda Pavas, actividades pecuarias: porcícolas, avícolas y ganaderas afectan la calidad del agua, que no emplean sistemas de control adecuados de desechos orgánicos y químicos.

La actividad turística con insuficiente planificación en Filandia, se ha convertido en un fenómeno creciente de consecuencias desproporcionadas, generando aumento de población de visitantes en ciertas temporadas del año que muchas veces coinciden con tiempos de sequía y generando residuos líquidos y sólidos, que afectan directamente las fuentes hídricas.

Otros factores identificados con la calidad tienen que ver con el servicio de acueducto, ya que en épocas de fuertes lluvias se presenta sedimentación y turbiedad en las bocatomas, el **tratamiento de potabilización** al agua para el consumo humano no es el apropiado o directamente no se hace. La zona rural no tiene la posibilidad de consumir agua de calidad ya que el agua que distribuye el Comité de Cafeteros es para uso agropecuario, sin embargo, la población que no tiene otra opción consume ésta.

En Quimbaya: Se evidenció principalmente problemas de **contaminación por vertimientos de diversas actividades** en áreas críticas de la zona urbana y en algunas de la zona rural por escorrentía de actividades agropecuarias, doméstica y de turismo. reconocen que hay desconocimiento en la forma como se puede potabilizar el agua que distribuye el comité de cafeteros, ya que es el único acceso al que tienen muchas familias en la zona rural. Es de anotar que los actores evidenciaron muy pocas potencialidades con respecto a esta categoría (calidad). A continuación los aportes de los actores fueron los siguientes:

Problemas relacionados con la calidad del recurso hídrico (municipio de Filandia)	Problemas relacionados con la calidad del recurso hídrico (municipio de Quimbaya)
Disminución de la calidad del agua debido a vertimientos por presencia de sistemas productivos cerca a los cuerpos de agua sin apropiadas prácticas de manejo.	Las fuentes hídricas objeto del plan, están expuestas a contaminación por vertimientos.

<p>Áreas de siembra de aguacate en la vereda Pavas, que usan productos químicos para su manejo y pueden afectar la quebrada.</p> <p>Sitio de depósito de basuras, en la entrada al predio Cajones, sobre la vía.</p> <p>Pozos sépticos en mal estado y sin mantenimiento.</p> <p>Desechos sólidos y líquidos producidos a raíz de la actividad turística en Filandia. El agua se ha visto afectada por el aumento de población turista y actividades agrícolas contaminantes</p> <p>Incremento del turismo y residuos Falta formación comunitaria sobre la importancia de la quebrada Buenavista y sus tributarios</p> <p>Falta articulación interinstitucional para promover la calidad y la oferta del agua</p> <p>Falta de gestión de recursos financieros para programas de calidad</p>	<p>Agua de la quebrada Buenavista de diferentes colores, a causa de la contaminación por residuos sólidos y líquidos, especialmente en unos sectores de la zona urbana del municipio, sector matadero y la carrilera.</p> <p>Descargas de Lixiviados a causa de diversas actividades agropecuarias y turísticas. Contaminación por cultivos de tomate y aguacate.</p> <p>Vertimientos de hoteles de gran capacidad de alojamiento de más de 100 personas.</p> <p>En la quebrada la silenciosa, condiciones fisicoquímicas y microbiológicas alarmantes, a causa de vertimientos aguas arriba.</p> <p>Sedimentación y contaminación especialmente cuando la quebrada pasa por la zona urbana.</p> <p>En el sector de puerto Alejandría, el agua siempre es turbia.</p> <p>Falta mayor control y regulación a los vertimientos en los predios, por parte de CRQ</p>
---	---

1.2.6.2.3. Demanda y oportunidad de acceso al recurso hídrico de la quebrada Buenavista y tributarios priorizados.

En Filandia: El aumento acelerado de la demanda del recurso debido al **incremento en las construcciones** rurales lo que conlleva a un aumento en la población y de turistas, es la problemática identificada principalmente en la quebrada Bambuco y gran parte de la Buenavista, Además la **infraestructura obsoleta** de la bocatoma para el almacenamiento y en sus redes de distribución, también se destaca el aumento de la demanda para el sector agrícola, las **captaciones ilegales** y el no respeto al caudal ecológico.

En Quimbaya: La principal falencia en este aspecto es también el incremento de la demanda a raíz de **aumento de la población y de las nuevas construcciones** y urbanizaciones, en la zona rural es más difícil acceder al recurso, aunque consideran que existe suficiente para el suministro y para varios tipos de usos. Es escaso el control en los predios donde están los afloramientos ya que los propietarios los intervienen a su parecer y hay **escaso control a las captaciones ilegales**.

A continuación, los aportes de los actores:

Problemas relacionados con la demanda y oportunidad de acceso al recurso hídrico (municipio de Filandia)	Problemas relacionados con la demanda y oportunidad de acceso al recurso hídrico (municipio de Quimbaya)
<p>Incremento de la demanda a causa de nuevas construcciones. Aumento de usuarios para la misma cantidad de agua (Hostales, casas campestres, servicios turismo)</p> <p>No está planificada la oferta ni demanda en relación al crecimiento de los municipios.</p> <p>Falta ampliar áreas de conservación en nacimientos y a lo largo de la ronda hídrica</p> <p>Entidades como EPQ y CRQ no facilitan soluciones a problemas de vertimientos en la vereda Kerman que afectan la Silenciosa</p> <p>Se controla la demanda si escasea el recurso</p>	<p>Incremento de la demanda a causa de nuevas construcciones, crecimiento urbano con escaso control del municipio y también para servicios turísticos.</p> <p>El acceso al agua en la zona rural es más difícil que en la zona urbana y siempre escasea en épocas de sequía.</p> <p>Falta una planeación de la oferta para diversos usos en la zona rural de manera que se dinamice y diversifique la producción</p> <p>Se debe reglamentar el uso del suelo en la cuenca, escaso control estatal.</p> <p>Escaso control de la intervención que hacen a las fuentes, los propietarios de los predios y visitantes.</p> <p>En la quebrada Silenciosa hay problemas en la captación en épocas de lluvias, por altos índices de turbiedad, sólidos totales, Ecolli, coliformes.</p> <p>Debilidades en la planificación de la demanda del servicio.</p> <p>Falta de control a las captaciones ilegales</p>

1.2.6.2.4. Continuidad y sostenibilidad del recurso hídrico de la quebrada Buenavista y tributarios priorizados

En Filandia: Hay épocas de **racionamiento del servicio** ya que el recurso no es sostenible especialmente durante largos periodos secos, ya que la cuenca es abundante en periodos lluviosos y bastante disminuida en periodos secos, ello debido también a la **escasa regulación hídrica** especialmente en sus nacimientos y en las riberas del cauce. No favorece la sostenibilidad del recurso la **falta de articulación interinstitucional** con la comunidad y los programas de conservación cortoplacista sin seguimiento ni continuidad en los procesos.

En Quimbaya: Coinciden en que hay racionamiento en ciertas épocas del año y se requiere de demasiados insumos para garantizar la continuidad y la calidad del recurso especialmente en la quebrada la Silenciosa. Los **fenómenos de variabilidad climática** afectan la sostenibilidad del recurso, sumado a ello la escasa implementación de

programas y estrategias de protección de las quebradas y la reglamentación del uso del suelo.

A continuación, los aportes de los actores:

Problemas de continuidad y sostenibilidad del recurso hídrico (municipio de Filandia)	Problemas de continuidad y sostenibilidad del recurso hídrico (municipio de Quimbaya)
<p>Racionamiento y escasez en ciertas épocas secas.</p> <p>Redes de distribución con infraestructura deficiente</p> <p>Falta de articulación interinstitucional entre organismos de control, la comunidad y los entes territoriales.</p> <p>Programas de conservación poco efectivos</p> <p>Falta mejoramiento de infraestructura de bocatomas</p> <p>Falta compra de predios en las cabeceras de las quebradas</p>	<p>Racionamiento y escasez en ciertas épocas secas. Se requiere demasiados insumos para garantizar la continuidad y calidad del recurso a los usuarios (acueducto la silenciosa)</p> <p>Redes de distribución con infraestructura deficiente y obsoleta</p> <p>Falta implementación de programas y estrategias de conservación de la quebrada aguas abajo después de la bocatoma hasta la desembocadura en el río la Vieja.</p> <p>Los fenómenos climáticos cada vez afectan más el sostenimiento de los recursos</p> <p>Se debe reglamentar el uso del suelo en la cuenca</p>

1.2.6.2.5. Comportamiento social frente al recurso de la quebrada Buenavista y tributarios priorizados

En **Filandia** se evidencia la **falta de compromiso** de los actores sociales y comunitarios para la protección del recurso, con ello la falta de cultura ambiental, y apatía, mientras se cuente con el recurso no hay mayor interés en su conservación, adicional a ello el **fenómeno de gentrificación** desplazamiento de habitantes nativos y aumento de personas procedentes de otros lugares, aún no da espacio para asumir un sentido de pertenencia por el recurso. De otra parte, la indiferencia institucional, reflejada en la inapropiada planificación, escasa inversión de recursos y falta de continuidad en los procesos de conservación.

La indiferencia generalizada de la población frente al recurso, aun cuando hay escasez de agua y se afectan directamente, es un comportamiento social complejo de entender, el uso irracional y desproporcionado del agua, el interés particular y privado en los usos del agua por encima del bienestar colectivo, son manifestaciones de considerar el recurso como inagotable y responsabilidad de otros.

La poca participación y la ausencia de sectores importantes que tienen responsabilidad directa en el manejo del recurso genera descontento y baja la credibilidad de la comunidad frente a las instituciones y prestadores de servicios. De

igual manera la participación es considerada un factor sin trascendencia pues experiencias anteriores no se ven reflejadas en los procesos de planificación.

En Quimbaya: La falta de sentido de pertenencia educación ambiental y cultura por el uso y ahorro del agua, la indiferencia institucional y descuido frente a las problemáticas de la quebrada la Silenciosa fuente abastecedora del acueducto rural y de la escaso ejercicio de competencias tanto de las empresas prestadoras del servicio como de las autoridades ambientales para controlar los focos de degradación de la calidad del recurso a causa principalmente de las actividades productivas agropecuarias.

En términos generales es todas las categorías, coincidieron en dos asuntos relevantes: la inapropiada y escasa planeación y direccionamiento del accionar institucional, y la falta de compromiso social frente al manejo del recurso.

Problemas de comportamiento social frente al recurso hídrico (municipio de Filandia)	Problemas de comportamiento social frente al recurso hídrico (municipio de Quimbaya)
<p>Desconocimiento de la comunidad acerca de sus fuentes hídricas</p> <p>Falta de compromiso institucional y comunitario</p> <p>Escaso sentido de pertenencia y apropiación cultural</p> <p>Indiferencia institucional y escasa inversión municipal y departamental, falta de planificación</p> <p>Apatía de la comunidad frente a las problemáticas del recurso hídrico, indiferencia mientras se cuenta con el recurso.</p> <p>Gentrificación, desplazamiento de la población original, pérdida de identidad cultural, la población flotante no cuida el recurso</p> <p>Cambios de administración afecta la continuidad de los procesos.</p>	<p>Falta sentido de pertenencia y cultura</p> <p>Poco uso razonable del recurso</p> <p>Ignorancia social frente al bienestar del recurso hídrico</p> <p>Ingreso de personas al predio Cajones que dejan basuras</p> <p>Falta de planeación, desconocimiento de las problemáticas ambientales y falta de compromiso de autoridades locales.</p> <p>Escasa conciencia sobre el uso y ahorro del agua, falta de responsabilidad de quienes manejan cultivos de tomate y otros que manejan grandes cantidades de agroquímicos</p> <p>Intervenciones en las fuentes por parte de propietarios de predios y visitantes</p> <p>Falta mucha educación ambiental a la comunidad</p> <p>Escaso control e indiferencia de entidades a los vertimientos en la quebrada la Silenciosa</p>

1.2.6.3. Potencialidades del recurso hídrico de la quebrada Buenavista y tributarios priorizados

Los actores coinciden en calificar como acertada y beneficiosa la compra, adquisición y manejo del predio Cajones por parte de los entes territoriales, reconocen positiva la existencia de instrumentos de planeación y ordenamiento y su ejecución, así como

espacios de discusión y conversación de temas ambientales a nivel municipal. También sienten que el recurso con el que cuentan es bueno en términos de cantidad y calidad, reconocen que hay actores interesados en la protección de las quebradas y que se han dado acciones de conservación que pueden contribuir a mejorar las condiciones del cuerpo de agua. A continuación, los aportes de los actores, recolectados en los encuentros:

Potencialidades Filandia	Potencialidades Quimbaya
cantidad del recurso hídrico	cantidad del recurso hídrico
<p>Área de conservación del recurso hídrico (art.111 ley 99/93) Afloramiento de la quebrada Buenavista. Los predios Cajones y Quimbaya donde se encuentran los afloramientos de la quebrada Buenavista son áreas conservadas.</p> <p>Se han mantenido algunas reservas de guaduales y árboles nativos Buena cantidad de caudal de las quebradas durante la mayor parte del año. Cuenca conservada.</p> <p>Abastecimiento para uso doméstico y agricultura.</p> <p>Control para el seguimiento y regulación de las concesiones del agua por parte de la autoridad ambiental.</p> <p>Existencia de instrumentos de planificación y ordenamiento como el PORH.</p> <p>Filandia estrella hídrica, abundantes fuentes hídricas y humedales. Se tienen bastantes tributarios a la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista</p> <p>Acciones de reforestación por parte de la I.E.</p> <p>Incentivos para la reforestación y siembra de nativos</p>	<p>Capacidad hídrica con buena cobertura vegetal. Suficiente capacidad, buen caudal.</p> <p>Existencia de instrumentos de planificación y ordenamiento como el PORH.</p> <p>Pese a las temporadas de sequía la quebrada la silenciosa siempre provee caudal suficiente para territorio Panaca, y el ecosistema.</p> <p>Afloramientos protegidos y buena pluviosidad.</p>
calidad del recurso hídrico	calidad del recurso hídrico
<p>Área de conservación del recurso hídrico (art.111 ley 99/93) Afloramiento de la quebrada Buenavista. Los predios Cajones y Quimbaya donde se encuentran los afloramientos de la quebrada Buenavista son áreas conservadas.</p> <p>Monitoreo a puntos de captación, y análisis variables fisicoquímicas y microbiológicas en</p>	<p>La calidad del agua de la quebrada Buenavista es buena, es tratada y se procura evitar las afectaciones en su nacimiento.</p> <p>El municipio es el propietario del predio donde nace la quebrada y su uso es solo de conservación</p>

<p>el afloramiento con resultados permitidos dentro de los rangos del ministerio.</p> <p>Tramos de las quebradas donde hay poca población como vereda la Cima</p> <p>Buena calidad del agua principalmente en los afloramientos.</p> <p>La quebrada, aunque tiene problemas de vertimientos aún no ha llegado al punto de no retorno, lo que permite crear estrategias para su recuperación.</p> <p>Controles periódicos</p>	<p>No se evidencia salmonella en el agua de la silenciosa</p> <p>Programas de iniciativas privadas de protección (PANACA Y NATURA)</p>
<p>Demanda y oportunidad de acceso al recurso hídrico</p>	<p>Demanda y oportunidad de acceso al recurso hídrico</p>
<p>Seguimiento a concesiones y licencias ambientales (Construcción dentro del distrito de conservación Barbas Bremen)</p> <p>Regulación a concesiones de agua.</p> <p>Se tienen bastantes tributarios a la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista.</p> <p>Inversión de recursos en el predio Cajones-Quimbaya</p>	<p>El acceso al recurso es bueno, el servicio público se presta con calidad y permanencia. Suficiente agua para suministro, Se tiene reporte de 400 metros por segundo de los cuales, solo se toman 100 m.</p> <p>Proyectos para ahorro y uso eficiente del agua</p> <p>Permisos vigentes de concesiones de agua ante la CRQ</p>
<p>Potencialidades de continuidad y sostenibilidad del recurso hídrico (municipio de Filandia)</p>	<p>Potencialidades de continuidad y sostenibilidad del recurso hídrico (municipio de Quimbaya)</p>
<p>La alcaldía e instituciones como el colegio San José han realizado varias acciones de reforestación en las quebradas.</p> <p>Existencia de la normatividad y de instrumentos como el POMCA.</p> <p>Áreas protegidas bajo la figura del artículo 111 del 93</p> <p>Distrito de conservación Barbas Bremen</p> <p>El SIMAP- COMEDA, compromisos institucionales.</p>	<p>Vigilancia y monitoreo permanentes por parte de PANACA en la silenciosa y por parte de la alcaldía a la Buenavista para garantizar el cuidado de las quebradas.</p> <p>El Agua baja por gravedad y el municipio es el dueño del nacimiento.</p> <p>Las acciones que adelantan las instituciones en el predio Cajones garantizan sostenibilidad del recurso</p>
<p>Potencialidades de comportamiento social frente al recurso hídrico (municipio de Filandia)</p>	<p>Potencialidades de comportamiento social frente al recurso hídrico (municipio de Quimbaya)</p>
<p>Realización de campañas de reforestación</p> <p>Instrumentos de planificación y actores estratégicos, articulados.</p> <p>Compra del predio para protección de la quebrada</p> <p>Los habitantes nativos si tienen sentido de pertenencia y se esfuerzan por cuidar las quebradas.</p> <p>Proyecto PRAE I.E. San José (proyecto Ondas calidad del agua de la Buenavista)</p>	<p>Campañas sobre uso y ahorro eficiente del agua</p> <p>Existencia de instrumentos como el PORH</p> <p>La población infantil especialmente de las zonas rurales de los municipios de Filandia y Quimbaya muestran potencial interés en el cuidado del agua.</p> <p>Existencia de los PROCEDA, comités ambientales en las juntas de acción comunal.</p> <p>Actores receptivos</p>

1.2.6.4. Áreas críticas identificadas por los actores

Las Áreas críticas identificadas por los actores, son aquellas partes o tramos de los cuerpos de agua en proceso de ordenamiento, en las que se presentan recurrentes problemas que los afectan notoriamente, deteriorándolos y afectando a un grupo humano. Entre ellas reconocieron las siguientes:

<p>Áreas críticas afectadas por vertimientos</p>	<p>Sectores: parte alta de la cuenca, Vereda la Cima predio la floresta por Porcicola, predios turísticos, cabecera de la quebrada Bambuco, vereda Trocaderos, sector La invasión, predios de la vereda la Soledad desde el puente aguas arriba hasta la vereda el Paraíso, punto: el bañadero sector la Planta, barrio la Rivera, parte trasera de la Urbanización Quimbaya Social, Quebrada la Silenciosa desde su nacimiento, y en trayecto, vereda Kerman, Puerto Alejandría</p>
<p>Áreas críticas afectadas por ocupación de cauces</p>	<p>Puerto Alejandría, sector suburbano de Quimbaya vía a Trocaderos, parte media de la cuenca en el casco urbano de Quimbaya, parte trasera de la Urbanización Quimbaya Social, zona de invasión 250 viviendas ubicadas en áreas de protección. En la quebrada la Silenciosa en Sector PANACA, Decamerón, y vereda Kerman</p>
<p>Áreas críticas afectadas por Sedimentos y erosión</p>	<p>Vereda Bambuco, vereda la Cima sector las delgaditas, vereda Paraíso Bajo por movimientos de tierra, Área de las bocatomas, sector puente la Soledad, sector la carrilera, la Invasión, cauce de la quebrada en el sector del barrio la Rivera, parte trasera de la Urbanización Quimbaya Social.</p>
<p>Áreas críticas afectadas con asentamientos humanos y en zonas de riesgo</p>	<p>Sector antiguo Matadero, barrio la Rivera, Puerto Alejandría.</p>
<p>Áreas críticas afectadas por disminución de caudal</p>	<p>Quebrada Bambuco sector las Torres, Sector la Soledad, áreas después de la bocatoma del agua para el municipio. Parte baja de la quebrada Buenavista, Punto de captación de la bocatoma de la quebrada la Silenciosa.</p>
<p>Otras áreas críticas</p>	<p>Ronda hídrica de toda la unidad hidrográfica por sistemas productivos. Bañaderos en la quebrada Bambuco, paseos de olla.</p>

1.2.6.5. Sistematización de conflictos por el agua en la quebrada Buenavista y tributarios priorizados

Es necesario documentar los conflictos para facilitar su posterior manejo, para ello se utiliza el formulario que propone el Sistema de información del recurso hídrico:

Datos del Conflicto N° 1	
Área hidrográfica	Macrocuenca Magdalena-Cauca, noroeste cuenca río la Vieja
Tipo de cuerpo de agua	Quebrada
Nombre del cuerpo de agua	Quebrada Buenavista Tributario Quebrada Bambuco.
Tramo asociado al conflicto	Tramo 2. Desde el Nacimiento quebrada Bambuco hasta aguas arriba confluencia a la quebrada Buenavista
Nombre del conflicto	Indeterminación de áreas de conservación, limitaciones de acceso al recurso debido al aumento en la demanda y deterioro de la calidad aguas abajo de la quebrada Bambuco
Fecha de registro del conflicto	4/10/2023
Descripción del conflicto	Cambios en el uso del suelo en zonas de afloramientos, escasa cobertura vegetal en algunos tramos y a lo largo de la ronda hídrica de la quebrada, bosques y guaduales que paulatinamente han ido perdiendo vegetación, para el establecimiento de cultivos y poco respeto al caudal ecológico. Esto sumado al aumento de la cantidad demandada del recurso, por el crecimiento de construcciones rurales, campestres y para servicios turísticos. Afectación en la calidad del recurso a causa de inapropiado saneamiento básico doméstico y de lixiviados producto de actividades de sistemas productivos agrícolas, pecuarios y turísticos.
Fase actual del conflicto	Conflicto latente: situación en la que las partes no perciben la contraposición entre intereses, al menos en forma explícita; el conflicto es latente cuando hay un estado de insatisfacción no revelado.
Ubicación del conflicto	Inmediaciones entre las veredas Bambuco Alto y Fachadas
Altitud m.s.n.m.	1,763 m.s.n.m. aproximadamente
Departamento	Quindío
Municipio	Filandia
Tipo de conflicto	Conflicto entre usos. Ocurre cuando el recurso no satisface cuantitativa, cualitativamente o en el tiempo, las demandas que generan los diferentes destinos del agua en una cuenca.
Principales problemáticas ambientales asociadas al recurso hídrico	Deterioro del ecosistema, en calidad y cantidad, escaso saneamiento básico, Pérdida de cobertura vegetal, lixiviados de actividades agropecuarias
Nombre del proyecto, si existe alguno relacionado con el conflicto.	Proyecto Prae I.E San José, Proyecto ONDAS de análisis de la calidad del aguade la quebrada Buenavista
Sector al cual pertenece el proyecto	Educativo

Actores del conflicto	Propietarios de predios aledaños a la quebrada Bambuco y usuarios del recurso
Gestión del conflicto	Sin Dato

Datos del Conflicto N° 2	
Área hidrográfica	Macrocuenca Magdalena-Cauca, noroeste cuenca río la Vieja
Tipo de cuerpo de agua	Quebrada
Nombre del cuerpo de agua	Quebrada Buenavista Tributarios Quebrada Bambuco. La Silenciosa
Tramo asociado al conflicto	Tramo 3. Desde aguas abajo de la confluencia de la quebrada Bambuco hasta aguas arriba del centro poblado del municipio de Quimbaya
Nombre del conflicto	Contaminación por vertimientos a la quebrada Buenavista
Fecha de registro del conflicto	5/10/2023
Descripción del conflicto	contaminación por vertimientos de diversas actividades en áreas críticas de la zona urbana y centros poblados, en algunas de la zona rural por escorrentía de actividades agropecuarias, domésticas y de turismo.
Fase actual del conflicto	Conflicto latente: situación en la que las partes no perciben la contraposición entre intereses, al menos en forma explícita; el conflicto es latente cuando hay un estado de insatisfacción no revelado.
Ubicación del conflicto	Inmediaciones entre el casco urbano de Quimbaya y la Vereda La Soledad
Altitud m.s.n.m.	1,271 m.s.n.m. aproximadamente
Departamento	Quindío
Municipios	Filandia - Quimbaya
Tipo de conflicto	Conflicto entre usos. Ocurre cuando el recurso no satisface cuantitativa, cualitativamente o en el tiempo, las demandas que generan los diferentes destinos del agua en una cuenca.
Principales problemáticas ambientales asociadas al recurso hídrico	Deterioro del ecosistema, en calidad y cantidad, vertimientos directos a la quebrada en centros poblados y zona urbana del municipio.
Nombre del proyecto, si existe alguno relacionado con el conflicto.	Sin dato
Sector al cual pertenece el proyecto	Sin Dato
Actores del conflicto	Comunidades de las zonas urbanas adjuntas a la quebrada Buenavista y usuarios del recurso aguas abajo
Gestión del conflicto	Sin Dato

Datos del Conflicto N° 3	
Área hidrográfica	Macrocuenca Magdalena-Cauca, noroeste cuenca río la Vieja
Tipo de cuerpo de agua	Quebrada
Nombre del cuerpo de agua	Quebrada Buenavista Tributarios Quebrada Bambuco. La Silenciosa
Tramo asociado al conflicto	Tramo 5. Desde aguas arriba del centro poblado Quimbaya - Hasta aguas arriba de la confluencia de la quebrada La Silenciosa- La Sopera
Nombre del conflicto	Contaminación por vertimientos a la quebrada La Silenciosa que surte un acueducto rural
Fecha de registro del conflicto	5/10/2023
Descripción del conflicto	Deterioro del cuerpo de agua, en calidad y cantidad, vertimientos directos a la quebrada la silenciosa en la vereda Kerman, en el nacimiento de esta y a lo largo de su recorrido hasta la desembocadura en la quebrada Buenavista
Fase actual del conflicto	Conflicto manifiesto: cuando las necesidades no satisfechas se dan a conocer a través de acciones como peticiones, quejas y reclamos
Ubicación del conflicto	Veredas La Granja y Kerman
Altitud m.s.n.m.	1,250 m.s.n.m. aproximadamente
Departamento	Quindío
Municipios	Quimbaya
Tipo de conflicto	Conflicto entre usuarios. Este tipo de conflicto se centra en los intereses de cada uno de los actores que comparten el recurso hídrico y sus intereses en competencia
Principales problemáticas ambientales asociadas al recurso hídrico	Vertimientos de hoteles de gran capacidad de alojamiento de más de 100 personas. En la quebrada la silenciosa, condiciones físico-químicas y microbiológicas alarmantes, a causa de vertimientos aguas arriba. contaminación por vertimientos de diversas actividades productivas agropecuarias y de turismo
Nombre del proyecto, si existe alguno relacionado con el conflicto.	Programas de iniciativas privadas de protección (PANACA Y NATURA)
Sector al cual pertenece el proyecto	Privado
Actores del conflicto	Usuarios del acueducto la Silenciosa, comunidad aledaña a la quebrada desde su Nacimiento hasta la confluencia con la quebrada Buenavista
Gestión del conflicto	Sin Dato

1.3. Información de instrumentos existentes

1.3.1. Información de oferta hídrica

La corporación autónoma regional del Quindío ha realizado un seguimiento sistemático a la oferta hídrica de la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista a través de diferentes instrumentos de planificación del recurso hídrico como son, la Evaluación Regional del Agua (QRQ y Universidad del Tolima, 2017), POMCA del río La Vieja (CRQ, 2018), Actualización de la Evaluación Regional del Agua (CRQ y Universidad del Tolima, 2023), y monitoreos de caudales en estaciones de interés sobre los cuerpos de agua en proceso de ordenamiento. A continuación, se recopila la información disponible en relación con la caracterización del régimen hidrológico y disponibilidad hídrica, considerando caudales anuales, caudales mensuales, eventos hidrometeorológicos extremos, disponibilidad hídrica, tendencia de caudales y conocimiento de la conexión entre aguas superficiales y subterráneas.

1.3.1.1. Caudales anuales

La ERA y el POMCA del río La Vieja han reportado caudales medios anuales para el cauce principal de la quebrada Buenavista a la altura de la bocatoma municipal de Quimbaya con valores en el rango entre 0.169 a 0.48 m³/s para año medio (Figura 24) y una oferta disponible de 0.18 a 0.21 m³/s (Figura 25) en esta misma condición hidrológica. Para el punto de cierre de la unidad hidrográfica (aguas arriba de su confluencia al río La Vieja) se reporta una oferta total superficial anual de 1.4 a 1.7 m³/s (Figura 24) y un caudal anual disponible de 0.56 a 0.84 m³/s (Figura 25).

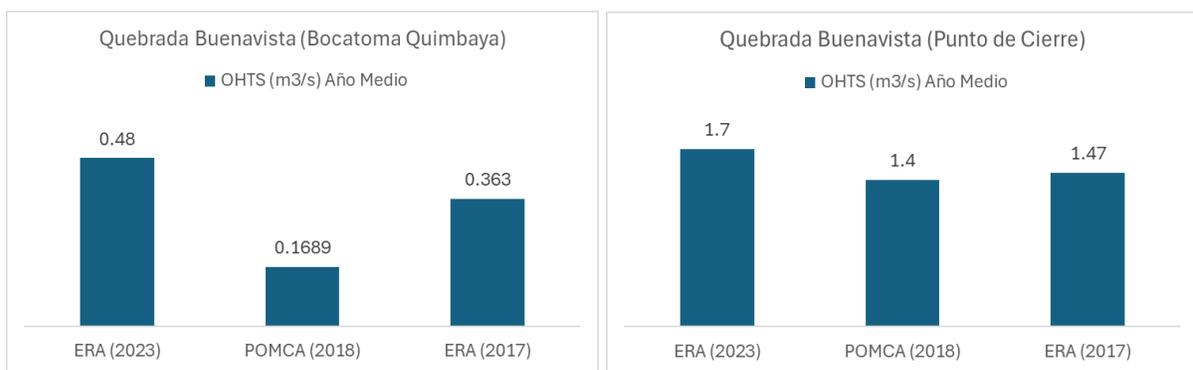


Figura 24. Oferta hídrica total superficial en año medio establecida por diferentes instrumentos de planificación del recurso hídrico para la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

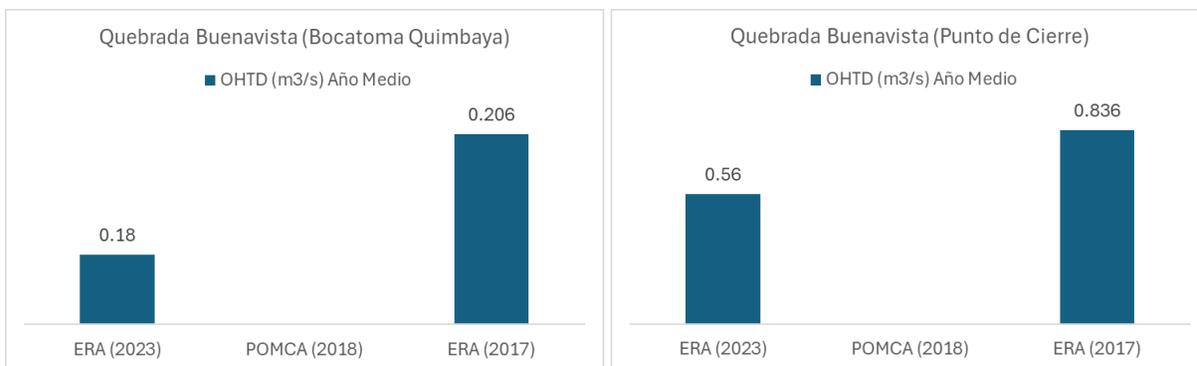


Figura 25. Oferta hídrica total disponible en año medio establecida por diferentes instrumentos de planificación del recurso hídrico para la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

En condición hidrológica de año seco, la Evaluación Regional del Agua (CRQ, 2017, 2023) reporta una oferta total superficial anual entre 0.34 y 0.24 m³/s en la quebrada Buenavista aguas arriba de la bocatoma municipal del Quimbaya (Figura 26), y una oferta disponible entre 0.09 y 0.1 m³/s (Figura 27). En el punto aguas arriba de la confluencia de la quebrada Buenavista con el río La Vieja se registra una oferta superficial anual entre 0.97 y 1.18 m³/s asociada a una oferta anual disponible entre 0.25 y 0.37 m³/s.

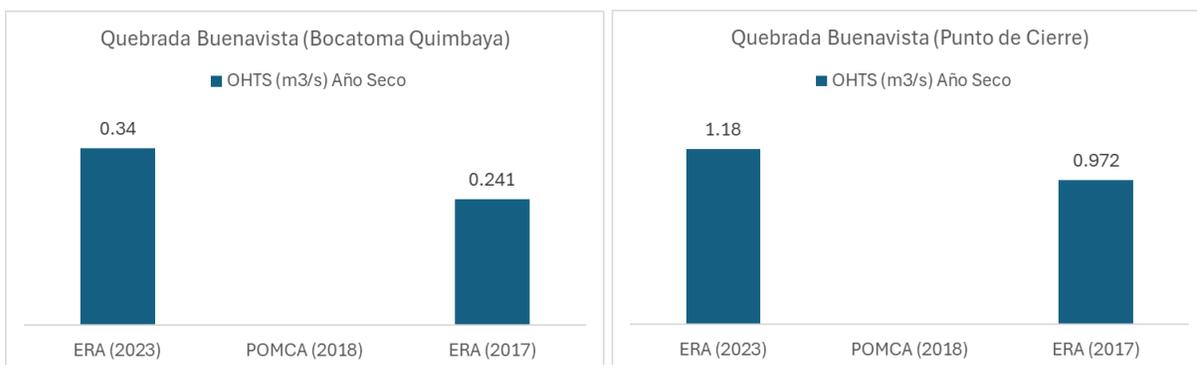


Figura 26. Oferta hídrica total superficial en año seco establecida por diferentes instrumentos de planificación del recurso hídrico para la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

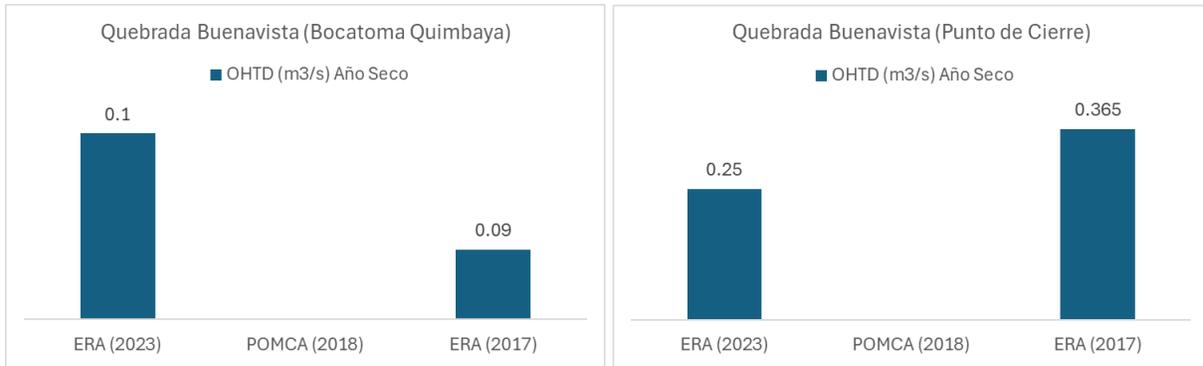


Figura 27. Oferta hídrica total disponible en año seco establecida por diferentes instrumentos de planificación del recurso hídrico para la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

1.3.1.2. Caudales mensuales

De acuerdo con las estimaciones de distribución mensual del caudal en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista se evidencia un periodo seco en los meses de Julio, agosto y septiembre seguido de un periodo húmedo comprendido por los meses octubre, noviembre y diciembre, que, a su vez, antecede a un periodo de transición en enero, febrero y marzo, para finalmente encontrarse un periodo húmedo en los meses de abril, mayo y junio (Figura 28).

Los caudales mensuales varían durante el año hidrológico con sus valores más bajos en agosto y septiembre en un rango entre 0.321 a 0.316 m³/s según los datos más actualizados de la ERA (CRQ y Universidad del Tolima, 2023) y valores más altos en los meses de noviembre y diciembre en un rango entre 0.58 y 0.65 m³/s en la quebrada Buenavista aguas arriba de la bocatoma municipal de Quimbaya (Figura 28). Para año seco, los valores disminuyen a 0.2 m³/s para el mes de menor caudal y a 0.43 m³/s para el mes de mayor caudal (Figura 29) en este mismo sitio de evaluación.

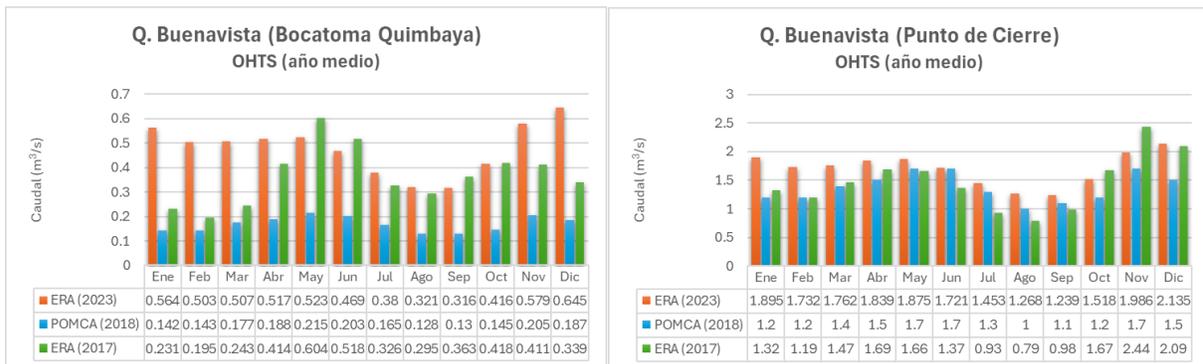


Figura 28. Oferta hídrica total superficial mensual en año medio establecida por diferentes instrumentos de planificación del recurso hídrico para la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

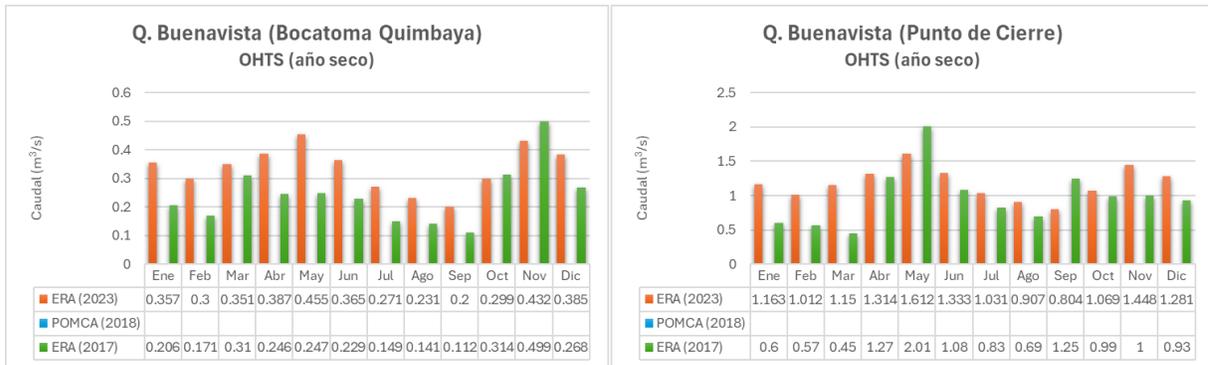


Figura 29. Oferta hídrica total superficial mensual en año seco establecida por diferentes instrumentos de planificación del recurso hídrico para la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

En el punto de cierre de la unidad hidrográfica, se identifica un valor medio de 1.24 m³/s en el mes de menor caudal, mientras que en el mes de mayor caudal asciende a 2.14 m³/s (Figura 28). En contraste, para año seco los caudales se reducen a 0.8 m³/s en el mes de mayor estiaje y a 1.62 m³/s para el mes de mayor humedad (Figura 29).

En año medio, el caudal mensual disponible se distribuye entre 0.09 y 0.2 m³/s en el sitio de evaluación aguas arriba de la bocatoma del municipio de Quimbaya, según el instrumento más reciente (Figura 30), y entre 0.33 a 0.63 m³/s en el punto de cierre de la unidad hidrográfica (Figura 30). Para año seco, el caudal mensual disponible se reduce a valores mínimos de 0.008 m³/s aguas arriba de la bocatoma de Quimbaya y 0.027 m³/s en el punto de cierre de la unidad hidrográfica (Figura 31).

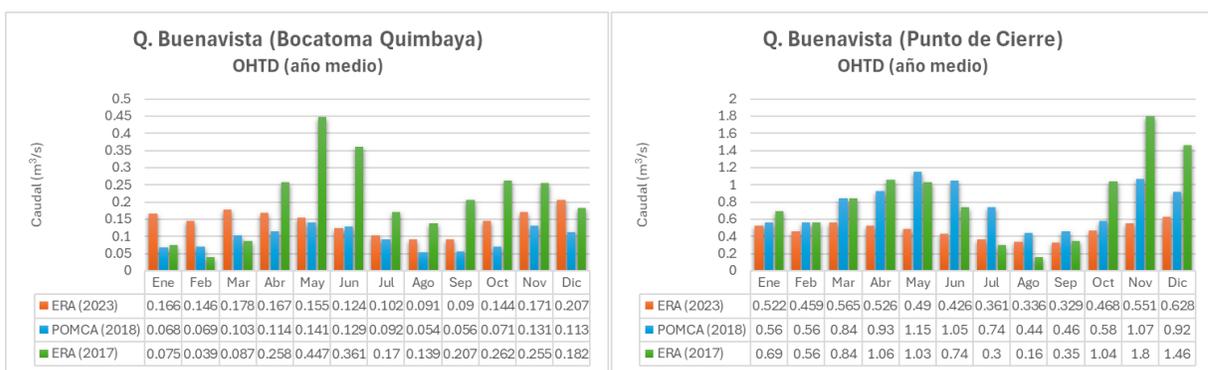


Figura 30. Oferta hídrica total disponible mensual en año medio establecida por diferentes instrumentos de planificación del recurso hídrico para la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

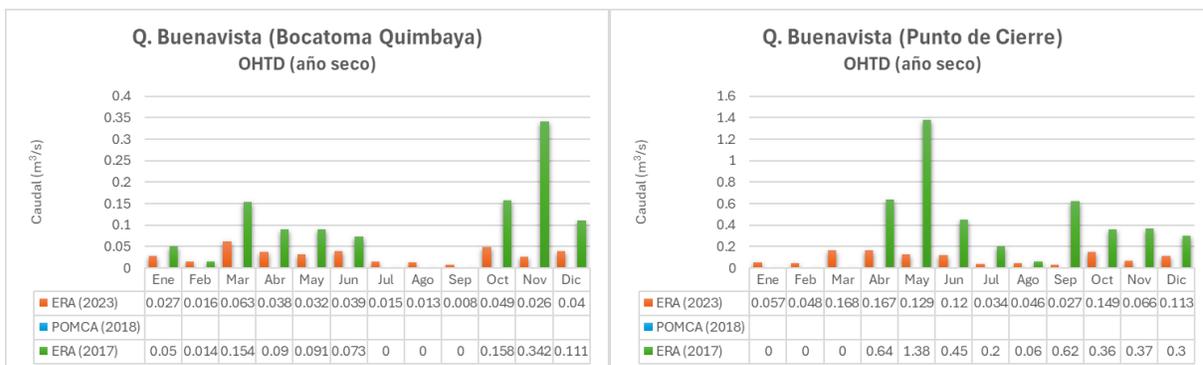


Figura 31. Oferta hídrica total disponible mensual en año seco establecida por diferentes instrumentos de planificación del recurso hídrico para la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

1.3.1.3. Eventos hidrometeorológicos extremos

La quebrada Buenavista tiene una vulnerabilidad **alta** a la torrencialidad en su parte alta (CRQ y Universidad del Tolima, 2023) debido a que tiene un índice morfométrico alto asociado a una alta densidad de drenaje que concentra el flujo rápidamente desde las laderas hacia aguas abajo a través de las mayores velocidades de flujo en la red de cauces, lo cual configura una respuesta hidrológica rápida frente a eventos de precipitación. En la parte baja de la unidad hidrográfica, la vulnerabilidad a la torrencialidad es baja (CRQ y Universidad del Tolima, 2023), debido a que el índice morfométrico disminuye debido a la reducción en la densidad de drenaje y disminución de las pendientes en laderas y red de cauces.

Según el POMCA del río La Vieja, los caudales máximos con un periodo de retorno de 100 y 500 años que representan eventos hidrometeorológicos extraordinarios presentan un orden de magnitud de 5.43 y 6.67 m³/s respectivamente para el sitio ubicado aguas arriba de la bocatoma municipal de Quimbaya, y valores de caudales mínimos de 1.1 y 0.4 l/s para estos periodos de retorno en el mismo sitio de análisis (Tabla 21). En el punto de cierre se alcanzan valores de 33.36 y 40.69 m³/s de caudal máximo, 0.16 y 0.14 m³/s de caudal mínimo (Tabla 21).

Tabla 21. Caudales máximos y mínimos para diferentes periodos de retorno en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista (Fuente: POMCA río La Vieja: CRQ, 2018)

Estación	Periodo de Retorno en años para caudales máximos (m ³ /s)									
	2.33	5	10	15	20	30	50	100	500	
Q. Buenavista (Bocatoma Quimbaya)	2.43	3.11	3.67	3.99	4.21	4.52	4.9	5.43	6.67	
Q. Buenavista (Punto de Cierre)	15.4	19.55	22.91	24.79	26.11	27.95	30.25	33.36	40.69	
Estación	Periodo de Retorno en años para caudales mínimos (m ³ /s)									
	2	5	10	15	20	25	30	50	100	500
Q. Buenavista (Bocatoma Quimbaya)	0.0765	0.026	0.0112	0.007	0.005	0.0039	0.0033	0.002	0.0011	0.0004
Q. Buenavista (Punto de Cierre)	0.5	0.32	0.26	0.23	0.21	0.2	0.2	0.18	0.16	0.14

1.3.1.4. Tendencia de caudales por efecto del cambio climático

Según la Evaluación Regional del Agua (CRQ y Universidad del Tolima, 2023), en el periodo entre 1990 a 2022 no se evidencian tendencias al aumento o disminución sistemática de los estadísticos que describen el comportamiento histórico de los caudales máximos y medios en el punto de cierre de la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista, en contraste, se observa una tendencia estadísticamente significativa en relación al aumento de los caudales mínimos (Figura 32).

Este resultado evidencia un posible incremento de caudales por efecto del cambio climático, lo cual se constata al observar el análisis que obtuvo la ERA (CRQ y Universidad del Tolima, 2023) en relación a la simulación de caudales en escenarios de cambio climático, en el cual se obtuvo un aumento del 10.4% en el caudal medio anual para el escenario simulado de cambio climático en contraste con el caudal medio anual histórico, lo cual indica una amplificación en el efecto de hidrológico del cambio climático, lo cual está asociado también a una mayor dispersión de los caudales al incrementarse la desviación estándar de su distribución.

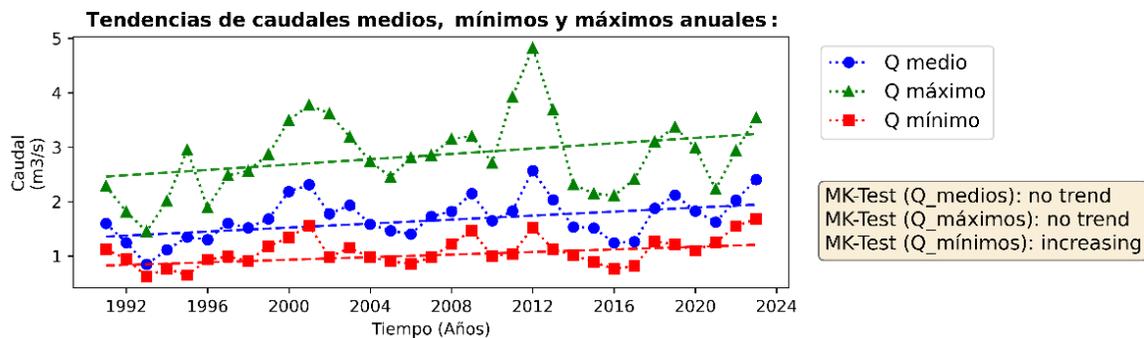


Figura 32. Tendencia de caudales máximos, medios y mínimos en el punto de cierre de la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista para el periodo 1990 a 2022 (Fuente: Evaluación Regional del Agua del departamento del Quindío 2023)

1.3.1.6. Puntos de monitoreo de agua subterránea

El Modelo Hidrogeológico de la Zona Sur del Eje Cafetero – Departamento del Quindío (SGC, 2016) realizado sobre el sistema acuífero regional del Abanico del Quindío, contó con el inventario y el muestreo de 576 puntos de monitoreo realizados para el año 2010. En estos muestreos se contó tanto con el monitoreo del acuífero somero del Quindío (ASQ) como del acuífero profundo del Quindío (APQ), recolectando información de niveles y analizando muestras para determinar la composición química del agua subterránea.

Para el caso de la Unidad Hidrográfica de la Quebrada Buenavista, se muestrearon 29 puntos de control, siendo 23 aljibes, 3 manantiales y 3 pozos (Figura 33). La gran mayoría de los puntos de monitoreo se encuentran ubicados en la parte alta de la cuenca, al margen de la Quebrada Bambuco, ubicada en el municipio de Filandia.

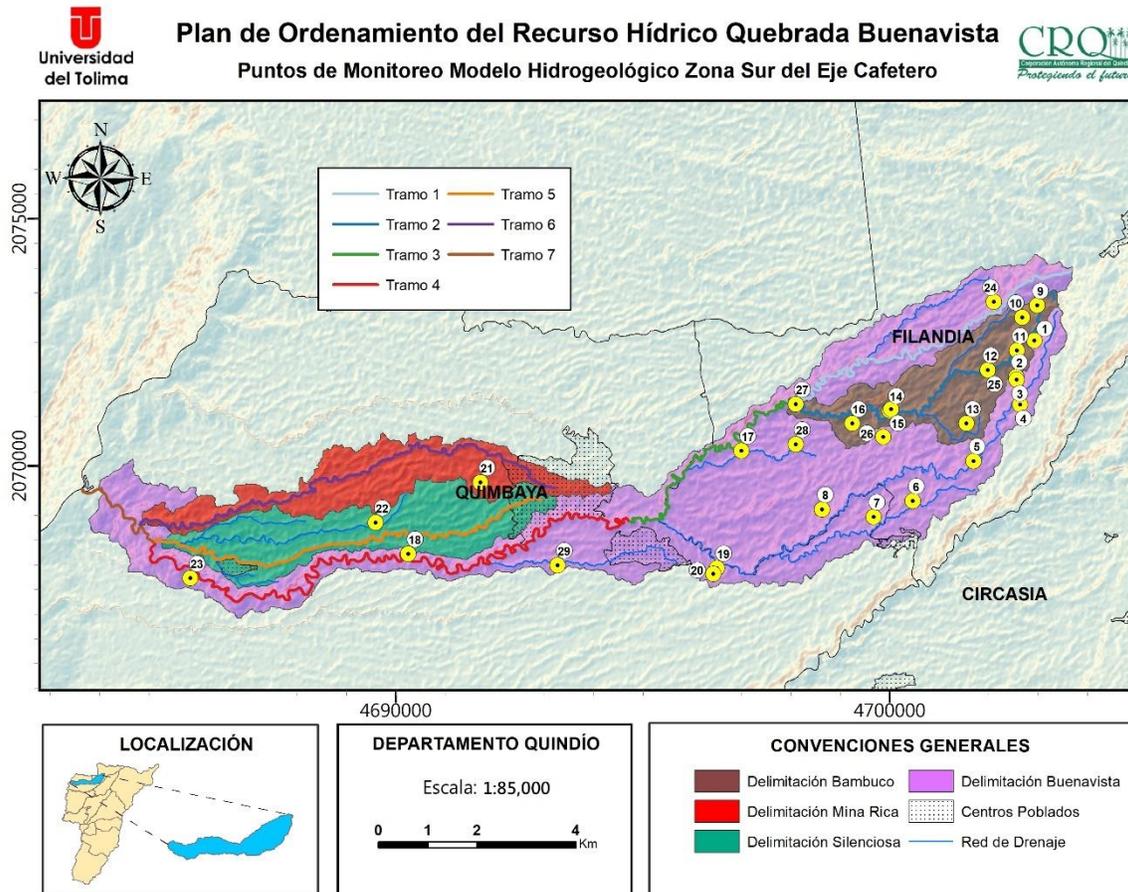


Figura 33. Puntos de monitoreo de niveles de aguas subterráneas en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

Así mismo, la Corporación Autónoma Regional del Quindío (CRQ) en convenio con la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP) desarrollaron el inventario de Puntos de Agua Subterránea (PAS) sobre el departamento del Quindío para el año 2023, encontrándose 18 sitios ubicados sobre la unidad hidrográfica de la Quebrada Buenavista con 15 aljibes, 2 pozos y 1 manantial (Tabla 23). Estos sitios inventariados se sitúan principalmente sobre el área drenante de la Quebrada Armenia (afluente de la Quebrada Buenavista), en la parte media de la cuenca de la Quebrada Buenavista (a la altura de la cabecera municipal de Quimbaya) y sobre el área drenante de la Quebrada La Silenciosa (aguas abajo del centro urbano de Quimbaya) (Figura 34).

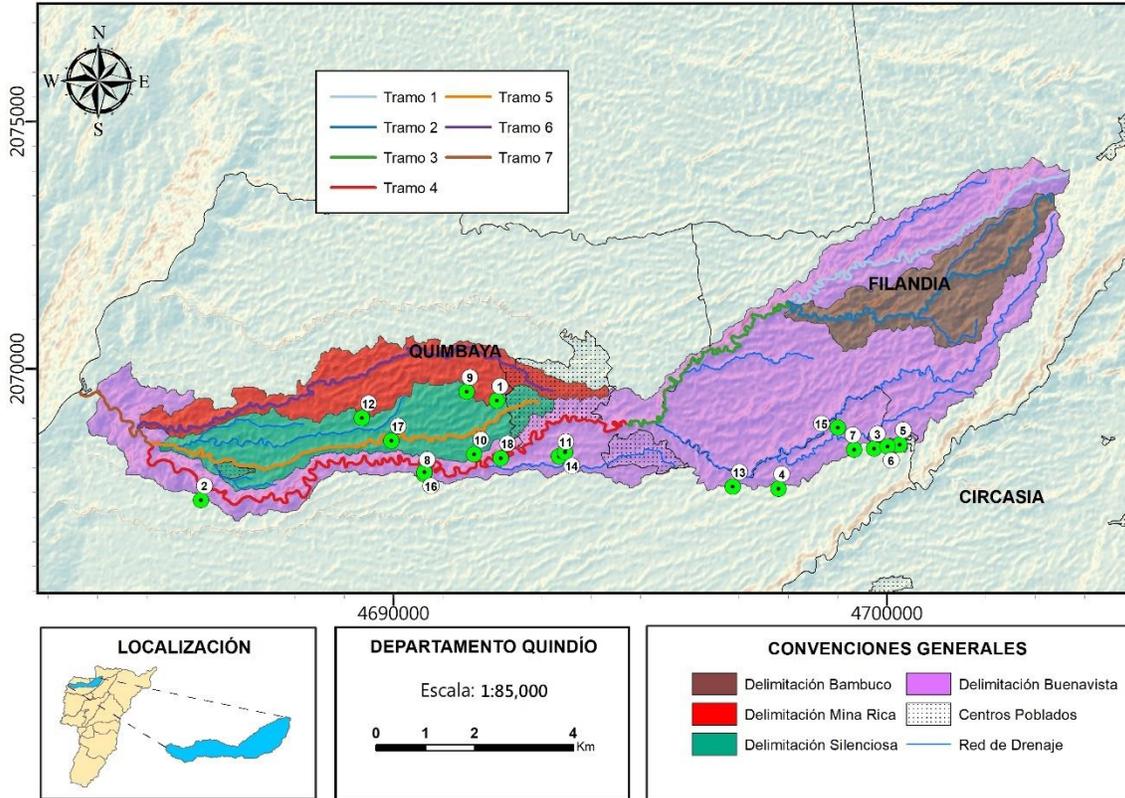


Figura 34. Puntos de monitoreo de niveles de aguas subterráneas en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

Tabla 22. Base de datos de puntos de monitoreo de niveles de aguas subterráneas en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

Cód	Proyecto	Fecha Seco	Fecha Húmedo	Tipo Punto	Plancha	Municipio	Vereda	Sitio	X	Y	Cota
1	Reconocimiento hidrogeológico en el Eje Cafetero	13/05/2010	9/08/2010	Aljibe	224-IV-C	Filandia	La Cauchera	La Dalia	4702928.32	2072540.23	1741
2	Reconocimiento hidrogeológico en el Eje Cafetero	13/05/2010	9/08/2010	Pozo	224-IV-C	Filandia	La Cauchera	El Rancho	4702556.09	2071806.38	1707
3	Reconocimiento hidrogeológico en el Eje Cafetero	13/05/2010	9/08/2010	Aljibe	224-IV-C	Filandia	La Cauchera	Mis Delirios	4702562.74	2071745.34	1708
4	Reconocimiento hidrogeológico en el Eje Cafetero	13/05/2010	9/08/2010	Manantial	224-IV-C	Filandia	La Cauchera	El Encanto?	4702636.84	2071243.91	1673
5	Reconocimiento hidrogeológico en el Eje Cafetero	13/05/2010	9/08/2010	Aljibe	224-IV-C	Filandia	Vigilante Alto	Las Margaritas	4701697.29	2070102.32	1637
6	Reconocimiento hidrogeológico en el Eje Cafetero	13/05/2010	9/08/2010	Aljibe	224-IV-C	Filandia	Vigilante Alto	El Tesoro	4700466.64	2069292.37	1586
7	Reconocimiento hidrogeológico en el Eje Cafetero	13/05/2010	9/08/2010	Aljibe	224-IV-C	Filandia	Vigilante Bajo	La Esperanza	4699670.78	2068967.93	1544
8	Reconocimiento hidrogeológico en el Eje Cafetero	13/05/2010	9/08/2010	Aljibe	224-IV-C	Filandia	Vigilante Bajo	Las Palmas	4698629.66	2069123.91	1508
9	Reconocimiento hidrogeológico en el Eje Cafetero	14/05/2010	10/08/2010	Manantial	224-IV-C	Filandia	La Cauchera	CRQ-Comunidad	4702979.41	2073247.94	1814
10	Reconocimiento hidrogeológico en el Eje Cafetero	14/05/2010	8/08/2010	Aljibe	224-IV-C	Filandia	Fachadas	La Florida	4702682.01	2073004.66	1790
11	Reconocimiento hidrogeológico en el Eje Cafetero	14/05/2010	8/08/2010	Aljibe	224-IV-C	Filandia	Fachadas	Jardín	4702575.14	2072335.27	1739
12	Reconocimiento hidrogeológico en el Eje Cafetero	14/05/2010	8/08/2010	Aljibe	224-IV-C	Filandia	Fachadas	La Primavera	4701983.87	2071939.69	1720
13	Reconocimiento hidrogeológico en el Eje Cafetero	14/05/2010	8/08/2010	Aljibe	224-IV-C	Filandia	Fachadas	El Placer	4701547.64	2070858.19	1664
14	Reconocimiento hidrogeológico en el Eje Cafetero	14/05/2010	8/08/2010	Aljibe	224-IV-C	Filandia	Los Tanques	El Jardín	4699998.17	2071122.12	1617
15	Reconocimiento hidrogeológico en el Eje Cafetero	14/05/2010	8/08/2010	Aljibe	224-IV-C	Filandia	Los Tanques	La Primavera	4700027.31	2071145.95	1609
16	Reconocimiento hidrogeológico en el Eje Cafetero	14/05/2010	8/08/2010	Aljibe	224-IV-C	Filandia	Los Tanques	La Floresta	4699237.65	2070859.49	1589
17	Reconocimiento hidrogeológico en el Eje Cafetero	14/05/2010	8/08/2010	Aljibe	224-III-D	Filandia	Paraiso	La Arboleda	4696993.42	2070307.38	1503
18	Reconocimiento hidrogeológico en el Eje Cafetero	18/05/2010	12/08/2010	Aljibe	224-III-D	Quimbaya	Palermo	La Cabaña	4690257.93	2068219.84	1280
19	Reconocimiento hidrogeológico en el Eje Cafetero	19/05/2010	12/08/2010	Aljibe	224-III-D	Quimbaya	La Unión	Monte Bello 1	4696502.77	2067933.04	1443
20	Reconocimiento hidrogeológico en el Eje Cafetero	19/05/2010	12/08/2010	Aljibe	224-III-D	Quimbaya	La Española	Monte Bello 2	4696430.1	2067817.45	1437
21	Reconocimiento hidrogeológico en el Eje Cafetero	<Null>	17/08/2010	Pozo	224-III-D	Quimbaya		Makena	4691715.38	2069665.67	1309

Cód	Proyecto	Fecha Seco	Fecha Húmedo	Tipo Punto	Plancha	Municipio	Vereda	Sitio	X	Y	Cota
22	Reconocimiento hidrogeológico en el Eje Cafetero	<Null>	17/08/2010	Aljibe	224-III-D	Quimbaya	Kermar		4689592.5	2068855.75	1264
23	Reconocimiento hidrogeológico en el Eje Cafetero	<Null>	18/08/2010	Pozo	224-III-D	Quimbaya	Palermo	La Cascada	4685843.52	2067730.04	1206
24	Reconocimiento hidrogeológico en el Eje Cafetero	<Null>	11/08/2010	Manantial	224-IV-C	Filandia	Bambuco Alto	La Sonora	4702106.85	2073319.99	1729
25	Exploración Aguas Subterráneas - Eje Cafetero	19/02/2016	<Null>	Aljibe	224-IV-C	Filandia	Fachadas	La Primavera	4701984.86	2071938.68	1742
26	Exploración Aguas Subterráneas - Eje Cafetero	19/02/2016	<Null>	Aljibe	224-IV-C	Filandia	Los Tanques	Río Bamba	4699868.08	2070585.85	1593
27	Exploración Aguas Subterráneas - Eje Cafetero	22/02/2016	<Null>	Aljibe	224-IV-C	Filandia	Paraiso	Finca La Economía	4698094.9	2071253.1	1552
28	Exploración Aguas Subterráneas - Eje Cafetero	22/02/2016	<Null>	Aljibe	224-IV-C	Filandia	Paraiso	Finca Altamira	4698094.19	2070436.06	1547
29	Exploración Aguas Subterráneas - Eje Cafetero	22/02/2016	<Null>	Aljibe	224-III-D	Quimbaya	Trocaderos	Granja Avícola Alejandria	4693278.9	2067989.51	1311

Fuente: SGC, 2016

Tabla 23. Inventario de puntos de agua subterránea sobre la unidad hidrográfica de la Quebrada Buenavista, CRQ 2024

Cod. Mapa	Consecutivo CRQ	Código Punto	Proyecto	Tipo Punto	Condiciones Punto	Municipio	Vereda	Longitud	Latitud	Origen Coordenadas Planas	Y (N - S)	X (E - W)
1	1	63594-P001	Convenio 002 de 2023 CRQ-UTP	Pozo	Inactivo	Quimbaya	El Rocio	-75.7761	4.6223	Oeste MAGNA-SIRGAS	1144421.30	1003012.80
2	5	63594-P005	Convenio 002 de 2023 CRQ-UTP	Pozo	Inactivo	Quimbaya	Palermo	-75.8299	4.6038	Oeste MAGNA-SIRGAS	1138443.90	1000965.05
3	25	63594-A019	Convenio 002 de 2023 CRQ-UTP	Aljibe	Sellado	Quimbaya	Naranjal	-75.7072	4.6138	Oeste MAGNA-SIRGAS	1152066.92	1002090.03
4	26	63594-A020	Convenio 002 de 2023 CRQ-UTP	Aljibe	En construcción	Quimbaya	La Union	-75.7246	4.6063	Oeste MAGNA-SIRGAS	1150137.53	1001262.89
5	34	63594-A028	Convenio 002 de 2023 CRQ-UTP	Aljibe	Sellado	Quimbaya	Naranjal	-75.7025	4.6145	Oeste MAGNA-SIRGAS	1152588.43	1002170.92
6	35	63594-A029	Convenio 002 de 2023 CRQ-UTP	Aljibe	Sellado	Quimbaya	Naranjal	-75.7047	4.6142	Oeste MAGNA-SIRGAS	1152343.40	1002133.57
7	37	63594-A031	Convenio 002 de 2023 CRQ-UTP	Aljibe	Abandonado	Quimbaya	Naranjal	-75.7108	4.6136	Oeste MAGNA-SIRGAS	1151668.31	1002064.68
8	39	63594-A033	Convenio 002 de 2023 CRQ-UTP	Aljibe	Productivo	Quimbaya	Palermo	-75.7893	4.6088	Oeste MAGNA-SIRGAS	1142953.41	1001516.89
9	41	63594-A035	Convenio 002 de 2023 CRQ-UTP	Aljibe	Inactivo	Quimbaya	Kerman	-75.7816	4.6239	Oeste MAGNA-SIRGAS	1143810.85	1003189.27
10	43	63594-A037	Convenio 002 de 2023 CRQ-UTP	Aljibe	Sellado	Quimbaya	La Granja	-75.7801	4.6124	Oeste MAGNA-SIRGAS	1143970.70	1001927.38

Cod. Mapa	Consecutivo CRQ	Código Punto	Proyecto	Tipo Punto	Condiciones Punto	Municipio	Vereda	Longitud	Latitud	Origen Coordenadas Planas	Y (N - S)	X (E - W)
11	47	63594-A041	Convenio 002 de 2023 CRQ-UTP	Aljibe	Inactivo	Quimbaya	Trocaderos	-75.7647	4.6121	Oeste MAGNA-SIRGAS	1145687.41	1001893.66
12	50	63594-A044	Convenio 002 de 2023 CRQ-UTP	Aljibe	Inactivo	Quimbaya	La Montaña	-75.8006	4.6190	Oeste MAGNA-SIRGAS	1141693.50	1002648.37
13	52	63594-A046	Convenio 002 de 2023 CRQ-UTP	Aljibe	Sellado	Quimbaya	Naranjal	-75.7329	4.6067	Oeste MAGNA-SIRGAS	1149210.66	1001303.23
14	54	63594-A048	Convenio 002 de 2023 CRQ-UTP	Aljibe	Inactivo	Quimbaya	Trocaderos	-75.7636	4.6129	Oeste MAGNA-SIRGAS	1145810.56	1001982.99
15	106	63594-A100	Convenio 002 de 2023 CRQ-UTP	Aljibe	Abandonado	Quimbaya	Vigilante bajo	-75.7138	4.6176	Oeste MAGNA-SIRGAS	1151328.32	1002509.55
16	109	63594-A103	Convenio 002 de 2023 CRQ-UTP	Aljibe	Productivo	Quimbaya	Palermo	-75.7892	4.6091	Oeste MAGNA-SIRGAS	1142960.58	1001559.89
17	114	63594-A108	Convenio 002 de 2023 CRQ-UTP	Aljibe	Seco	Quimbaya	Kermar	-75.7953	4.6149	Oeste MAGNA-SIRGAS	1142291.61	1002191.92
18	128	63594-M003	Convenio 002 de 2023 CRQ-UTP	Manantial		Quimbaya	La Granja	-75.7753	4.6118	Oeste MAGNA-SIRGAS	1144510.61	1001853.77

Fuente: CRQ, 2024

1.3.1.7. Información de conexión entre aguas superficiales y subterráneas en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

La Evaluación Regional del Agua del departamento del Quindío (CRQ y Universidad del Tolima, 2023) determinó zonas potenciales de descarga y recarga de agua subterránea a partir de datos de niveles piezométricos monitoreados en campañas realizadas por CRQ en los años 2010, 2019, y 2021, mediante la construcción de mapas que sustraen las superficies freáticas observadas con respecto a la elevación del terreno estimada a través de un modelo digital de elevación Alos Palsar corregido.

Se evidencia que el acuífero somero del Quindío presenta una interacción y/o conexión importante entre aguas superficiales y aguas subterráneas en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista, ya que los cuerpos de agua superficial ubicados hacia el noroeste del departamento se alimentan potencialmente de flujos de agua subterránea de tipo local (CRQ y Universidad del Tolima, 2023). Según la Evaluación Regional del Agua, “*la descarga de agua subterránea fundamentalmente se produce en las partes altas de los ríos Roble, Espejo y Quindío, así como en la quebrada Buenavista y a lo largo del sistema de drenaje que hay dentro del Sistema Acuífero del Quindío (SAQ)*”.

1.3.2. Información de demanda hídrica

La demanda hídrica total se ha incrementado progresivamente en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista, se ha incrementado de 83.9 l/s en 2017 a 226.1 l/s en 2023 (Figura 35). Los sectores que demandan una mayor proporción del recurso son para uso doméstico, agrícola y pecuario según la Evaluación Regional del Agua (2017 y 2023) y el POMCA del río La Vieja (CRQ, 2018).

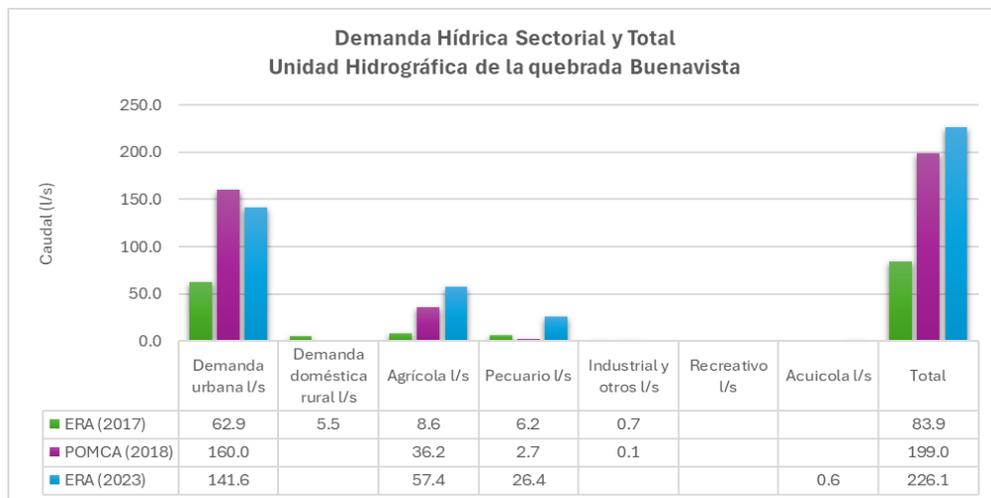


Figura 35. Demanda hídrica sectorial y total en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista reportada por instrumentos de planificación del recurso hídrico

1.3.3. Información de calidad del agua

En esta sección se realiza una revisión de la información secundaria recopilada de los resultados y reportes de los diferentes instrumentos de planificación y gestión del recurso hídrico existente sobre la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados. En consecuencia, se toma a consideración los siguientes elementos:

1.3.3.1. Estudio de modelación de calidad del agua para la quebrada Buenavista (2015)

Así mismo, con el fin de conocer la capacidad de autodepuración por dilución, dispersión longitudinal y procesos de transferencia fisicoquímica y biológica en las fuentes receptoras de vertimientos, la CRQ ha desarrollado estudios que han logrado identificar los posibles impactos en el uso y calidad del agua. Uno de estos, es el estudio de modelación de calidad del agua sobre la quebrada Buenavista (CRQ, 2015) el cual implementa un modelo de transporte de contaminantes y calidad del agua como lo es el modelo matemático unidimensional QUAL2K de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), considerando diferentes sitios de modelación sobre la corriente principal de la quebrada Buenavista. Estos sitios considerados en la implementación del modelo de calidad de agua son los siguientes:

Tabla 24. Sitios considerados en modelación quebrada Buenavista 2015

Sección No	Estación	Código	Abscisa (km)	Distancia Secciones Δx (m)	Coordenadas		Altitud (m.s.n.m.)
					Latitud	Longitud	
1	Bocatoma Quimbaya	QB1	K 00+000	0	4°37'54"	-75°44'09"	1350
2	Retorno ESAQUIN	QB2	K 04+290	4290	4°37'08"	-75°45'35"	1220
3	Quebrada Carmelita	V1	K 04+500	210	4°37'08"	-75°45'39"	1210
4	Quebrada Calle 14	V2	K 04+720	220	4°37'09"	-75°45'44"	1205
5	Quebrada Calle 18	V3	K 04+851	131	4°37'06"	-75°45'55"	1200
6	Pte. Quimbaya-Montenegro	QB3	K 06+660	1809	4°36'47"	-75°46'27"	1195
7	Puerto Alejandría	QB4	K 20+480	13820	4°37'35"	-75°51'19"	955

Fuente: Modelación Calidad de Agua Quebrada Buenavista (CRQ, 2015)

Para la calibración y validación del modelo de calidad del agua se consideraron los resultados de los monitoreos realizados sobre la quebrada Buenavista para los sitios de control. La calibración fue realizada a partir de los resultados del monitoreo del estudio de modelación, y la validación toma como referencia los resultados de los monitoreos históricos tal como se muestra en la Tabla 25.

Tabla 25. Resultados de calidad de agua para la quebrada Buenavista 2010-2015

Fecha	Tramo	Longitud (km)	Caudal (m ³ /s)	T (°C)	pH	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	SST (mg/L)	ST (mg/L)	OD (mg/L)	CT (NMP/100mL)	CF (NMP/100mL)
Jul-11**	Bocatoma Quimbaya	0.2	0.53	20	7.71	0.28		4.4		8.7	1.80E+02	1.80E+02
	Parte Media	14.2	0.88	22.7	7.25	6.75		9.29		3.44	5.40E+08	5.40E+08
	Desembocadura	21	1.59	21	7.73	1.05		4.4		5.6	7.90E+03	7.90E+03
Sep-11**	Bocatoma Quimbaya	0.2	0.35	19.6	7.28	0.08	5.7	9.4	115	8.2	2.00E+02	2.00E+02
	Parte Media	14.2	0.43	22	7.29	5.03	63.6	7	106	5.4	1.60E+05	1.80E+02
	Desembocadura	21	1.24	20	7.32	1.31	7.8	10.3	116	6.2	1.30E+03	1.30E+03
Jun-10**	Bocatoma Quimbaya	0.2	0.18	18	7.28	0.17	15.1	1.4		7.3	7.90E+03	5.80E+03
	Parte Media	14.2		20.8	7.64			5.7		8.1	1.70E+05	1.40E+05
	Desembocadura	21	0.62	21.7	7.9	0.80	17.8	7.2		7	2.20E+04	9.40E+03
Ago-13**	Bocatoma Quimbaya	0.2	0.131	17.1	7.65	<5.7	9.4	<4.4	59	7.58	1.70E+03	1.70E+03
	Parte Media	14.2	0.6	21.4	7.36	<5.7	11.5	<4.4	117	7.1	>1.6E+05	>1.6E+05
	Desembocadura	21	1.076	22.9	7.86	<5.7	9.4	5.6	100	7.6	5.40E+04	5.40E+04
Feb-14**	Bocatoma Quimbaya	0.2	0.42	17	7.6	1.25	5.8	7		8.6	6.80E+08	2.00E+08
	Parte Media	14.2	1.13	22.5	7.56	0.99	17.8	27.7		6.8	4.50E+08	4.50E+08
	Desembocadura	21	1.62	23	7.65	0.92	18.6	35.2		7.8	2.20E+09	6.80E+08
Nov-15*	Bocatoma Quimbaya	0.2	0.754	18.6	7.54	0.80	9.5	3.7	79.6	7.24	2.80E+04	1.10E+04
	Parte Media	14.2	1.41	21.1	7.28	4.30	13	36.2	107	6.07	1.60E+06	1.60E+06
	Desembocadura	21	1.743	21.2	7.78	0.70	12.2	17.4	120	6.85	2.30E+05	2.30E+05

Fuente: Modelación Calidad de Agua Quebrada Buenavista (CRQ, 2015). * Calibración, ** Validación

Considerando lo anterior, el modelo de calidad de agua contempla cuatro estaciones transversales, de las cuales dos son condiciones de borde (estaciones Bocatoma Quimbaya y Puerto Alejandría), y tres fronteras internas (estaciones quebradas Carmelita, Calle 14 y Calle 18) siendo estos últimos tributarios contemplados como vertimientos directos a la corriente principal de la quebrada Buenavista (Tabla 24). Estas siete estaciones de modelación son las empleadas como inputs en el proceso de calibración del modelo, tomando como insumo los datos arrojados por la campaña de monitoreo (27/11/2015) para los parámetros de temperatura del agua, pH, oxígeno disuelto (OD), demanda biológica de oxígeno (DBO₅) y sólidos suspendidos totales (SST). Para el proceso de validación son comparados los valores simulados con los obtenidos en las campañas de monitoreo en los años 2010, 2013, 2014 y 2015 realizadas por la CRQ sobre las siete estaciones de modelación.

En el estudio de modelación (CRQ, 2015) se plantearon dos escenarios de saneamientos y reducción de carga:

- **Escenario 1:** Porcentaje de tratamiento del 60% a las cargas de DBO₅ y SST en los vertimientos de aguas residuales, y del 99% de los CF en los vertimientos.
- **Escenario 2:** Porcentaje de tratamiento del 80% a las cargas de DBO₅ y SST en los vertimientos de aguas residuales, y del 99% de los CF en los tributarios y vertimientos.

Como resultado, implementando el escenario más drástico de saneamiento y reducción de carga (escenario 2) sobre los vertimientos de agua residual (quebradas La Carmelita, Calle 14 y Calle 18), los niveles de calidad aumentarían sobre la quebrada Buenavista, presentándose reducción en la DBO₅ del 58.2%, aumento en el OD del 8.3%, reducción de los SST del 3.7% y cambios poco significativos en el pH. Así mismo, los parámetros DBO₅, OD y pH cumplen con los objetivos de calidad establecidos en la resolución 1035 de 2008, a excepción de los SST los cuales presentan altas concentraciones a la altura de la estación Puente Quimbaya-Montenegro. En cuanto a los CF, se evidenció un aumento significativo a la altura de la estación Bocatoma Quimbaya con concentraciones de 11,000 NMP/100ml, siendo esta superior al mínimo requerido (<2000 NMP/100ml) para la destinación del recurso para consumo humano y otros usos establecidos en el Decreto 1594 de 1984 (CRQ, 2015).

1.3.3.2. Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) del municipio de Quimbaya (2017)

La Unidad Hidrográfica de la Quebrada Buenavista no solo es la principal fuente abastecedora del recurso hídrico para el municipio de Quimbaya, también es el principal

receptor de vertimientos de agua residual doméstica proveniente de su centro poblado, y de cargas difusas contaminantes provocadas por el desarrollo de actividades agropecuarias en la región. Actualmente, el municipio de Quimbaya cuenta con la formulación del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) para el periodo 2017 - 2026 identificando y caracterizando todos aquellos puntos de vertimiento existentes, y su respectivo cronograma de eliminación para el periodo en cuestión.

Según el PSMV se asocian 26 puntos de vertimientos, distribuidos sobre las quebradas Agua Linda (10), Buenavista (8), Mina Rica (5), La Silenciosa (2) y Campo Alegre (1), proyectados a ser eliminados en su totalidad para el año 2021 (Tabla 27). A partir de conexiones menores de las descargas al colector interceptor construido en la Fase I, la construcción de la Fase II del colector interceptor Agua Linda-Buenavista, y la construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) proyectada para el año 2024, llevando al saneamiento total del municipio. Así mismo, se proyecta una reparación y reposición de redes de alcantarillado averiadas o antiguas para el año 2026.

Lo anterior se complementa con lo dispuesto en la resolución 812 de 2018, en la cual se aprueba dicho PSMV por parte de la autoridad ambiental, estableciendo que una vez se implementen las obras de descontaminación proyectadas para el año 2021, se habilita transitoriamente la descarga de tres puntos de vertimiento (Tabla 28) hasta el año 2023, fecha en la cual la PTAR entra en funcionamiento y se reduciría a un vertimiento puntual. Cabe resaltar la inclusión de los vertimientos realizados a la quebrada Agua Linda, que, si bien no pertenecen a la unidad hidrográfica objeto de ordenamiento, estos serán transportados a la PTAR proyectada, haciendo su descarga final sobre el cauce principal de la quebrada Buenavista. Por último, el PSMV establece las proyecciones de metas individuales de carga contaminante para el periodo 2017 - 2026 sobre las quebradas Agua Linda y Buenavista definidas y aprobadas por la autoridad ambiental (Tabla 26).

Tabla 26. Proyecciones de carga contaminante según PSMV Quimbaya 2017-2026

Año	Quebrada Agua Linda		Quebrada Buenavista		Carga Contaminante Total	
	DBO Kg/año	SST Kg/año	DBO Kg/año	SST Kg/año	DBO Kg/año	SST Kg/año
2017	170,782.79	143,457.54	432,689.96	363,459.57	603,472.75	506,917.11
2018	152,437.60	128,047.58	386,211.15	324,417.37	538,648.75	452,464.95
2019	176,061.16	147,891.38	446,063.09	374,692.99	622,124.25	522,584.37
2020	179,246.91	150,567.40	454,134.39	381,472.89	633,381.30	532,040.29
2021	181,499.64	152,459.70	459,841.86	386,267.16	641,341.50	538,726.86
2022	184,283.44	154,798.09	466,894.81	392,191.64	651,178.25	546,989.73
2023	187,108.56	157,171.19	474,052.44	398,204.05	661,161.00	555,375.24
2024	-	-	187,439.47	187,439.47	187,439.47	187,439.47
2025	-	-	135,566.81	135,566.81	135,566.81	135,566.81
2026	-	-	137,646.76	137,646.76	137,646.76	137,646.76

Fuente: Resolución CRQ 812 de 2018

Tabla 27. Puntos de vertimiento existentes y cronograma de eliminación 2017-2026

#	Descarga	Coordenadas		Descripción	Eliminación PSMV (2017)
		Y	X		
1	QAD1	1003418.06	1146349.16	Esta descarga recolecta las aguas negras de los Barrios La Esperanza Gonzales, Cerezos y Agua Linda y las deposita en la Quebrada Agua Linda.	2018
2	QAD2	1003363.11	1146354.24	Esta descarga recolecta las aguas negras de los Barrios Cointevi, Fundadores, Gonzales y las deposita en la Quebrada Agua Linda.	2018
3	QAD3	1003570.65	1146182.84	Esta descarga recolecta las aguas negras del Barrio José Ilario López y las deposita en la Quebrada Agua Linda.	2018
4	QAD4	1003696.39	1146172.54	Esta descarga recolecta las aguas negras del Barrio El Sueño y las deposita en la Quebrada Agua Linda.	2021
5	QAD5	1003710.09	1146125.87	Esta descarga recolecta las aguas negras del Barrio Laureles y las deposita en la Quebrada Agua Linda.	2018
6	QAD4A	1003668.85	1146200.57	Esta descarga recolecta las aguas negras de Focafé y las deposita en la Quebrada Agua Linda.	2021
7	QAD5B	1003663.75	1145891.57	Esta descarga recolecta las aguas negras del Barrio Villa Rosita y las deposita en la Quebrada Agua Linda.	2018
8	QAD6	1003502.13	1145867.53	Esta descarga recolecta las aguas negras de los Barrios Laureles y Despacio y las deposita en la Quebrada Agua Linda.	2021
9	QAD7	1003657.03	1145413.41	Esta descarga recolecta las aguas negras del Barrio Vicente López y las deposita en la Quebrada Agua Linda.	2018
10	QAD8	1003691.21	1145368.93	Esta descarga recolecta las aguas negras de los Barrios Apuquin y Tanambi y las deposita en la Quebrada Agua Linda.	2018
11	QAD9	1003522.16	1145040.35	Esta descarga recolecta las aguas negras de los Barrios Amurciq y los sectores comprendidos entre la carrera 7 entre Calles y 23, Carrera 8 entre Calles 10 y 22, Carrera entre Calles 13 y 19, Carrera 10 entre Calles 14 y 19 y las deposita en la Quebrada Mina Rica.	2021
12	QAD10	1003542.14	1145025.57	Esta descarga recolecta las aguas negras de los Barrios Planviteq, El Mirador, Villa Laura y la Elvira 1 y 2 y las deposita en la Quebrada Mina Rica	2021
13	QAD11	1003440.4	1145012.25	Esta descarga recolecta las aguas negras de un sector del Barrio Clementina y las deposita en la Quebrada Mina Rica.	2021
14	QAD11A	1003346.76	1145048.39	Esta descarga recolecta las aguas negras de un sector del Barrio Clementina y las deposita en la Quebrada Mina Rica.	2021
15	QAD12	1003581.35	1144979.75	Esta descarga recolecta las aguas negras del Barrio Clementina y el Instituto Quimbaya y las deposita en la Quebrada Mina Rica	2021
16	QAD13	1003097.43	1144697.04	Esta descarga recolecta las aguas negras de los Barrios El Rocío, Las Orquídeas, Erverto Vigoya y las deposita en la Quebrada Rocío.	2021
17	QAD14	1002998.79	1145053.2	Esta descarga recolecta las aguas negras de los Barrios Nuevo Horizonte, Cincuentenario, 10 Casas, Sadequi, La Paz, El Rocío y las deposita en la Quebrada Valencia	2021
18	QBD1	1002621.01	1146417.45	Esta descarga recolecta las aguas negras de Matadero y Barrio Buenavista y las deposita en la Quebrada Buenavista.	2021
19	QBD2	1002578.99	1146572.56	Esta descarga recolecta las aguas negras de los Barrios Gaitán, Gonzales, y la Plaza de Mercado y las deposita en la Quebrada Buenavista.	2018
20	QBD3	1002843.63	1145969.46	Esta descarga recolecta las aguas del centro desde la Calle 11 a la 14 y entre las carreras 3 y 6 y las deposita en la Quebrada Buenavista.	2021

#	Descarga	Coordenadas		Descripción	Eliminación PSMV (2017)
		Y	X		
21	QBD4	1002688.39	1146006.56	Esta descarga recolecta las aguas negras del Barrio Grisales y las deposita en la Quebrada Buenavista.	2018
22	QBD5	1002735.15	1145915.65	Esta descarga recolecta las aguas negras de los sectores comprendidos entre la Calle 14 a Calle 17 y entre Carreras 2 a 6 y las deposita en la Quebrada Buenavista.	2018
23	QBD6	1002727.01	1145723.09	Esta descarga recolecta las aguas negras del Barrio San Vicente Bajo y las deposita en la Quebrada Buenavista.	2018
24	QBD7	1002915.61	1145698.03	Esta descarga recolecta las aguas negras de los sectores comprendidos entre la Calle 17 a Calle 19 entre Carreras 6 y 4 y las deposita en la Quebrada Buenavista.	2021
25	QBD8	1002284.37	1145086.99	Esta descarga recolecta las aguas negras de los Barrios Centenario, Toledo, Cacique, Girasoles, Los Pinos, villa del Sol, Mirador del café y las deposita en la Quebrada Buenavista.	2021
26	QCD1	-	-	Esta descarga recolecta las aguas negras de la Ciudadela El Sueño y las deposita en la Quebrada Campo Alegre.	2018

Fuente: Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) del municipio de Quimbaya (EPQ, 2017).

Tabla 28. Puntos de vertimiento proyectados según la resolución 812 de 2018

Descole	Coordenadas		Sector	Caudal Proyectado (L/s)	Eliminado Resolución 812 de 2018
	Latitud	Longitud			
1	4°37'45.93"	-75°46'10"	Quebrada Agua Linda en límites del área urbana del municipio	20.97	2021
2	4°36'51.70"	-75°46'14.48"	Quebrada Buenavista, previo a zona de intercepción con vía Quimbaya-Montenegro	17.8	2021
3	4°36'44"	-75°46'44"	Quebrada Buenavista, sector vereda Palermo	24.19	Descole PTAR

Fuente: Resolución CRQ 812 de 2018

1.3.3.3. Evaluación Regional del Agua (ERA) del departamento del Quindío (2017)

La ERA del departamento del Quindío es una herramienta integradora de seguimiento con capacidad para identificar las potencialidades de manejo del recurso hídrico, sus aspectos más vulnerables y los principales conflictos en los sistemas hidrológicos de la región. En ella, se determinó la calidad de los cuerpos de agua a partir de monitoreos efectuados sobre las principales corrientes y afluentes para cada unidad hidrográfica en jurisdicción de la autoridad ambiental.

Para la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista se consideraron ocho sitios de monitoreo localizados a lo largo de la quebrada Buenavista y afluentes principales tales como las quebradas Belén, La Silenciosa y Mina Rica, siendo estos dos últimos receptores de vertimientos de tipo domésticos por parte del centro poblado de Quimbaya. Los descriptores de calidad determinados para el Índice de Calidad de Agua (ICA) en todos los puntos monitoreados se consideran "aceptables". Sin embargo, se observó una ligera afectación en la bocatoma de agua para el municipio de Quimbaya, donde los valores de coliformes fecales y la relación nitrógeno total/fósforo total indican una influencia de materia orgánica y compuestos asociados a la producción agrícola (Tabla 29). Las actividades pecuarias y agrícolas en el área de drenaje también tuvieron un impacto en la calidad del agua, con altas coberturas de pastos, café, banano, aguacate y otros cultivos.

Tabla 29. ICA en puntos de monitoreo en la quebrada Buenavista y quebradas tributarias

Punto de monitoreo	I _{CF}	I _{CE}	I _{DOO}	I _{N/P}	I _{OD}	I _{PH}	I _{ST}	Valor cuantitativo del ICA	Descriptor de calidad
Quebrada Buenavista Bocatoma Quimbaya	0.709	0.891	0.910	0.800	0.830	1.000	1.000	0.876	Aceptable
Quebrada Armenia Buenavista	0.293	0.851	0.710	0.800	0.813	1.000	1.000	0.782	Aceptable
Q Buenavista aguas arriba vertimiento Carmelitas	0.379	0.854	0.510	0.800	0.933	0.945	1.000	0.778	Aceptable
Quebrada Buenavista aguas abajo Quimbaya	0.100	0.822	0.910	0.800	0.760	1.000	1.000	0.770	Aceptable
Quebrada Mina Rica	0.306	0.513	0.910	0.800	0.636	0.991	1.000	0.735	Aceptable
Quebrada Belén	0.221	0.677	0.710	0.800	0.695	1.000	0.972	0.724	Aceptable
Quebrada La Silenciosa	0.407	0.634	0.910	0.800	0.718	1.000	0.972	0.776	Aceptable
Q Buenavista aguas arriba Confluencia Río La Vieja	0.388	0.707	0.910	0.800	0.825	0.941	1.000	0.796	Aceptable

Fuente: Evaluación Regional del Agua (ERA) del departamento del Quindío (CRQ, 2017)

Tabla 30. IACAL en puntos de monitoreo en la quebrada Buenavista y quebradas tributarias

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Quebrada Buenavista Bocatoma Quimbaya	1	3	3	1	1	2	Moderada
Quebrada Armenia aguas arriba de confluencia con Q Buenavista	1	1	1	1	1	1	Baja
Q Buenavista aguas arriba del Vertimiento Carmelitas	1	4	4	1	2	2	Moderada
Quebrada Buenavista Aguas Abajo del centro poblado Quimbaya	1	3	4	1	1	2	Moderada
Quebrada Mina Rica	1	1	1	1	1	1	Baja
Quebrada Belén	1	1	1	1	1	1	Baja
Quebrada La Silenciosa	1	1	1	1	1	1	Baja
Q Buenavista aguas arriba de la confluencia con Río La Vieja	5	5	4	1	3	4	Alta

Fuente: Evaluación Regional del Agua (ERA) del departamento del Quindío (CRQ, 2017)

Tabla 31. IACAL para oferta hídrica total en condiciones medias en puntos de monitoreo en la quebrada Buenavista y quebradas tributarias

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendido s Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Quebrada Buena Vista Bocatoma Quimbaya	3	4	4	2	3	3	Media Alta
Q. Armenia aguas arriba de confluencia con Q. Buenavista	2	3	3	1	1	2	Moderada
Q Buenavista aguas arriba Vertimiento Carmelitas	5	5	5	5	5	5	Muy Alta
Q. Buenavista aguas abajo de Quimbaya	2	3	4	2	2	3	Media Alta
Quebrada Mina Rica	3	4	4	2	3	3	Media Alta
Quebrada Belén	3	4	4	2	4	3	Media Alta
Quebrada La Silenciosa	4	5	5	4	4	4	Alta
Q Buenavista aguas arriba de confluencia con Río La Vieja	5	5	4	2	3	4	Alta

Fuente: Evaluación Regional del Agua (ERA) del departamento del Quindío (CRQ, 2017)

En cuanto al Índice de Alteración Potencial a la Calidad del Agua (ICAL) muestran una evolución progresiva de categoría “moderada” a “alta” sobre la quebrada Buenavista, a diferencia de sus quebradas tributarias la cuales muestran una categoría “baja” (Tabla 30). Respecto al IACAL para oferta hídrica total en condiciones medias y secas sus categorías varían de “moderada” a “muy alta” para todas las corrientes consideradas (Tabla 31 y Tabla 32).

Tabla 32. IACAL para oferta hídrica total en condiciones secas en puntos de monitoreo en la quebrada Buenavista y quebradas tributarias

Punto de monitoreo	DBO5	(DQO- DBO)	Nitrógeno total	Fósforo total	Sólidos Suspendidos Totales	IACAL (cuantitativo)	IACAL (cualitativo)
Quebrada Buenavista Bocatoma Quimbaya	3	4	4	2	3	3	Media Alta
Quebrada Armenia aguas arriba de confluencia con Q Buenavista	2	4	4	1	2	3	Media Alta
Q Buenavista aguas arriba Vertimiento Carmelitas	5	5	5	5	5	5	Muy Alta
Quebrada Buenavista aguas abajo de Quimbaya	3	4	4	2	3	3	Media Alta
Quebrada Mina Rica	3	4	4	3	3	3	Media Alta
Quebrada Belén	3	4	5	3	4	4	Alta
Quebrada La Silenciosa	4	5	5	4	5	5	Muy Alta
Q Buenavista aguas arriba de confluencia con Rio La Vieja	5	5	4	2	3	4	Alta

Fuente: Evaluación Regional del Agua (ERA) del departamento del Quindío (CRQ, 2017)

1.3.3.4. Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (POMCA) del río La Vieja (2018)

En el capítulo de diagnóstico de calidad del agua dentro del POMCA del río La Vieja se detalla la metodología y resultados del estudio encaminados a determinar la carga aportada por cada sector (doméstico, industrial, agrícola, pecuario) como el estado del recurso hídrico mediante la implementación de índices de calidad.

La estimación de carga contaminante para el sector doméstico tiene como base la metodología expuesta en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS, 2000) el cual utiliza un factor de emisión per cápita PPC de aguas residuales domésticas urbanas. Para el sector industrial, las cargas fueron estimadas a partir de los resultados de monitoreos realizados como labor de control y seguimiento a usuarios sujetos a cobro de tasa retributiva. El sector sacrificio correspondiente a las plantas de beneficio animal (PBA) forman igualmente parte del sector industrial, pero la estimación de cargas se realiza siguiendo la metodología propuesta por el IDEAM a partir del número de cabezas sacrificadas por mes a nivel municipal, información reportada en la base de datos de tasa retributiva de la CRQ.

Para el sector agrícola, más específicamente el beneficio de café, se estiman la carga de acuerdo con el tipo de tecnología utilizada en el proceso de post cosecha. El primer tipo de tecnología es la Convencional correspondiente al proceso tradicional de transformación del fruto a semilla sin manejo a los subproductos obtenidos, demandando un alto consumo de agua por kilogramo de beneficio de café pergamino seco (40 L/kg cps). Existe más de cinco tipos de beneficio convencional, siendo el Tipo 1 el más utilizado actualmente. El segundo tipo de tecnología es la Ecológica o también llamada “Becolsub” destacándose principalmente por presentar una menor demanda de agua por kilogramo de beneficio de café pergamino seco (<10 L/kg cps) y realizarse un manejo parcial o total de los subproductos obtenidos. En la (Tabla 33) describe la carga aportada de DBO5 y SST por cada arroba de café pergamino seco producida por tipo de tecnología.

Tabla 33. Carga aportada por el beneficio de café por tipo de tecnología implementada

Tipo de Beneficiadero	Operación	Características	DBO5	SST	Observaciones
			Kg/@ de cps		
Tipo Convencional 1	Recibo	Más de 4.7 L/kg cps			
	Despulpado	Despulpado y transporte con agua, sin fosa o la tiene sin techo de lavado	3.59	3.5	Consumo de agua mayor a 10 L/kg cps, sin manejo de subproductos. IMAPBHC=0.0. ICAPBHC=0.0.
	Lavado	Más de 5 L/kg cps. Ej. Transporte del café despulpado y lavado con agua; canal de correteo. Sin tratamiento de aguas residuales generadas.			
Ecológico	Recibido	Tolva seca o tolva húmedas con un consumo menor a 2 L/ kg cps. Ej. Separador hidráulico de tolva y tornillo sin tanque sifón con recirculación, tolva con recirculación			Consumo de agua menor a 10 L/kg cps, con manejo de subproductos (pulpa).
	Despulpado	Despulpado sin agua transporte de la pulpa sin agua Fosa techada y descomposición de la pulpa	1.36 - 1.39	0.27	IMAPBHC=0.825 y 0.875. ICAPBHC=0.612 y 0.620.
	Recibo Despulpado	Menos de 5 L/ kg cps. Sin tratamiento de aguas residuales generadas. El lavado en tanque con la técnica de cuatro enjuagues.			

Fuente: Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del río La Vieja (POMCA La Vieja, 2018)

Tabla 34. Carga sector doméstico estimada para la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

Subcuenca	Tipo Población	No Habitantes 2016	DBO5 Kg/día	DQO Kg/día	DQO-DBO5 Kg/día	SST Kg/día	NT Kg/día	PT Kg/día	DBO5 T/año	DQO T/año	DQO-DBO5 T/año	SST T/año	NT T/año	PT T/año
Carga Doméstica														
Quebrada Buenavista	Urbana	29,287	1,464.4	2,635.8	1,171.5	1,464.4	351.4	87.9	534.5	962.1	427.6	534.5	128.3	32.1
	Urbana tratada PTAR													
	Rurales centros poblados	2,291	114.6	206,2	91.6	114.6	27.5	6.9	41.8	75.3	33.4	41.8	10.0	2.5
	Rural población dispersa	2,431	121.9	219,3	97.5	121.9	29.2	7.3	8.9	16.0	7.1	8.9	2.1	0.5
	Carga Total									585.2	1,053.3	468.2	585.2	140.4	35.1
Carga Doméstica con Población Flotante														
Quebrada Buenavista	Urbana	29,871	1,493.6	2,688.4	1,194.8	1,493.6	358.5	89.6	545.1	981.3	436.1	545.1	130.8	32.7
	Urbana tratada PTAR													
	Rurales centros poblados	2,291	114.6	206,2	91.6	114.6	27.5	6.9	41.8	75.3	33.4	41.8	10.0	2.5
	Rural población dispersa	2,437	121.9	219,3	97.5	121.9	29.2	7.3	8.9	16.0	7.1	8.9	2.1	0.5
	Carga Total									595.9	1,072.5	476.7	595.9	143.0	35.8

Fuente: Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del río La Vieja (POMCA La Vieja, 2018)

Tabla 35. Carga sector industrial estimada para la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

Subcuenca	Usuario	Punto de Muestreo	Caudal (l/s)	DBO5 (mg/L O2)	DQO (mg/L O2)	SST (mg/L)	DBO5 (kg/día O2)	DQO (kg/día O2)	SST (kg/día)	DBO5 (T/año O2)	DQO (T/año O2)	SST (T/año)
Quebrada Buenavista	Fincas Panaca	Vertimiento PTAR Fincas Panaca	0.9	117	279	65.5	9.1	21.7	5.09	3.32	7.92	1.86
	Decameron PANACA	Punto de vertimiento	1.08	267	521	64.7	24.91	48.62	6.04	9.09	17.74	2.2
Carga Total										12.41	25.66	4.06

Fuente: Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del río La Vieja (POMCA La Vieja, 2018)

Tabla 36. Carga sector sacrificio estimada para la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

Subcuenca	Usuario	Punto de Muestreo	DBO5 (T/año)	DQO (T/año)	SST (T/año)
Quebrada Buenavista	Procesadora Avícola Pollo Fresco	Salida PTAR	2.3	5.1	1

Fuente: Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del río La Vieja (POMCA La Vieja, 2018)

Tabla 37. Carga sector agrícola café estimada para la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

Subcuenca	Producción (@ cps)	Producción Tecnificada (@ cps)	Producción Convencional 1 (@ cps)	Ecológico 1 (kg/@ cps)			Beneficiaderos Convencionales 1 (kg/@ cps)			Ecológico 1 (T/año)			Beneficiaderos Convencionales 1 (T/año)			Carga Total (T/año)		
				DBO5	DQO	SST	DBO5	DQO	SST	DBO5	DQO	SST	DBO5	DQO	SST	DBO5	DQO	SST
Quebrada Buenavista	19,2736.2	18,6954.1	5,782.1	1.38	2.85	0.21	3.59	7.43	3.5	257.06	532.12	39.26	2.76	42.97	20.24	277.82	575.09	59.5

Fuente: Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del río La Vieja (POMCA La Vieja, 2018)

Tabla 38. Carga sector pecuario Porcícolas estimada para la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

Subcuenca	Cerdos Tecnificados 2015	Convencionales 2015	Kg/100 kg peso vivo/día					DBO5 (T/año)	DQO (T/año)	SST (T/año)	NT (T/año)	PT (T/año)
			DBO5	DQO	SST	NT	PT					
Quebrada Buenavista	317,697	89,205	0.25	0.75	0.6	0.074	0.036	61.8	247.1	190.4	82	7.5

Fuente: Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del río La Vieja (POMCA La Vieja, 2018)

Por último, el sector porcícola estima la carga contaminante vertida por la actividad a partir de los valores reportados por la “Guía Ambiental Porcícola” (SAC, 2002) y la evaluación aproximada de carga contaminante del Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Estos valores son relacionados por cada 100 kg de peso vivo al día, siendo 0.25 kg de DBO, 0.6 kg SST, 0.074 kg N y 0.036 kg P. Igualmente se tomó a consideración el número de cerdos, el grupo etéreo y el tipo de tratamiento por proceso realizado.

Como resultado se presenta la estimación de carga contaminante aportada por el sector doméstico (Tabla 34), industrial (Tabla 35), sacrificio (Tabla 36), agrícola café (Tabla 37) y pecuario porcícola (Tabla 38). Se observa que para la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista el mayor aporte por carga contaminante es proveniente del sector doméstico, seguido por el sector pecuario representado por la actividad porcícola, y la carga aportada por el sector agrícola en café. En la (Tabla 39) se presenta el resumen de cargas totales aportadas para la quebrada Buenavista como resultado de la sumatoria de las cargas determinadas por sector.

Tabla 39. Resumen general de cargas aportadas por parámetro para la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

Subcuenca	DBO5 (T/año)	DQO-DBO5 (T/año)	SST (T/año)	NT (T/año)	PT (T/año)	Total (T/año)
Quebrada Buenavista	941.1	969.7	840.5	222.5	42.6	3,016.4

Fuente: Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del río La Vieja (POMCA La Vieja, 2018)

Así mismo, se realizó una campaña de monitoreo (septiembre de 2016) a fin de determinar el Índice de Calidad del Agua (ICA) sobre la corriente principal de la quebrada Buenavista. Para ello, se definieron dos sitios de monitoreo, el primero, localizado a la altura de la bocatoma para el abastecimiento del centro poblado de Quimbaya, y el segundo, tomado aguas arriba de su confluencia al río La Vieja (Tabla 40). Los resultados del monitoreo realizado son expuestos en la Tabla 41 para cada sitio por cada determinante medido.

Tabla 40. Puntos de monitoreo POMCA del río La Vieja

Punto	Sitio	Coordenada		Caudal (m ³ /s)	pH (Unidades)	Temperatura (°C)
		Latitud	Longitud			
ID-41	Bocatoma Quimbaya	4°39'27.20" N	75°41'4.39" O	0.0346	8.2	18.8
ID-39	Puerto Alejandria	4°37'22.15" N	75°51'3.05" O	0.8121	8.5	23.2

Fuente: Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del río La Vieja (POMCA La Vieja, 2018)

Tabla 41. Resultados monitoreo POMCA del río La Vieja

Punto	CE (µS/cm)	OD (mgO ₂ /L)	% Sat Oxígeno	Turbiedad (UNT)	DBO ₅ (mgO ₂ /L)	DQO (mgO ₂ /L)	PT (mgP/L)	Nitratos + Nitritos (mgN/L)	NT Kjeldahl (mgN/L)	NT (mgN/L)	SST (mg/L)	CF (NMP/100ml)
ID-41	72	6.76	72.5	0.77	3	<15	1.25	0.24	0.9	1.1	<6	258
ID-39	145	7.73	90.3	2	3	26	0.31	1.7	2.9	4.6	7	730

Fuente: Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del río La Vieja (POMCA La Vieja, 2018)

En cuanto a la calidad del agua para la quebrada Buenavista, los resultados del ICA para los puntos de monitoreo presentaron una calidad “aceptable” a la altura de la bocatoma para el abastecimiento del centro poblado de Quimbaya y “regular” antes de su desembocadura al río La Vieja (Tabla 42). Uno de los determinantes que restringen la calidad de agua en el punto de captación en la bocatoma es la relación de nitrógeno total y fósforo total, el cual es un indicador de una posible influencia de carga difusa de origen agrícola aguas arriba del sitio de captación.

En términos generales, en cuanto al ICA el estudio concluyó una gran capacidad de oxigenación de la quebrada Buenavista reflejado en los valores más altos de oxígeno disuelto en la parte baja de la corriente, aunque se evidencia una desmejora en la calidad aguas abajo indicando restricciones para su uso.

Tabla 42. ICA para la quebrada Buenavista POMCA del río La Vieja

Punto	I _{OD}	I _{pH}	I _{SS}	I _{CE}	I _{CF}	I _{DQO}	I _{NT/PT}	ICA	Calificación
ID-41	0.12	0.13	0.14	0.12	0.11	0.13	0.02	0.76	Aceptable
ID-39	0.14	0.11	0.14	0.08	0.07	0.07	0.08	0.7	Regular

Fuente: Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del río La Vieja (POMCA La Vieja, 2018)

Otro análisis contemplado en el estudio en el comportamiento del ICA a lo largo de los años (Tabla 43), si bien los altos índices de calidad se presentan en época de lluvia y los peores en época seca, no siempre el factor climático afecta la calidad del recurso hídrico.

Tabla 43. Comportamiento histórico del ICA para la quebrada Buenavista

Periodo	Época	Punto	ICA	Calificación	Punto	ICA	Calificación
1987-2006			0.57	Regular		0.27	Mala
Jun-2010	Seco		0.56	Regular		0.57	Regular
Jul-2011	Seco		0.57	Regular		0.41	Mala
Sep-2011	Lluvia	ID-41	0.69	Regular	ID-39	0.68	Regular
Ago-2013	Seco		0.56	Regular		0.58	Regular
Feb-2014	Seco		0.58	Regular		0.55	Regular
Nov-2015	Lluvia		0.56	Regular		0.56	Regular
Sep-2016	Lluvia		0.76	Aceptable		0.7	Regular

Fuente: Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del río La Vieja (POMCA La Vieja, 2018)

El Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL) para la quebrada Buenavista mostró una “muy alta” presión por contaminación para los dos escenarios de oferta hídrica (año hidrológico medio y seco) indicando una alta vulnerabilidad a la degradación del ecosistema por cuenta de los usos, el consumo y los vertimientos establecidos sobre este cuerpo de agua.

Tabla 44. IACAL para la quebrada Buenavista POMCA del río La Vieja

Subcuenca	Carga Contaminante (T/año)	Oferta Hídrica (m ³ /s)	Oferta Hídrica (Hm ³ /año)	IACAL	Categoría	Clasificación
Año Hidrológico Medio						
Quebrada Buenavista	602.3	1.41	44.6	13.9	5	Muy Alta
		Año Hidrológico Seco				
		1.1	34.8	18.4	5	Muy Alta

Fuente: Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del río La Vieja (POMCA La Vieja, 2018)

1.3.3.5. Objetivos de calidad para las fuentes hídricas receptoras de vertimiento (2019)

De igual manera, la CRQ en convenio con la Universidad del Tolima desarrolló el estudio de actualización de objetivos de calidad para las principales fuentes hídricas receptoras de vertimientos del departamento del Quindío (CRQ, 2019), adoptado administrativamente en la resolución 1736 de 2020, el cual define nuevos criterios de calidad por fuente hídrica y categoría de uso para el periodo 2020-2030. Se presentan las categorías por uso del agua definidas en CRQ (2019) a partir del Decreto 1076 de 2015 (sección 9) del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), y de la compilación de literatura realizada por Sierra (2011) (Tabla 45).

Tabla 45. Categorías por uso del agua consideradas

Código	Uso del Agua
1	Consumo humano y doméstico (Solo Desinfección)
2	Consumo humano y doméstico (Tratamiento Convencional)
3	Preservación de flora y fauna
4	Agrícola con restricciones
5	Agrícola sin restricciones
6	Pecuario
7	Recreativo contacto primario
8	Recreativo contacto secundario
9	Industrial
10	Industrial: explotación manual de material de construcción y material de arrastre
11	Estético
12	Pesca, Maricultura y Acuicultura
13	Navegación y Transporte Acuático

Fuente: Objetivos de calidad del agua (2019-2029) en fuentes receptoras de vertimientos del departamento del Quindío (CRQ, 2019)

En la Tabla 46 se observa los criterios de calidad definidos para cada categoría de uso, siendo estos valores de concentración los más restrictivos entre los usos potenciales identificados para cada tramo en las fuentes hídricas receptoras de vertimientos para el departamento del Quindío.

Tabla 46. Criterios de calidad por categoría de uso

Determinantes	Usos potenciales (códigos de usos)			
	3,8,5,10	1,2,4,7	6,9,11,12	13
DBO ₅ [mg/L O ₂]	10	5	20	30
SST [mg/L]	20	20	30	50
Oxígeno Disuelto [mg/L O ₂]	7	7	5	5
Coliformes Totales [NMP/100 mL]	5000	20000	35000	50000
Nitrógeno Amoniacal [mg/L N - NH ₃]	1	1	1	5
Nitritos + Nitratos [mg/L N]	10	10	10	10
DQO [mg/L O ₂]	15	10	25	30
pH	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	5.0 - 9.0	5.0 - 9.0

Fuente: Objetivos de calidad del agua (2019-2029) en fuentes receptoras de vertimientos del departamento del Quindío (CRQ, 2019)

Para el caso de la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista, se definieron dos tramos de análisis, el primero sobre la quebrada Buenavista (Tramo 17) comprendido desde aguas abajo de la bocatoma de Quimbaya hasta desembocadura al río La Vieja, el segundo sobre la quebrada Mina Rica (Tramo 30) comprendido desde el casco urbano de Quimbaya hasta la confluencia con la quebrada Buenavista (Tabla 47). Igualmente, el estudio de objetivos de calidad (CRQ, 2019) desarrolló la simulación de calidad del agua tomando como referencia la propuesta de saneamiento del recurso hídrico y las categorías de usos potenciales descritos en el PSMV del municipio de Quimbaya para el periodo 2017-2026, proyectada para los dos tramos de análisis definidos.

A manera de conclusión del estudio de calidad de agua (CRQ, 2019) se expone que la quebrada Buenavista “no presenta problemáticas sensibles por reducción del oxígeno disuelto en ninguno de los escenarios pese a recibir una importante carga contaminante doméstica proveniente del centro urbano de Quimbaya, presenta una alta capacidad de autodepuración y degradación de la materia orgánica”. Así mismo, se aclara que los determinantes de calidad y sustancias que no se reportan en el estudio, deben tomarse en cuenta los criterios presentados en los artículos 38 al 45 del Decreto 1594 de 1984 para el respectivo uso.

Tabla 47. Objetivos de calidad establecidos para los tramos definidos sobre la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

Tramo	Fuente Hídrica	Descripción	Documento	Usos (Códigos)	DBO5 [mg/L O2]	SST [mg/L]	Oxígeno Disuelto [mg/L O2]	Coliformes Totales [NMP/100 mL]	Nitrógeno Amoniacal [mg/L N - NH3]	Nitritos + Nitratos [mg/L N]	pH	DQO [mg/L O2]	Plomo Total [mg/L]	Mercurio Total [mg/L]	Níquel Total [mg/L]	Cromo Total [mg/L]	Grasas y Aceites (Película flotante)
17	Quebrada Buenavista	Comprendido desde aguas abajo de la bocatoma de Quimbaya hasta desembocadura al río La Vieja	PSMV	3, 6, 9, 11, 12	10	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	15	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
			Objetivos Calidad 2019	3, 6, 9, 11, 12	10	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	15	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
30	Quebrada Mina Rica	Desde el casco urbano de Quimbaya hasta la confluencia con la quebrada Buenavista	PSMV	3, 6, 9, 11, 12	10	20	7	5000	1	10	6.5-8.5	15	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente
			Objetivos Calidad 2019	13	30	50	5	50000	5	10	5.0-9.0	30	0.1	0.01	0.2	0.1	Ausente

Fuente: Objetivos de calidad del agua (2019-2029) en fuentes receptoras de vertimientos del departamento del Quindío (CRQ, 2019)

1.3.3.6. Meta individual y global de carga contaminante (2020)

Referente a la implementación de la tasa retributiva por parte de la CRQ, se ha definido la meta global y la meta individual de carga contaminante para los parámetros de demanda biológica de oxígeno (DBO₅) y sólidos suspendidos totales (SST), en vertimientos puntuales y cuerpos de agua del departamento del Quindío para el quinquenio 2020-2024 (Acuerdo CRQ 001 de 2021). Estas metas en carga son determinadas acordes a los tramos definidos en los objetivos de calidad expuestos en la resolución 1736 de 2020 (CRQ, 2019), calculando estos valores de acuerdo con la carga aportada por los usuarios sujetos de cobro sobre las fuentes hídricas para el posterior ajuste del factor regional.

Para los tramos 17 (quebrada Buenavista) y 30 (quebrada Mina Rica) correspondientes a la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista, se determinó la meta de carga individual por cada usuario aportante de vertimientos sobre las corrientes hídricas principales como sus afluentes, así como la meta global proyectada para el año 2024 (Tabla 49). Cabe resaltar la descontaminación total sobre la quebrada Mina Rica, producto de la puesta en operación de la PTAR proyectada para el año 2024, eliminando los vertimientos de esta fuente hídrica mediante colectores según el PSMV del municipio de Quimbaya.

Tabla 48. Evaluación cumplimiento de la meta global de carga contaminante y ajuste del factor regional año 2021

Tramo	Unidad Hidrográfica	Descripción del Tramo	CC Año 2021 (kg)		CC Meta Año 2024 (meta global evaluada en 2020) (kg)		Cumplimiento meta global carga contaminante Acuerdo 001/21		Fr año 2021	
			DBO ₅	SST	DBO ₅	SST	DBO ₅	SST	DBO ₅	SST
17	Quebrada Buenavista	Comprendido desde aguas abajo de la bocatoma de Quimbaya hasta desembocadura al río La Vieja	290,845.30	252,486.33	210,578.23	201,518.48	No	No	2.76	2.44
30	Quebrada Mina Rica	Desde el casco urbano de Quimbaya hasta la confluencia con la quebrada Buenavista	167390,13	140607,71	0	0	No	No	5.50	5.50

Fuente: Informe de evaluación de meta global de carga contaminante año 2021 (CRQ, 2021)

Por otro lado, el informe de evaluación de meta global de carga contaminante para el año 2021 (CRQ, 2021) realizado por la CRQ como medida de cumplimiento y ajuste del factor regional (Tabla 48), muestra el no cumplimiento de la carga vertida sobre los tramos de análisis para la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista.

Tabla 49. Meta individual y global de carga contaminante para los tramos definidos sobre la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

Tramo	Corriente	Usuario	Línea base año 2019 (kg/año)		Carga meta año 2020 (kg/año)		Carga meta año 2021 (kg/año)		Carga meta año 2022 (kg/año)		Carga meta año 2023 (kg/año)		Carga meta año 2024 (kg/año)	
			DBO5	SST	DBO5	SST	DBO5	SST	DBO5	SST	DBO5	SST	DBO5	SST
17	Quebrada Buenavista	E.S.P. Empresas Públicas del Quindío	446,063.09	374,692.99	278,054.39	233,565.69	281,548.92	236,501.09	285,867.25	240,128.49	290,249.68	243,809.73	187,439.47	187,439.47
	Quebrada La Silenciosa	Condominio Campestre Hotelero Panaca	2,142.52	1,336.44	2,142.52	1,336.44	2,142.52	1,336.44	2,142.52	1,336.44	2,142.52	1,336.44	2,142.52	1,336.44
	Quebrada La Silenciosa	Hotel Decameron Panaca	7,401.03	6,216.87	7,401.03	6,216.87	7,401.03	6,216.87	7,401.03	6,216.87	7,401.03	6,216.87	7,401.03	6,216.87
	Quebrada innominada tributaria Quebrada Buenavista	PTAP Quimbaya	13,595.21	6,525.70	13,595.21	6,525.70	13,595.21	6,525.70	13,595.21	6,525.70	13,595.21	6,525.70	13,595.21	6,525.70
	Carga total del tramo			469,201.85	388,772.00	301,193.15	247,644.70	304,687.68	250,580.10	309,006.01	254,207.50	313,388.44	257,888.74	210,578.23	201,518.48
												Meta global del tramo 17	210,578.23	201,518.48
30	Quebrada Mina Rica	E.S.P. Empresas Públicas del Quindío	0.00	0.00	165,312.52	138,862.52	167,390.13	140,607.71	169,957.52	142,764.32	172,563.02	144,952.94	0.00	0.00
	Carga total del tramo			0.00	0.00	165,312.52	138,862.52	167,390.13	140,607.71	169,957.52	142,764.32	172,563.02	144,952.94	0.00
												Meta global del tramo 30	0.00	0.00

Fuente: Acuerdo CRQ 001 de 2021

1.4. Redes de monitoreo de cantidad y calidad del recurso hídrico

1.4.1. Red hidrometeorológica

En la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista se dispone de información meteorológica en la estación El Vigilante (código 2612500213) la cual fue puesta en operación el 2/7/2022, y se cuenta con información hidrológica en la estación Puerto Alejandría la cual operó en el periodo 1/5/1987 a 27/4/2001 (Tabla 50).

Tabla 50. Estaciones meteorológicas e hidrológicas disponible en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

Estación	El Vigilante	Puerto Alejandría
Código	2612500213	NA
Fecha Inicial	2/7/2022	1/5/1987
Fecha Final	NA	27/4/2001
Tipo de estación	Climática Principal	Limnimétrica
VARIABLES medidas	precipitación, temperatura del aire, temperaturas máxima y mínima a 2 metros, humedad, viento, radiación, brillo solar, evaporación, temperaturas extremas del tanque de evaporación, cantidad de nubes y fenómenos especiales	Nivel
Escala temporal	10 minutos	1 hora
Sitio de muestreo	Vereda El Vigilante	Quebrada Buenavista en centro poblado de Puerto Alejandría
Entidad	CRQ	CRQ
Latitud	4.625	4.6267
Longitud	-75.688056	-75.8567

Debido a la escasa información meteorológica en la unidad hidrográfica, es necesario considerar para el análisis de oferta hídrica la información proveniente de estaciones cercanas. Por ello se consideran para el análisis hidrológico del PORH de la quebrada Buenavista y Tributarios Priorizados las estaciones meteorológicas seleccionadas en la Actualización de la Evaluación Regional del Agua del departamento del Quindío (CRQ y Universidad del Tolima, 2023), las cuales corresponden a 12 estaciones con información de precipitación diaria y cuatro (4) estaciones con información de temperatura del aire (Tabla 51 y Tabla 52). A partir de esta información se realizó una estimación espacial regionalizada de la precipitación y temperatura a escala diaria en el periodo 1990 a 2022.

Tabla 51. Estaciones con series de precipitación diaria seleccionadas

ODIGO	NOMBRE	CATEGORIA	ENTIDAD	ALTITUD	LATITUD	LONGITUD	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	Fecha Inicial	Fecha Final
26100300	Obando [26100300]	PM	IDEAM	986	4.589	-75.966	Valle	Obando	8/15/1967	NA
26120170	Pijao [26120170]	PM	IDEAM	1685	4.333	-75.706	Quindío	Pijao	11/15/1974	NA
26130220	Maracay [26130220]	PM	IDEAM	1201	4.812	-75.843	Risaralda	Pereira	9/15/1978	NA
26120120	Camelia La [26120120]	PM	IDEAM	1240	4.332	-75.835	Valle	Caicedonia	7/15/1971	NA
26100830	Palmasola [26100830]	PM	IDEAM	940	4.688	-75.962	Valle	Cartago	8/15/1980	NA
26125130	Cumbarco [26125130]	CO	IDEAM	1749	4.185	-75.832	Valle	Sevilla	10/15/1973	NA
26125260	Centro De Guadua [26125260]	CO	CRQ	1212	4.400	-75.717	Quindío	Córdoba	1/15/1999	NA
26125061	Aeropuerto El Eden -- Aut [26125061]	SP	IDEAM	1229	4.455	-75.766	Quindío	La Tebaida	7/15/2016	NA
26120300	Navarco [26120300]	PM	CRQ	2278	4.483	-75.550	Quindío	Calarcá	1/15/1971	NA
26125270	Bremen [26125270]	CP	CRQ	2070	4.667	-75.600	Quindío	Filandia	1/15/1999	NA
26130560	Pez Fresco [26130560]	PM	IDEAM	1875	4.733	-75.576	Risaralda	Santa Rosa de Cabal	10/15/1993	NA
26130540	Playa Rica [26130540]	PM	IDEAM	1728	4.757	-75.597	Risaralda	Santa Rosa de Cabal	10/15/1993	NA

Tabla 52. Estaciones con series de temperatura seleccionadas

Código	Nombre	Categoría	Entidad	Altitud	Latitud	Longitud	Departamento	Fecha Inicial	Fecha Final
26125130	Cumbarco [26125130]	CO	IDEAM	1749	4.185056	-75.832361	Valle	10/15/1973	NA
26105140	Barragán [26105140]	CO	IDEAM	2902	4.033056	-75.888028	Valle	9/15/1972	NA
26135040	Aeropuerto Matecaña [26135040]	SP	IDEAM	1342	4.815861	-75.737222	Risaralda	9/15/1947	NA
26125061	Aeropuerto El Edén -- Aut [26125061]	SP	IDEAM	1229	4.454722	-75.766389	Quindío	7/15/2016	NA

Con base en esta línea base de información, la precipitación media anual en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista alcanza 3100 mm/año en la parte alta y presenta valores de menor pluviosidad en la parte baja de la cuenca con 1669 mm/año (Figura 36). La temperatura alcanza 24.3 °C promedio mensual en la parte baja mientras que en la parte alta presenta 18.6 °C (Figura 37).

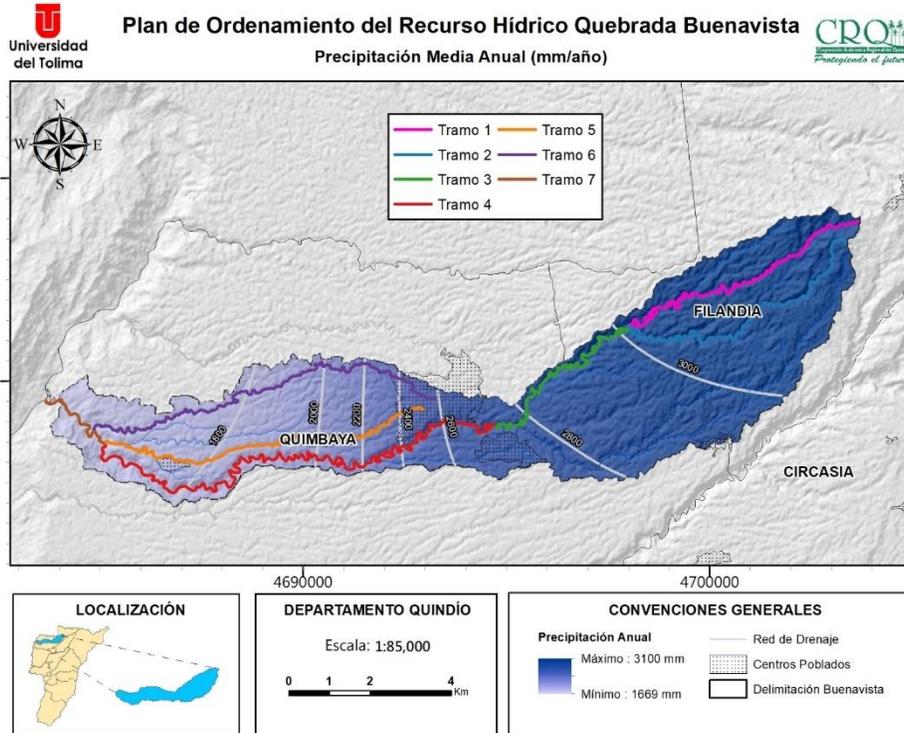


Figura 36. Precipitación media anual en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista en el periodo 1990 a 2022

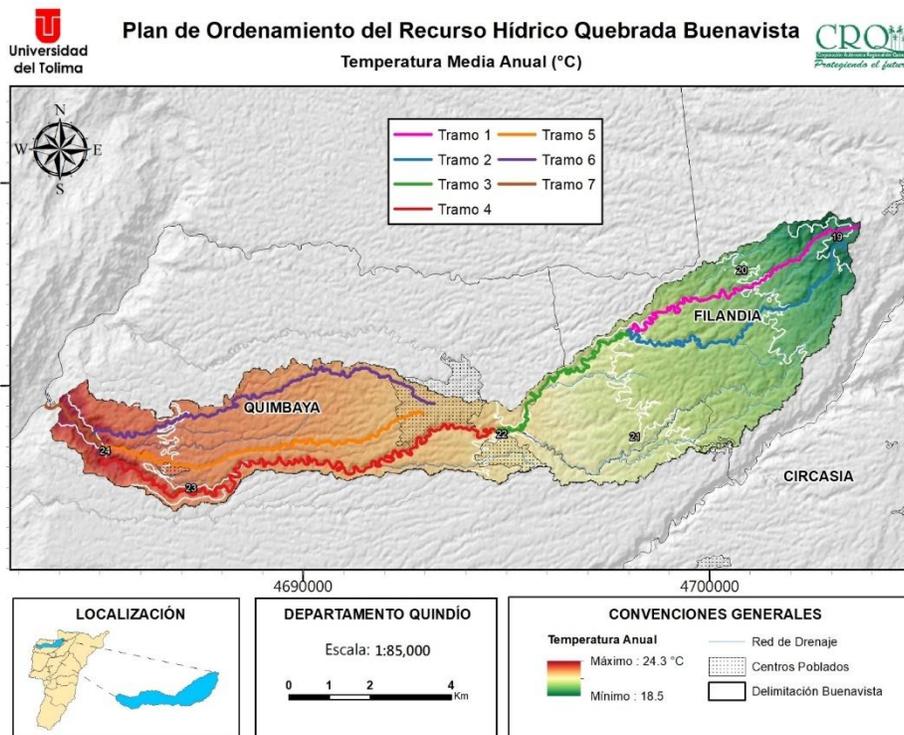


Figura 37. Temperatura media anual en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista en el periodo 1990 a 2022

1.4.2. Red de calidad del agua

La revisión de estudios anteriores de calidad del agua desarrollados sobre la Unidad de la Quebrada Buenavista permitió conocer la distribución de la red de monitoreo fisicoquímico implementado sobre las corrientes hídricas superficiales en los últimos años. Estos estudios son: Evaluación Regional del Agua para el Departamento del Quindío (CRQ, 2017), Objetivos de Calidad del Agua en Fuentes Receptoras de Vertimientos (CRQ, 2019) y la Actualización del Estudio Regional del Agua para el Departamento del Quindío (CRQ, 2023). Otros monitoreos realizados son los de seguimiento y control a la calidad de estas corrientes hídricas por parte de la Autoridad Ambiental para el año 2022.

Se observa un monitoreo continuo específicamente sobre tres sitios de gran importancia ubicados sobre la Quebrada Buenavista como lo son la bocatoma para abastecimiento hídrico de Quimbaya, aguas abajo de la cabecera municipal y aguas arriba de su confluencia al Río La Vieja (Puerto Alejandría). En general, la red de monitoreo de calidad de agua presenta una periodicidad de 2 a 3 años, con excepción de sitios como aguas arriba de la cabecera municipal sobre la Quebrada Buenavista y sobre la Quebrada Armenia con diferencia de 6 años entre monitoreos.

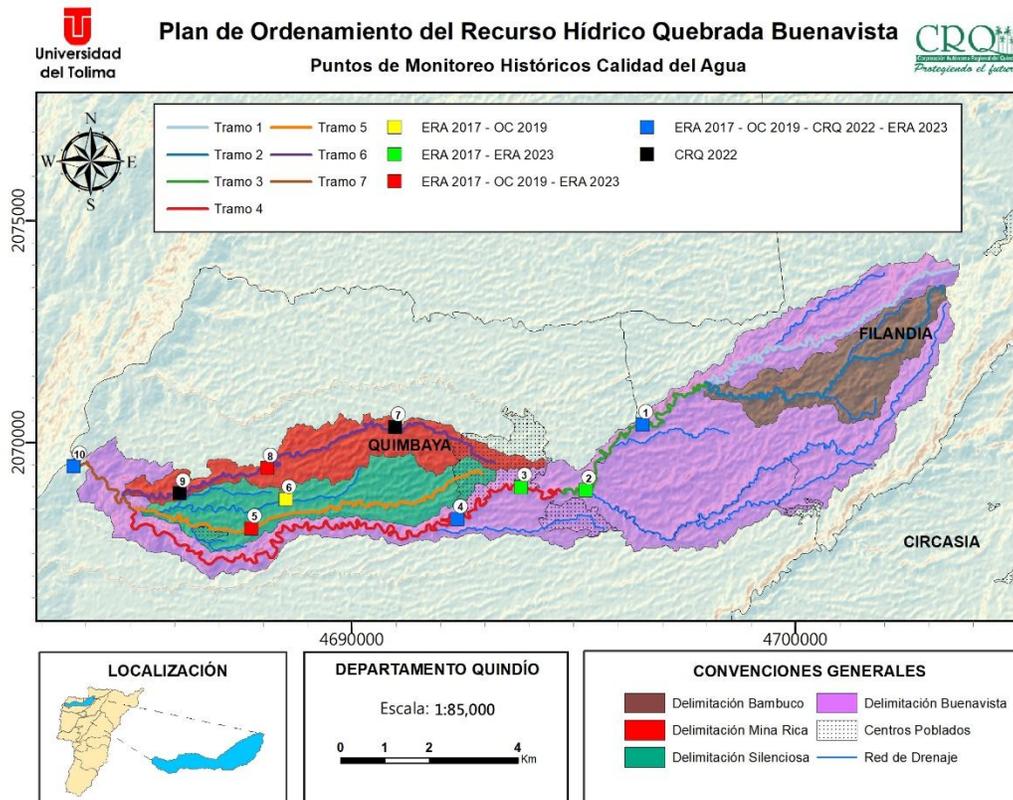


Figura 38. Ubicación espacial de las estaciones en la red de monitoreo histórico de calidad del agua

Tabla 53. Estaciones de monitoreo histórico de calidad del agua en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

Estación	Coord. Y	Coord. X	Fecha Inicial	Fecha Final	Tipo de estación	Variables medidas	Escala temporal	Sitio de muestreo	Entidad/es	Propósito
1	2070397.148	4696560.271	2010	2023	Calidad de Agua	Acidez total, Alcalinidad total, Caudal, Cloruros, Cobre Total, Coliformes Termotolerantes, Coliformes Totales, Conductividad, Cromo Total, DBO5, DQO, Fósforo Reactivo Disuelto, Fósforo total, Grasas y Aceites, Hierro total, Nitratos, Nitritos, Nitrógeno Amoniacal, Nitrógeno Total, Oxígeno Disuelto, pH, Solidos Disueltos Totales, Solidos Suspendidos Totales, Sulfatos, Temperatura, Turbidez, Turbidez, Zinc Total	1 año	Q. Buenavista Bocatoma CP Quimbaya	UT - CRQ	CRQ (2010, 2011, 2012, 2013, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023) ERA (2017) OC (2019) ERA (2023)
2	2068917.901	4695278.963	2017	2023	Calidad de Agua	Nitrógeno Total, Alcalinidad total, Caudal, Conductividad, DBO5, DQO, Fósforo Reactivo Disuelto, Fósforo total, Nitratos, Nitritos, Oxígeno Disuelto, pH, Solidos Disueltos Totales, Solidos Suspendidos Totales, Temperatura, Turbidez	6 años	Q. Armenia aguas arriba confluencia a la Q. Buenavista	UT	ERA (2017) ERA (2023)
3	2068985.818	4693823.674	2017	2023	Calidad de Agua	Nitrógeno Total, Alcalinidad total, Caudal, Conductividad, DBO5, DQO, Fósforo Reactivo Disuelto, Fósforo total, Nitratos, Nitritos, Oxígeno Disuelto, pH, Solidos Disueltos Totales, Solidos Suspendidos Totales, Temperatura, Turbidez	2 años	Q. Buenavista aguas arriba CP Quimbaya	UT	CRQ (2010, 2013, 2015, 2022) ERA (2017) ERA (2023)
4	2068271.602	4692376.761	2017	2023	Calidad de Agua	Alcalinidad total, Arsénico, Cadmio Total, Caudal, Coliformes Termotolerantes, Coliformes Totales, Conductividad, Cromo Total, DBO5, DQO, Fósforo Reactivo Disuelto, Fósforo total, Grasas y Aceites, Mercurio Total, Níquel Total, Nitratos, Nitritos, Nitrógeno Amoniacal, Nitrógeno Total, Oxígeno Disuelto, pH, Plomo, Solidos Disueltos Totales, Solidos Suspendidos Totales, Temperatura, Turbidez	2 años	Q. Buenavista aguas abajo CP Quimbaya	UT - CRQ	CRQ (2010, 2013, 2015, 2022) ERA (2017) OC (2019) ERA (2023)
5	2068055.645	4687734.762	2017	2023	Calidad de Agua	Alcalinidad total, Arsénico, Cadmio Total, Caudal, Coliformes Termotolerantes, Coliformes Totales, Conductividad, Cromo Total, DBO5, DQO, Fósforo Reactivo Disuelto, Fósforo total, Grasas y Aceites, Mercurio Total, Níquel Total, Nitratos, Nitritos, Nitrógeno Amoniacal, Nitrógeno Total, Oxígeno Disuelto, pH, Plomo, Solidos Disueltos Totales, Solidos Suspendidos Totales, Temperatura, Turbidez	3 años	Q. La Silenciosa aguas arriba Decameron-PANACA	UT	ERA (2017) OC (2019) ERA (2023)
6	2068707.732	4688512.865	2017	2019	Calidad de Agua	Arsénico, Cadmio Total, Coliformes Totales, Conductividad, Cromo Total, DBO5, DQO, Fósforo Total, Grasas y Aceites, Mercurio Total, Níquel Total, Nitratos, Nitrógeno Amoniacal, Oxígeno Disuelto, pH, Plomo, Solidos Suspendidos Totales, Temperatura	2 años	Q. Belén	UT	ERA (2017) OC (2019)
7	2070344.434	4690972.567	2022		Calidad de Agua	Conductividad, Cromo Total, DBO5, DQO, Fósforo Total, Grasas y Aceites, Nitratos, pH, Solidos Suspendidos Totales, Temperatura, Nitritos, Coliformes Termotolerantes, Caudal, Coliformes Totales		Q. Mina Rica aguas abajo CP Quimbaya	CRQ	CRQ (2022)
8	2069412.751	4688087.915	2017	2023	Calidad de Agua	Alcalinidad total, Arsénico, Cadmio Total, Caudal, Coliformes Termotolerantes, Coliformes Totales, Conductividad, Cromo Total, DBO5, DQO, Fósforo Reactivo Disuelto, Fósforo total, Grasas y Aceites, Mercurio Total, Níquel Total, Nitratos, Nitritos, Nitrógeno Amoniacal, Nitrógeno Total, Oxígeno Disuelto, pH, Plomo, Solidos Disueltos Totales, Solidos Suspendidos Totales, Temperatura, Turbidez	3 años	Q. Mina Rica vía Puerto Alejandría	UT - CRQ	ERA (2017) OC (2019) ERA (2023)
9	2068853.565	4686120.997	2022		Calidad de Agua	Conductividad, Cromo Total, DBO5, DQO, Fósforo Total, Grasas y Aceites, Nitratos, pH, Solidos Suspendidos Totales, Temperatura, Nitritos, Coliformes Termotolerantes, Caudal, Coliformes Totales		Q. Mina Rica aguas arriba confluencia a la Q. Buenavista	CRQ	CRQ (2022)

Estación	Coord. Y	Coord. X	Fecha Inicial	Fecha Final	Tipo de estación	Variables medidas	Escala temporal	Sitio de muestreo	Entidad/es	Propósito
10	2069451.498	4683724.476	2017	2023	Calidad de Agua	Alcalinidad total, Arsénico, Cadmio Total, Caudal, Coliformes Termotolerantes, Coliformes Totales, Conductividad, Cromo Total, DBO5, DQO, Fósforo Reactivo Disuelto, Fósforo total, Grasas y Aceites, Mercurio Total, Níquel Total, Nitratos, Nitritos, Nitrógeno Amoniacal, Nitrógeno Total, Oxígeno Disuelto, pH, Plomo, Solidos Disueltos Totales, Solidos Suspendidos Totales, Temperatura, Turbidez	2 años	Q. Buenavista Puerto Alejandría	UT - CRQ	CRQ (2010, 2013, 2015, 2022) ERA (2017) OC (2019) ERA (2023)

CRQ: Corporación Autónoma Regional del Quindío, ERA: Evaluación Regional del Agua para el Departamento del Quindío, OC: Objetivos de Calidad.

Tabla 54. Estaciones de monitoreo hidrobiológico histórico en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

Estación	Coord. Y	Coord. X	Fecha Inicial	Fecha Final	Tipo de estación	Variables medidas	Escala temporal	Sitio de muestreo	Entidad/es	Propósito
1	2070382.686	4696536.868	2017	2023	Hidrobiológico	Perifiton, Macroinvertebrados acuáticos, Ictiofauna	6 años	Q. Buenavista aguas arriba Bocatoma CP Quimbaya	UT - CRQ	ERA 2017 ERA 2023
2	2068361.923	4692283.31	2023		Hidrobiológico	Macroinvertebrados acuáticos		Q. Buenavista aguas abajo CP Quimbaya	UT - CRQ	ERA 2023
3	2069451.498	4683724.476	2017	2023	Hidrobiológico	Perifiton, Macroinvertebrados acuáticos, Ictiofauna	6 años	Q. Buenavista Puerto Alejandría	UT - CRQ	ERA 2017 ERA 2023

ERA: Evaluación Regional del Agua para el Departamento del Quindío

1.4.3. Red de monitoreo hidrobiológico

La red de monitoreo hidrobiológico sobre la Unidad Hidrográfica de la Quebrada Buenavista cuenta con dos campañas de monitoreo realizadas en el marco del desarrollo de la Evaluación Regional del Agua para el Departamento del Quindío (CRQ, 2017) y su respectiva actualización (CRQ, 2023). Se identificaron tres sitios de monitoreo sobre la Quebrada Buenavista evaluando Perifiton, macroinvertebrados acuáticos e ictiofauna. Estos sitios son la bocatoma Quimbaya, aguas debajo de la cabecera municipal y aguas arriba de su confluencia al Río La Vieja (Puerto Alejandría).

En general, la periodicidad de red de monitoreo hidrobiológico presenta una periodicidad de 6 años, siendo fundamental un seguimiento más continuo en el tiempo por parte de la Autoridad Ambiental a fin de evaluar de forma adecuada el comportamiento y el estado de estos microhábitats necesarios para preservar la calidad del recurso hídrico.

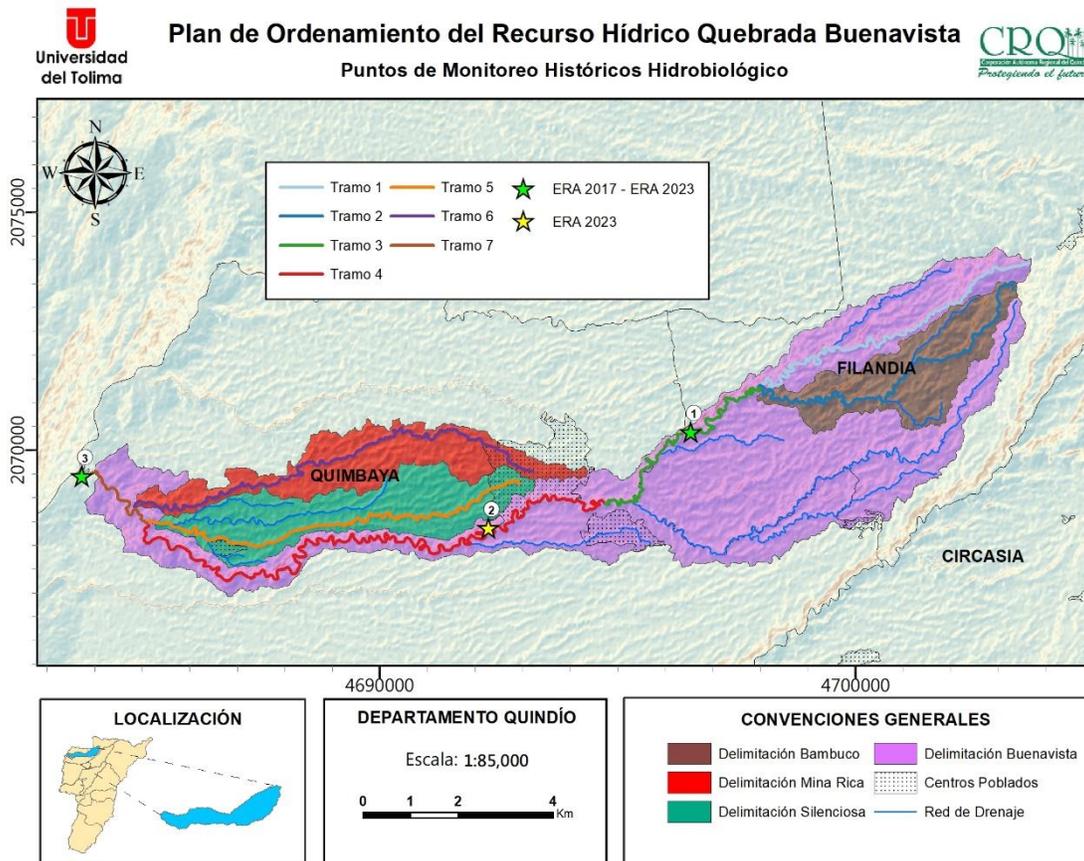


Figura 39. Ubicación espacial de las estaciones en la red de monitoreo hidrobiológico histórico

1.5. Identificación de usuarios y clasificación de los usos actuales del recurso hídrico

Los principales usos del agua constituidos sobre la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista según el reporte de usuarios de la CRQ son doméstico, agrícola, pecuario, piscícola, acuícola, industrial, energético y riego. Estos usos son definidos de acuerdo con el artículo 2.2.3.3.2.1 del decreto 1076 de 2015, en el cual se definen nueve categorías:

- Consumo Humano y Doméstico: Para suplir las necesidades de consumo o abastecimiento doméstico, así como a las diversas industrias y servicios conectados a dichas redes. Igualmente, el agua tomada directamente por el usuario de la fuente hídrica para suplir sus necesidades Agrícola, pecuaria y acuícola para la subsistencia de quienes habitan la vivienda rural dispersa.
- Uso para la preservación de flora y fauna: Actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas acuáticos y terrestres.
- Uso para pesca, maricultura y acuicultura: Actividades de reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies hidrobiológicas.
- Uso agrícola: Utilización para irrigación de cultivos y otras actividades conexas.
- Uso pecuario: Utilización para el consumo del ganado y demás animales y actividades conexas.
- Uso recreativo: Actividades de contacto primario (natación, buceo, baños medicinales) y contacto secundario (deportes náuticos y pesca).
- Uso Industrial: Procesos manufactureros de transformación o explotación, generación de energía, minería, hidrocarburos, elaboración de alimentos destinados a su comercialización, fabricación o procesamiento de drogas, cosméticos, y productos similares.
- Navegación y transporte acuático: Movilización de embarcaciones o materiales por contacto directo con el agua.
- Uso Estético: Armonización y embellecimiento del paisaje.

Se consideran usuarios del recurso hídrico a aquellas personas naturales o jurídicas que aprovechan el agua para el desarrollo de alguna actividad asociada a los usos referidos con anterioridad. Por tanto, las concesiones de agua y los permisos de vertimiento se constituyen en el soporte legal para definir los usos y usuarios actuales en los cuerpos de agua objeto de ordenamiento.

1.5.1. Usuarios con concesiones de agua

A partir de la base de datos de usuarios del recurso hídricos aportado por la CRQ, se realizó el análisis de la información correspondiente a concesiones de agua existentes sobre la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista. En ella se logró la identificación de 28 captación para el abastecimiento del recurso hídrico sobre los cuerpos de agua objeto de ordenamiento y en afluentes principales de estos, destinados principalmente para uso doméstico, pecuario, agrícola y acuícola (Tabla 55). Esta información se estandariza en el formato del registro de usuarios del recurso hídrico del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (RURH anexo).

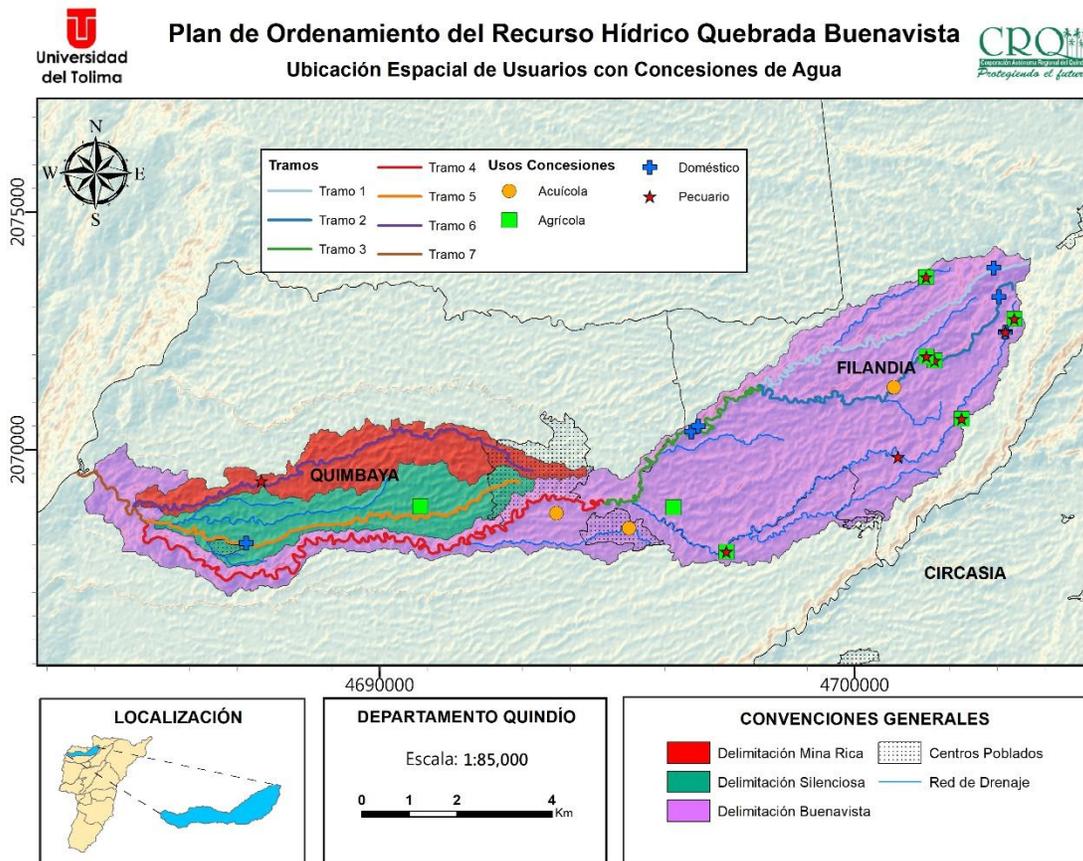


Figura 40. Ubicación espacial de usuario con concesiones de agua sobre la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

Tabla 55. Captaciones identificadas sobre la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

Usuario	Municipio	Vereda	Latitud	Longitud	Altitud (m.s.n.m.)	Uso	Caudal (L/s)
Federación Nacional de Cafeteros de Colombia - Comité Departamental de Cafeteros del Quindío	Filandia	Cruces	4.645389	-75.689778	1632	Agrícola	8.17
Federación Nacional de Cafeteros de Colombia - Comité Departamental de Cafeteros del Quindío	Filandia	Cruces	4.645389	-75.689778	1632	Pecuario	3.03
Federación Nacional de Cafeteros de Colombia - Comité Departamental de Cafeteros del Quindío	Filandia	Bambuco Alto	4.646139	-75.691333	1624	Agrícola	2.05
Federación Nacional de Cafeteros de Colombia - Comité Departamental de Cafeteros del Quindío	Filandia	Bambuco Alto	4.646139	-75.691333	1624	Pecuario	1.05
Federación Nacional de Cafeteros de Colombia - Comité Departamental de Cafeteros del Quindío	Filandia	Vergel	4.66125	-75.691472	1700	Agrícola	3.07
Federación Nacional de Cafeteros de Colombia - Comité Departamental de Cafeteros del Quindío	Filandia	Vergel	4.66125	-75.691472	1700	Pecuario	0.775
Empresas Públicas Del Quindío E.P.Q.S.A. - ESP	Filandia	Paraíso	4.631667	-75.735833	1363	Doméstico	130
Acueducto Regional Rural de Filandia	Filandia	Bambuco Alto	4.663056	-75.67865	1783	Doméstico	0.92
Acueducto Regional Rural de Filandia	Filandia	Bambuco Alto	4.657508	-75.677636	1849	Doméstico	0.47
Persona Natural 1	Filandia	Paraíso	4.640278	-75.6975	1550	Pecuario	0.066
Persona Natural 1	Filandia	Paraíso	4.640278	-75.6975	1550	Acuícola	0.094
Federación Nacional de Cafeteros de Colombia - Comité Departamental de Cafeteros del Quindío	Quimbaya	Naranjal	4.634361	-75.684639	1637	Agrícola	6.6
Federación Nacional de Cafeteros de Colombia - Comité Departamental de Cafeteros del Quindío	Quimbaya	Naranjal	4.634361	-75.684639	1637	Pecuario	1.9
Federación Nacional de Cafeteros de Colombia - Comité Departamental de Cafeteros del Quindío	Filandia	Vigilante	4.653333	-75.674722	1730	Agrícola	1.425
Federación Nacional de Cafeteros de Colombia - Comité Departamental de Cafeteros del Quindío	Filandia	Vigilante	4.653333	-75.674722	1730	Pecuario	0.5341
Federación Nacional de Cafeteros de Colombia - Comité Departamental de Cafeteros del Quindío	Quimbaya	Naranjal	4.608889	-75.729167	1767	Agrícola	35.6

Usuario	Municipio	Vereda	Latitud	Longitud	Altitud (m.s.n.m.)	Uso	Caudal (L/s)
Federación Nacional de Cafeteros de Colombia - Comité Departamental de Cafeteros del Quindío	Quimbaya	Naranjal	4.608889	-75.729167	1767	Pecuario	9.4
Tulipanes de Colombia SAS	Filandia	Cauchera	4.650833	-75.676389	1700	Doméstico	0.005
Tulipanes de Colombia SAS	Filandia	Cauchera	4.650833	-75.676389	1700	Pecuario	0.025
Asociación de Usuarios del Acueducto La Silenciosa	Quimbaya	Kerman	4.610119	-75.820147	1170	Doméstico	11
Persona Natural 2	Quimbaya	Quimbaya	4.621975	-75.817344	1160	Pecuario	0.226
Persona Natural 3	Quimbaya	Tres Esquinas	4.613278	-75.747653	1345	Acuícola	0.05
Persona Natural 4	Filandia	Paraíso	4.61725	-75.739222	1402	Doméstico	0.05
Persona Natural 4	Filandia	Paraíso	4.61725	-75.739222	1402	Agrícola	0.5
Persona Natural 5	Quimbaya	Esmeralda	4.616111	-75.761389	1300	Acuícola	0.49
Persona Natural 6	Quimbaya	Ceilán	4.617284	-75.787193	1220	Agrícola	2.125
Persona Natural 7	Filandia	La Cima	4.632722	-75.734528	1375	Doméstico	0.016
Jurídico Privado	Filandia	El Vigilante	4.626733	-75.696661	1550	Pecuario	1.71

Fuente: Corporación Autónoma Regional del Quindío (CRQ, 2023)

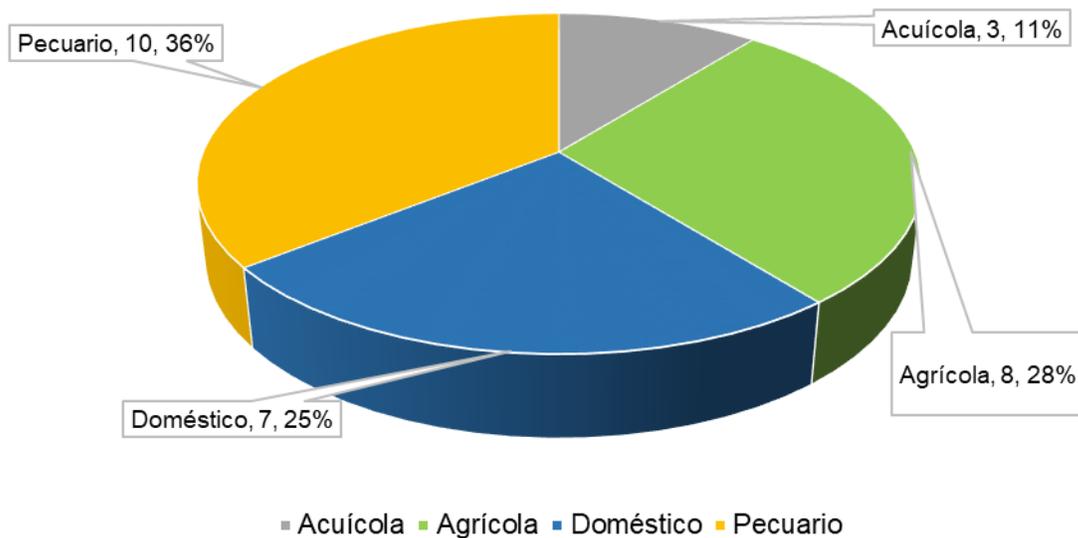


Figura 41. Distribución porcentual de las concesiones de agua por tipos de usos para la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

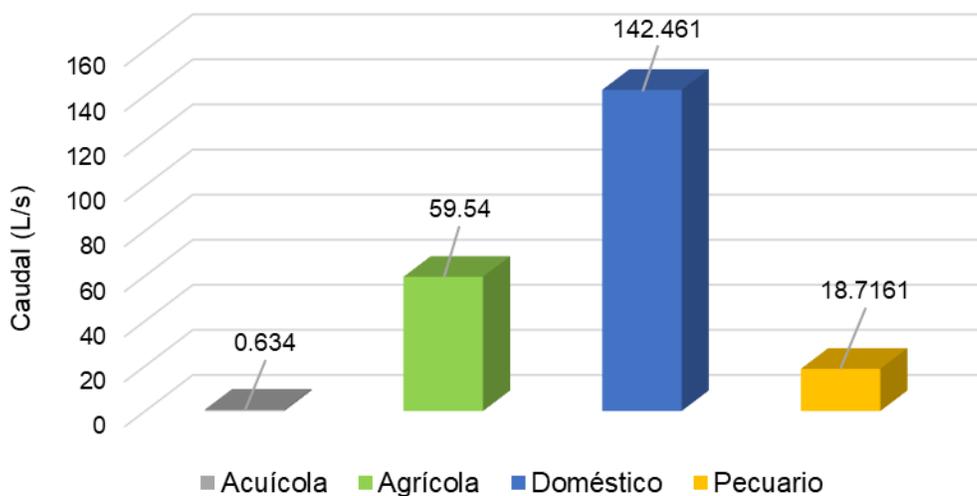


Figura 42. Caudal total concesionado por tipo de uso sobre la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

1.5.2. Usuarios con permiso de vertimiento

A partir del inventario de puntos de vertimiento reportados en el PSMV del municipio de Quimbaya y la base de datos de usuarios de tasa retributiva de la CRQ, se identificaron todas aquellas descargas residuales existentes sobre las fuentes hídricas objeto de ordenamiento y sus afluentes. En la Tabla 56 se presenta el listado vertimientos por sector: doméstico (16), turístico (3) y comercial-servicios (1).

Las descargas domésticas son provenientes del casco urbano de Quimbaya, las cuales están plenamente identificadas dentro de su PSMV y son objeto de eliminación de acuerdo con el cronograma de saneamiento, a excepción del vertimiento doméstico del Centro Poblado Puerto Alejandría. Estas descargas domésticas se sitúan principalmente sobre la quebrada Buenavista (8), Mina Rica (5) y La Silenciosa (2). Las descargas del sector turístico son provenientes de las PTAR Fincas PANACA y Decameron PANACA, identificadas mediante la base de datos de usuarios de tasa retributiva de la CRQ, contando con monitoreos sistemáticos por parte de la autoridad ambiental para control y seguimiento de la carga vertida. Por último, la descarga del sector comercial-servicios es proveniente del hospital Sagrado Corazón de Jesús de Quimbaya.

Los puntos de vertimiento se han codificado siguiendo el código establecido previamente en el PSMV. En aquellos casos en los que no fue posible seguir dicho código, se asignó un código adecuado. Este código es esencial para su identificación dentro de la estructura conceptual del modelo de calidad de agua.

Tabla 56. Puntos de vertimiento identificados sobre la quebrada Buenavista y tributarios priorizados

Sector	Usuario	Municipio	Código	Fuente Hídrica	Latitud*	Longitud*
Doméstico	Municipio de Quimbaya	Quimbaya	QBD1	Quebrada Buenavista	2068944.852	4694092.409
	Municipio de Quimbaya	Quimbaya	QBD2	Quebrada Buenavista	2068882.799	4694246.338
	Municipio de Quimbaya	Quimbaya	QBD3	Quebrada Buenavista	2069161.624	4693661.58
	Municipio de Quimbaya	Quimbaya	QBD4	Quebrada Buenavista	2069007.864	4693691.817
	Municipio de Quimbaya	Quimbaya	QBD5	Quebrada Buenavista	2069038.951	4693599.436
	Municipio de Quimbaya	Quimbaya	QBD6	Quebrada Buenavista	2069039.67	4693414.437
	Municipio de Quimbaya	Quimbaya	QBD7	Quebrada Buenavista	2069224.159	4693384.32
	Municipio de Quimbaya	Quimbaya	QBD8	Quebrada Buenavista	2068611.996	4692765.26
	Municipio de Quimbaya	Quimbaya	QAD9	Quebrada Mina Rica	2069841.245	4692739.218
	Municipio de Quimbaya	Quimbaya	QAD10	Quebrada Mina Rica	2069872.093	4692708.505
	Municipio de Quimbaya	Quimbaya	QAD11	Quebrada Mina Rica	2069749.18	4692708.025
	Municipio de Quimbaya	Quimbaya	QAD11A	Quebrada Mina Rica	2069656.876	4692738.499
	Municipio de Quimbaya	Quimbaya	QAD12	Quebrada Mina Rica	2069902.941	4692677.792
Municipio de Quimbaya	Quimbaya	QAD13	Quebrada La Silenciosa	2069412.373	4692398.373	

Sector	Usuario	Municipio	Código	Fuente Hídrica	Latitud*	Longitud*
Turístico	Municipio de Quimbaya	Quimbaya	QAD14	Quebrada La Silenciosa	2069318.865	4692737.18
	Centro Poblado Puerto Alejandría	Quimbaya	VBvta2	Quebrada Buenavista	2069508.386	4683672.481
	PTAR 1 - Fincas PANACA	Quimbaya	VSilen1	Quebrada Buenavista	2068129.082	4686551.051
	PTAR 2 - Fincas PANACA	Quimbaya	VSilen2	Quebrada La Silenciosa	2068074.104	4686388.945
	PTAR Decameron PANACA	Quimbaya	VSilen3	Quebrada La Silenciosa	2067934.112	4686509.266
Comercial - Servicios	Hospital Sagrado Corazón de Jesús Quimbaya	Armenia	VBvta1	Quebrada Buenavista	2069162.823	4693353.248

Fuente: Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) del municipio de Quimbaya (EPQ, 2017) y Usuarios Tasa Reintegrativa (CRQ, 2022). * Sistemas de coordenadas Magna Sirgas Origen Nacional (EPSG: 9377)

De igual manera, es pertinente tener en cuenta posibles descargas residuales directas e indirectas a las fuentes hídricas producto del desarrollo de actividades pecuarias. Por lo anterior, se consultó la base de datos de granjas porcícolas y avícolas de la CRQ con el fin de espacializar y caracterizar estas actividades dentro del área drenante de los cuerpos de agua objeto de ordenamiento y entender posibles cambios en la calidad del agua por agentes contaminantes. La Tabla 57 muestra las actividades pecuarias avícolas y porcícolas establecidas sobre la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista, presentando en total 22 granjas porcícolas localizadas principalmente al margen de las quebradas Buenavista, La Arenosa, Armenia y Agua Sucia; y 3 granjas avícolas con influencia en las quebradas Armenia y Agua Sucia. Esta información se estandariza en el formato del registro de usuarios del recurso hídrico del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (RURH anexo).

Tabla 57. Usuarios actividad porcícola y avícola sobre la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

Sector	Municipio	Código	Fuente Hídrica	Latitud*	Longitud*
Pecuario - porcícola	Filandia	VPorc1	Quebrada Buenavista	2072267.838	4700931.438
	Filandia	VPorc2	Quebrada Agua Bonita	2072569.157	4700075.497
	Filandia	VPorc3	Quebrada Bambuco	2073583.22	4703276.466
	Filandia	VPorc4	Quebrada Fachadas	2071087.419	4701873.454
	Filandia	VPorc5	Quebrada Fachadas	2070842.346	4700870.508
	Filandia	VPorc6	Quebrada Buenavista	2070573.154	4698945.593
	Filandia	VPorc7	Quebrada La Arenosa	2069998.509	4697355.537
	Filandia	VPorc8	Quebrada La Arenosa	2069990.089	4697148.917
	Filandia	VPorc9	Quebrada La Arenosa	2069894.148	4696528.816
	Filandia	VPorc10	Quebrada La Arenosa	2069918.882	4696488.83
	Filandia	VPorc11	Quebrada La Arenosa	2069916.544	4696297.661

Sector	Municipio	Código	Fuente Hídrica	Latitud*	Longitud*
	Filandia	VPorc12	Quebrada Buenavista	2069811.6	4697219.147
	Filandia	VPorc13	Quebrada Buenavista	2068866.039	4697798.254
	Filandia	VPorc14	Quebrada Armenia	2072356.528	4703466.044
	Filandia	VPorc15	Quebrada Armenia	2072348.787	4703074.469
	Filandia	VPorc16	Quebrada Armenia	2071439.712	4702963.121
	Quimbaya	VPorc17	Quebrada Armenia	2069222.783	4699325.829
	Filandia	VPorc18	Quebrada La Sirena	2068977.376	4700832.596
	Quimbaya	VPorc19	Quebrada Agua Sucia	2068290.782	4694771.297
	Quimbaya	VPorc20	Quebrada Agua Sucia	2067954.949	4693416.391
	Quimbaya	VPorc21	Quebrada Agua Sucia	2067961.1	4693413.329
	Quimbaya	VPorc22	Quebrada Buenavista	2067587.17	4687673.488
	Pecuario - Avícola	Quimbaya	VAvi1	Quebrada Armenia	2070271.024	4700819.008
Quimbaya		VAvi2	Quebrada Armenia	2069750.154	4700428.547
Quimbaya		VAvi3	Quebrada Agua Sucia	2067845.952	4692207.26

Fuente: Base de datos del sector Avícola y Porcícola (CRQ, 2020). * Sistemas de coordenadas Magna Sirgas Origen Nacional (EPSG: 9377)

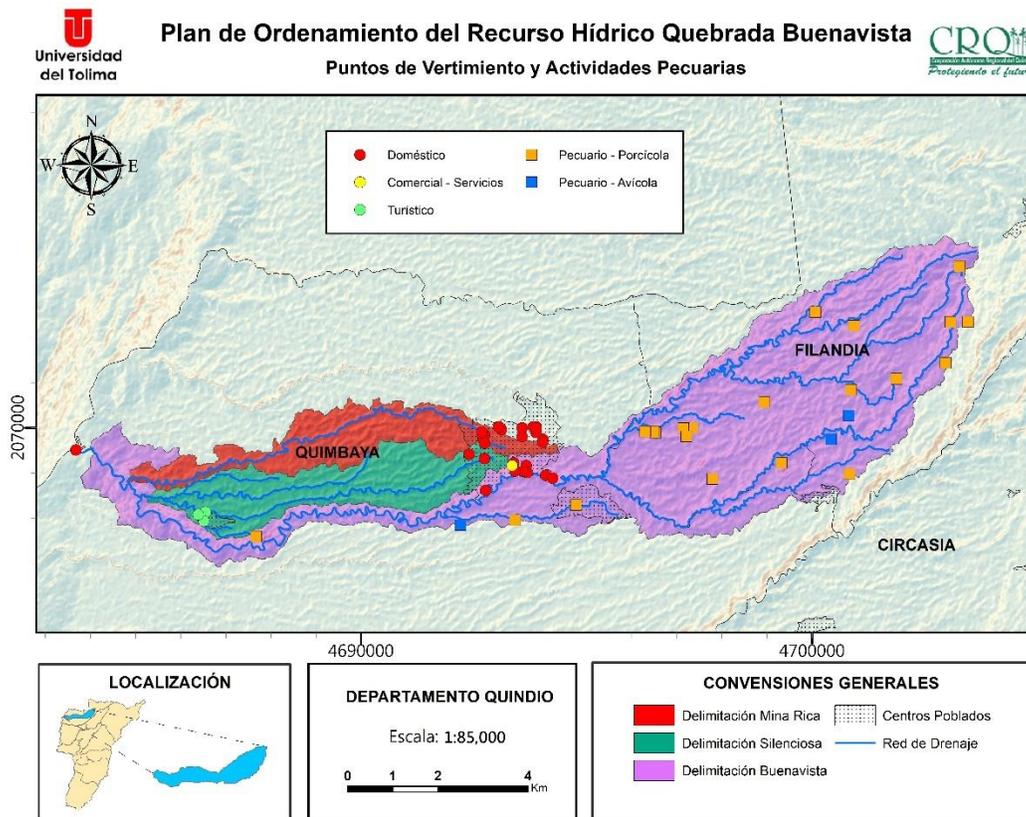


Figura 43. Espacialización de puntos de vertimiento y actividades agrícolas sobre la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

1.5.3. Definición de tramos o sectores de análisis

La definición de los tramos objeto de análisis en la formulación del PORH de la quebrada Buenavista y tributarios priorizados está fundamentada tanto en la división de los tramos para establecer los objetivos de calidad (CRQ, 2019) sobre la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista como en los criterios expuestos en la Guía para el Ordenamiento del Recurso Hídrico Superficial (MINAMBIENTE, 2018). Este último, establece los siguientes criterios:

- Relacionar características homogéneas desde el punto de vista hidrológico, hidráulico, geomorfológico, ecológico, de usos del agua y del suelo y/o de la calidad del recurso hídrico.
- Considerar los límites de los niveles subsiguientes o microcuencas del cuerpo de agua en ordenamiento como puntos de cierre en la definición de los tramos.
- Considerar la caracterización hidromorfológica desde una visión jerárquica de procesos, permitiendo encontrar relaciones entre las características hidráulicas, geomorfológicas, de calidad del agua e hidrobiológicas en sitios no monitoreados dentro de la red de drenaje.

En cuanto a los tramos considerados en la definición de los objetivos de calidad para la quebrada Buenavista (Tabla 47), estos presentan una división muy amplia la cual no logra caracterizar de manera adecuada el comportamiento de los sistemas hídricos a ordenar en el PORH considerando la escala de detalle del ordenamiento, siendo necesaria una discretización en los tramos establecidos y así considerar con mayor detalle la variabilidad en los usos potenciales y actuales del recurso, y las presiones ejercidas por usuarios de concesiones de agua y vertimientos. En tal sentido, se definieron los siguientes tramos para el proceso de ordenamiento del recurso hídrico de la quebrada Buenavista y tributarios priorizados:

Tabla 58. Tramos de análisis definidos para el PORH de la quebrada Buenavista

Tramo	Corriente	Descripción	Longitud (km)	Posición	Latitud	Longitud	CTM12_Y	CTM12_X	OESTE_Y	OESTE_X
1	Quebrada Buenavista	Desde nacimiento quebrada Buenavista - Hasta la confluencia de la quebrada Bambuco	9.23	Inicio	04° 39' 50.74" N	075° 40' 19.49" W	2073939.3	4703654.2	1007663.3	1155952.3
				Final	04° 38' 25.98" N	075° 43' 23.35" W	2071356.7	4697975.9	1005047.9	1150289.2
2	Quebrada Bambuco	Desde nacimiento quebrada Bambuco - Hasta la confluencia a la quebrada Buenavista	9.16	Inicio	04° 39' 32.16" N	075° 40' 30.08" W	2073369.8	4703325.6	1007091.9	1155627.0
				Final	04° 38' 25.98" N	075° 43' 23.35" W	2071356.7	4697975.9	1005047.9	1150289.2
3	Quebrada Buenavista	Desde la confluencia de la quebrada Bambuco - Hasta aguas arriba del centro poblado Quimbaya	7.24	Inicio	04° 38' 25.98" N	075° 43' 23.35" W	2071356.7	4697975.9	1005047.9	1150289.2
				Final	04° 37' 6.85" N	075° 45' 5.35" W	2068937.5	4694821.7	1002610.8	1147149.1
4	Quebrada Buenavista	Desde aguas arriba del centro poblado Quimbaya - Hasta la confluencia de la quebrada La Silenciosa	18.16	Inicio	04° 37' 6.85" N	075° 45' 5.35" W	2068937.5	4694821.7	1002610.8	1147149.1
				Final	04° 36' 49.89" N	075° 50' 20.64" W	2068454.6	4685097.9	1002072.3	1137429.6
5	Quebrada La Silenciosa	Desde nacimiento de la quebrada La Sopera - Hasta la confluencia a la quebrada Buenavista	9.83	Inicio	04° 37' 18.34" N	075° 46' 6.47" W	2069297.7	4692938.5	1002960.1	1145264.0
				Final	04° 36' 49.89" N	075° 50' 20.64" W	2068454.6	4685097.9	1002072.3	1137429.6

Tramo	Corriente	Descripción	Longitud (km)	Posición	Latitud	Longitud	CTM12_Y	CTM12_X	OESTE_Y	OESTE_X
6	Quebrada Mina Rica	Desde nacimiento de la quebrada Mina Rica - Hasta la confluencia a la quebrada Buenavista	11.58	Inicio	04° 37' 26.87" N	075° 45' 57.41" W	2069558.8	4693218.9	1003222.8	1145542.9
				Final	04° 36' 59.58" N	075° 50' 29.05" W	2068753.1	4684839.8	1002369.3	1137169.8
7	Quebrada Buenavista	Desde la confluencia de la quebrada La Silenciosa - Hasta la confluencia al río La Vieja	2.61	Inicio	04° 36' 49.89" N	075° 50' 20.64" W	2068454.6	4685097.9	1002072.3	1137429.6
				Final	04° 37' 24.49" N	075° 51' 7.63" W	2069523.5	4683653.0	1003132.6	1135978.9

Nota: Las coordenadas referenciadas en la presente tabla como CTM12 corresponden al sistema de proyección MAGNA-SIRGAS Origen Nacional (EPSG: 9377), adoptado como el sistema de proyección cartográfica oficial para Colombia mediante la Resolución 370 de 2021. Por su parte, las coordenadas identificadas como OESTE corresponden al sistema de proyección MAGNA-SIRGAS Colombia Oeste (EPSG: 3115), implementado por la CRQ.

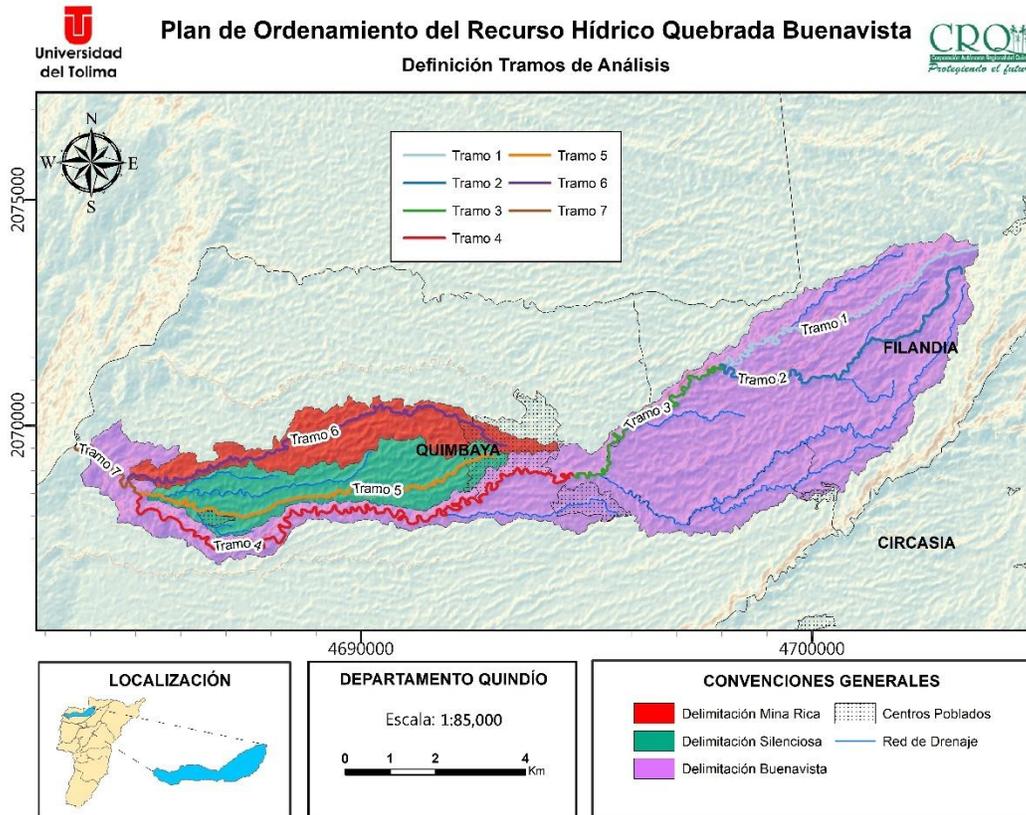


Figura 44. Espacialización de los tramos de análisis definidos en el PORH de la quebrada Buenavista

En total se definieron siete (7) tramos o unidades mínimas de análisis para estructurar espacialmente los resultados de la formulación del PORH sobre las fuentes hídricas a ordenar (Figura 44). El Tramo 1 (quebrada Buenavista) es abordado desde el nacimiento de la quebrada Buenavista hasta la confluencia de la quebrada Bambuco, siendo este un punto inicial de referencia de las condiciones naturales del cuerpo hídrico y un punto de cierre al presentarse un afluente principal como lo es la quebrada Bambuco. El Tramo 2 (quebrada Bambuco), comprende desde el nacimiento de la quebrada Bambuco hasta su confluencia a la quebrada Buenavista, caracterizada principalmente por las captaciones para el consumo humano por parte del Acueducto Regional Rural de Filandia en la parte alta de la corriente.

El Tramo 3 (quebrada Buenavista), es abordado desde la confluencia de la quebrada Bambuco hasta aguas arriba del centro poblado de Quimbaya, corresponde a un importante sector ya que en este se encuentra ubicada la captación para el abastecimiento del casco urbano, siendo este un uso de primera necesidad, además de presentarse la confluencia al cauce principal de la quebrada Armenia como aportante a

las características fisicoquímicas de la corriente, y un segundo punto de referencia antes de su paso por el centro poblado. El Tramo 4 (quebrada Buenavista) es definido desde aguas arriba del centro poblado de Quimbaya hasta la confluencia de la quebrada La Silenciosa, el cual corresponde a un sector con grandes alteraciones fisicoquímicas sobre la quebrada Buenavista debido a la descarga de aguas residuales domésticas, industriales y comerciales provenientes del casco urbano de Quimbaya, siendo necesario un análisis de su capacidad de autodepuración y asimilación de agentes contaminantes a lo largo de este.

El Tramo 5 (quebrada La Silenciosa), definido desde el nacimiento de la quebrada La Silenciosa (quebrada La Sapera) hasta su confluencia sobre la quebrada Buenavista, es receptor de aguas residuales domésticos en la parte alta, producto de las descargas del casco urbano de Quimbaya, y en la parte baja, por descargas de aguas residuales del sector turismo. El Tramo 6 (quebrada Mina Rica) definido desde el nacimiento de la quebrada Mina Rica hasta su confluencia sobre la quebrada Buenavista, es igualmente receptor de aguas residuales domésticas del casco urbano de Quimbaya en la parte alta, siendo esta una fuente alterada por vertimientos puntuales.

Por último, el Tramo 7 (quebrada Buenavista) abordado desde la confluencia de la quebrada La Silenciosa hasta la confluencia sobre el río La Vieja, analiza la capacidad de recuperación de la fuente hídrica y el estado de calidad en su punto de desembocadura.

1.6. Oferta Hídrica Total (OHTS), Oferta Hídrica Total Disponible (OHTD) e Indicadores de Estado del Recurso Hídrico

1.6.1. OHTS, Caudal Ambiental y OHTD para los tramos en ordenamiento

El **Tramo 1** presenta un caudal anual en año medio de $0.2 \text{ m}^3/\text{s}$, con un caudal en el mes más seco de $0.137 \text{ m}^3/\text{s}$ y un caudal de $0.266 \text{ m}^3/\text{s}$ en el mes más húmedo. Este tramo presenta un caudal ambiental que varía de $0.101 \text{ m}^3/\text{s}$ en septiembre a $0.185 \text{ m}^3/\text{s}$ en diciembre, generando una oferta hídrica disponible que varía entre 0.037 y $0.081 \text{ m}^3/\text{s}$ (Tabla 59 y Figura 45). En año seco, el caudal anual se reduce en este tramo a $0.144 \text{ m}^3/\text{s}$, con un caudal en el mes más seco de 0.091 y $0.164 \text{ m}^3/\text{s}$ en el mes más húmedo. El caudal ambiental en año seco se reduce y varía de $0.088 \text{ m}^3/\text{s}$ en septiembre a $0.148 \text{ m}^3/\text{s}$ en diciembre, generando una oferta hídrica disponible que varía entre 0.003 y $0.026 \text{ m}^3/\text{s}$ (Tabla 60 y Figura 46).

El **Tramo 2** presenta un caudal anual en año medio de $0.223 \text{ m}^3/\text{s}$, con un caudal en el mes más seco de $0.144 \text{ m}^3/\text{s}$ y un caudal de $0.304 \text{ m}^3/\text{s}$ en el mes más húmedo. Este tramo presenta un caudal ambiental que varía de $0.101 \text{ m}^3/\text{s}$ en septiembre a $0.206 \text{ m}^3/\text{s}$ en diciembre, generando una oferta hídrica disponible que varía entre 0.043 y $0.099 \text{ m}^3/\text{s}$ (Tabla 61 y Figura 47). En año seco, el caudal anual se reduce en este tramo a $0.154 \text{ m}^3/\text{s}$, con un caudal en el mes más seco de 0.088 y $0.179 \text{ m}^3/\text{s}$ en el mes más húmedo. El caudal ambiental en año seco se reduce y varía de $0.085 \text{ m}^3/\text{s}$ en septiembre a $0.159 \text{ m}^3/\text{s}$ en diciembre, generando una oferta hídrica disponible que varía entre 0.004 y $0.030 \text{ m}^3/\text{s}$ (Tabla 62 y Figura 48).

El **Tramo 3** presenta un caudal anual en año medio de $1.037 \text{ m}^3/\text{s}$, con un caudal en el mes más seco de $0.684 \text{ m}^3/\text{s}$ y un caudal de $1.391 \text{ m}^3/\text{s}$ en el mes más húmedo. Este tramo presenta un caudal ambiental que varía de $0.488 \text{ m}^3/\text{s}$ en septiembre a $0.938 \text{ m}^3/\text{s}$ en diciembre, generando una oferta hídrica disponible que varía entre 0.196 y $0.454 \text{ m}^3/\text{s}$ (Tabla 63 y Figura 49). En año seco, el caudal anual se reduce en este tramo a $0.719 \text{ m}^3/\text{s}$, con un caudal en el mes más seco de 0.426 y $0.814 \text{ m}^3/\text{s}$ en el mes más húmedo. El caudal ambiental en año seco se reduce y varía de $0.408 \text{ m}^3/\text{s}$ en septiembre a $0.728 \text{ m}^3/\text{s}$ en diciembre, generando una oferta hídrica disponible que varía entre 0.017 y $0.125 \text{ m}^3/\text{s}$ (Tabla 64 y Figura 50).

El **Tramo 4** presenta un caudal anual en año medio de $1.294 \text{ m}^3/\text{s}$, con un caudal en el mes más seco de $0.884 \text{ m}^3/\text{s}$ y un caudal de $1.693 \text{ m}^3/\text{s}$ en el mes más húmedo. Este tramo presenta un caudal ambiental que varía de $0.635 \text{ m}^3/\text{s}$ en septiembre a $1.161 \text{ m}^3/\text{s}$ en diciembre, generando una oferta hídrica disponible que varía entre 0.249 y $0.533 \text{ m}^3/\text{s}$ (Tabla 65 y Figura 51). En año seco, el caudal anual se reduce en este tramo a $0.887 \text{ m}^3/\text{s}$, con un caudal en el mes más seco de 0.551 y $0.991 \text{ m}^3/\text{s}$ en el mes más húmedo. El

caudal ambiental en año seco se reduce y varía de 0.531 m³/s en septiembre a 0.892 m³/s en diciembre, generando una oferta hídrica disponible que varía entre 0.020 y 0.142 m³/s (Tabla 66 y Figura 52).

El **Tramo 5** presenta un caudal anual en año medio de 0.191 m³/s, con un caudal en el mes más seco de 0.164 m³/s y un caudal de 0.208 m³/s en el mes más húmedo. Este tramo presenta un caudal ambiental que varía de 0.125 m³/s en septiembre a 0.156 m³/s en diciembre, generando una oferta hídrica disponible que varía entre 0.039 y 0.055 m³/s (Tabla 67 y Figura 53). En año seco, el caudal anual se reduce en este tramo a 0.135 m³/s, con un caudal en el mes más seco de 0.117 y 0.153 m³/s en el mes más húmedo. El caudal ambiental en año seco se reduce y varía de 0.114 m³/s en septiembre a 0.142 m³/s en noviembre, generando una oferta hídrica disponible que varía entre 0.003 y 0.020 m³/s (Tabla 68 y Figura 54).

El **Tramo 6** presenta un caudal anual en año medio de 0.173 m³/s, con un caudal en el mes más seco de 0.149 m³/s y un caudal de 0.193 m³/s en el mes más húmedo. Este tramo presenta un caudal ambiental que varía de 0.111 m³/s en septiembre a 0.139 m³/s en noviembre, generando una oferta hídrica disponible que varía entre 0.037 y 0.054 m³/s (Tabla 69 y Figura 55). En año seco, el caudal anual se reduce en este tramo a 0.121 m³/s, con un caudal en el mes más seco de 0.104 y 0.140 m³/s en el mes más húmedo. El caudal ambiental en año seco se reduce y varía de 0.100 m³/s en septiembre a 0.124 m³/s en noviembre, generando una oferta hídrica disponible que varía entre 0.003 y 0.022 m³/s (Tabla 70 y Figura 56).

El **Tramo 7** presenta un caudal anual en año medio de 1.702 m³/s, con un caudal en el mes más seco de 1.238 m³/s y un caudal de 2.135 m³/s en el mes más húmedo. Este tramo presenta un caudal ambiental que varía de 0.909 m³/s en septiembre a 1.507 m³/s en diciembre, generando una oferta hídrica disponible que varía entre 0.329 y 0.628 m³/s (Tabla 71 y Figura 57). En año seco, el caudal anual se reduce en este tramo a 1.177 m³/s, con un caudal en el mes más seco de 0.804 y 1.447 m³/s en el mes más húmedo. El caudal ambiental en año seco se reduce y varía de 0.777 m³/s en septiembre a 1.381 m³/s en noviembre, generando una oferta hídrica disponible que varía entre 0.027 y 0.168 m³/s (Tabla 72 y Figura 58).

1.6.1.1. Tramo 1: Desde nacimiento quebrada Buenavista - Hasta la confluencia de la quebrada Bambuco

Tabla 59. Oferta hídrica total, caudal ambiental y oferta hídrica disponible en año medio para el tramo 1

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Tramo 1	OHTS (m ³ /s)	0.233	0.209	0.211	0.216	0.218	0.196	0.161	0.139	0.137	0.178	0.242	0.266
	CA (m ³ /s)	0.167	0.150	0.140	0.148	0.153	0.145	0.119	0.102	0.101	0.120	0.174	0.185
	OHTD (m ³ /s)	0.066	0.059	0.071	0.068	0.065	0.051	0.042	0.037	0.037	0.058	0.068	0.081

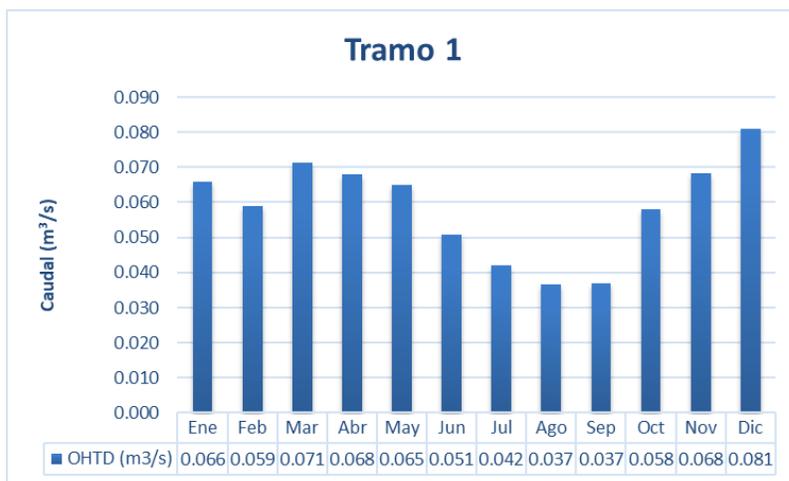


Figura 45. Oferta hídrica total disponible en año medio para el tramo 1

Tabla 60. Oferta hídrica total, caudal ambiental y oferta hídrica disponible en año seco para el tramo 1

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Tramo 1	OHTS (m ³ /s)	0.153	0.130	0.150	0.163	0.188	0.153	0.119	0.103	0.091	0.130	0.184	0.164
	CA (m ³ /s)	0.141	0.123	0.125	0.149	0.177	0.138	0.113	0.098	0.088	0.110	0.177	0.148
	OHTD (m ³ /s)	0.012	0.006	0.026	0.015	0.012	0.015	0.006	0.005	0.003	0.021	0.007	0.016

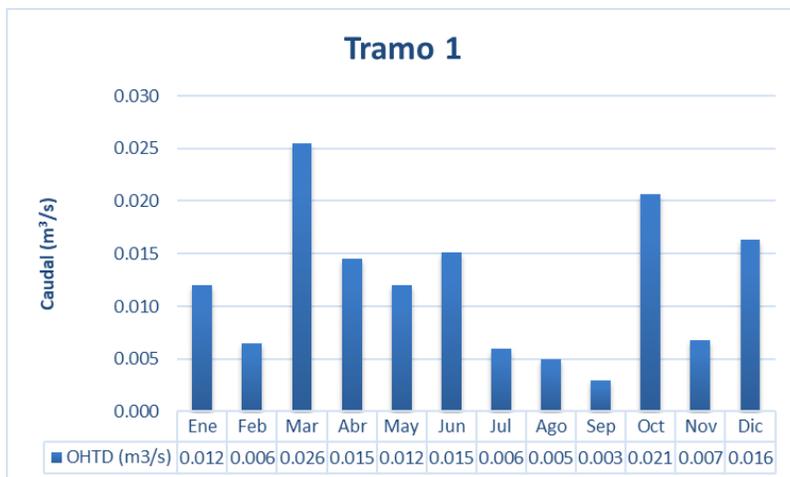


Figura 46. Oferta hídrica total disponible en año seco para el tramo 1

1.6.1.2. Tramo 2: Desde nacimiento quebrada Bambuco – Hasta la confluencia a la quebrada Buenavista

Tabla 61. Oferta hídrica total, caudal ambiental y oferta hídrica disponible en año medio para el tramo 2

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Tramo 2	OHTS (m³/s)	0.267	0.237	0.238	0.241	0.243	0.217	0.175	0.146	0.144	0.191	0.270	0.304
	CA (m³/s)	0.187	0.167	0.151	0.162	0.168	0.157	0.126	0.102	0.101	0.122	0.189	0.206
	OHTD (m³/s)	0.080	0.070	0.087	0.080	0.075	0.060	0.049	0.045	0.043	0.069	0.081	0.099

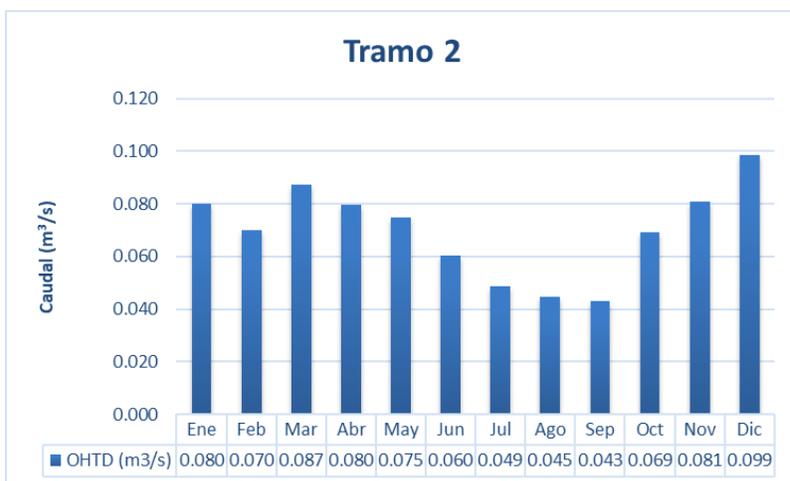


Figura 47. Oferta hídrica total disponible en año medio para el tramo 2

Tabla 62. Oferta hídrica total, caudal ambiental y oferta hídrica disponible en año seco para el tramo 2

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Tramo 2	OHTS (m ³ /s)	0.166	0.139	0.162	0.178	0.209	0.167	0.122	0.102	0.088	0.134	0.199	0.179
	CA (m ³ /s)	0.154	0.132	0.132	0.161	0.195	0.149	0.115	0.096	0.085	0.112	0.185	0.159
	OHTD (m ³ /s)	0.012	0.007	0.030	0.017	0.014	0.018	0.007	0.006	0.004	0.023	0.014	0.019

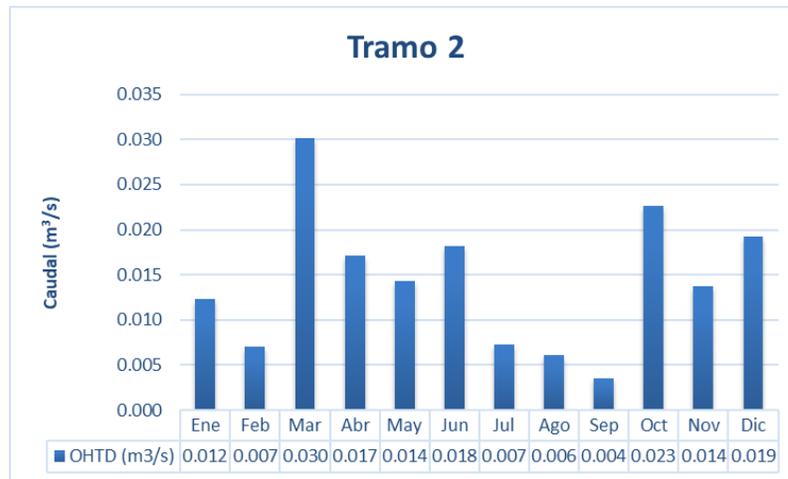


Figura 48. Oferta hídrica total disponible en año seco para el tramo 2

1.6.1.3. Tramo 3: Desde la confluencia de la quebrada Bambuco - Hasta aguas arriba del centro poblado Quimbaya

Tabla 63. Oferta hídrica total, caudal ambiental y oferta hídrica disponible en año medio para el tramo 3

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Tramo 3	OHTS (m ³ /s)	1.216	1.082	1.093	1.123	1.143	1.032	0.833	0.700	0.684	0.893	1.250	1.391
	CA (m ³ /s)	0.856	0.769	0.710	0.762	0.830	0.768	0.613	0.502	0.488	0.575	0.882	0.938
	OHTD (m ³ /s)	0.361	0.313	0.383	0.361	0.313	0.264	0.220	0.198	0.196	0.319	0.368	0.454

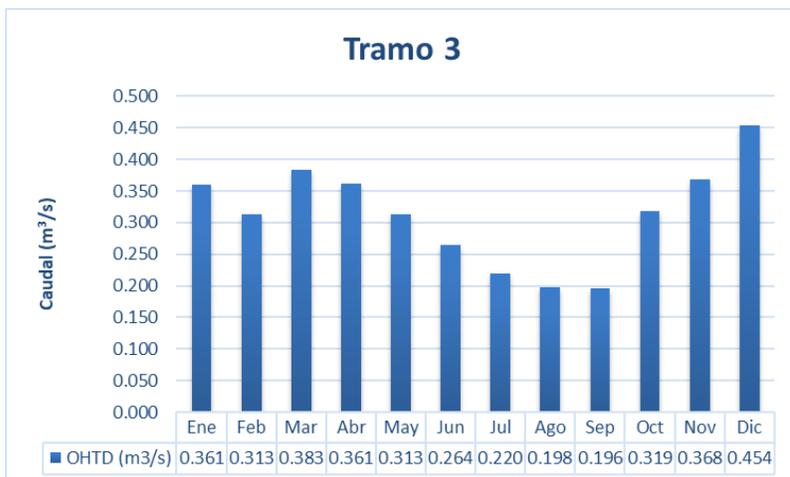


Figura 49. Oferta hídrica total disponible en año medio para el tramo 3

Tabla 64. Oferta hídrica total, caudal ambiental y oferta hídrica disponible en año seco para el tramo 3

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Tramo 3	OHTS (m³/s)	0.742	0.626	0.731	0.828	0.999	0.808	0.587	0.497	0.426	0.643	0.921	0.814
	CA (m³/s)	0.692	0.592	0.606	0.730	0.937	0.720	0.558	0.467	0.408	0.534	0.856	0.728
	OHTD (m³/s)	0.050	0.035	0.125	0.098	0.062	0.089	0.029	0.030	0.017	0.109	0.065	0.086

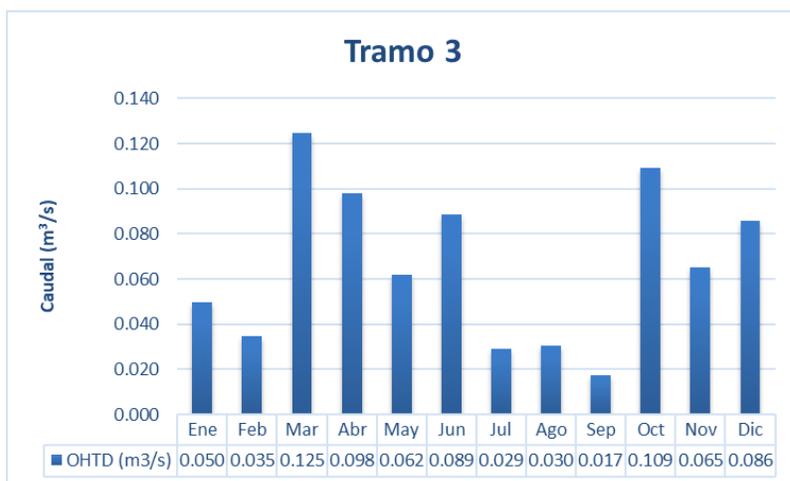


Figura 50. Oferta hídrica total disponible en año seco para el tramo 3

1.6.1.4. Tramo 4: Desde aguas arriba del centro poblado Quimbaya - Hasta la confluencia de la quebrada La Silenciosa

Tabla 65. Oferta hídrica total, caudal ambiental y oferta hídrica disponible en año medio para el tramo 4

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Tramo 4	OHTS (m ³ /s)	1.488	1.335	1.353	1.402	1.431	1.302	1.068	0.908	0.884	1.125	1.538	1.693
	CA (m ³ /s)	1.061	0.960	0.895	0.972	1.051	0.970	0.789	0.653	0.635	0.742	1.091	1.161
	OHTD (m ³ /s)	0.427	0.375	0.459	0.430	0.380	0.332	0.278	0.255	0.249	0.383	0.447	0.533

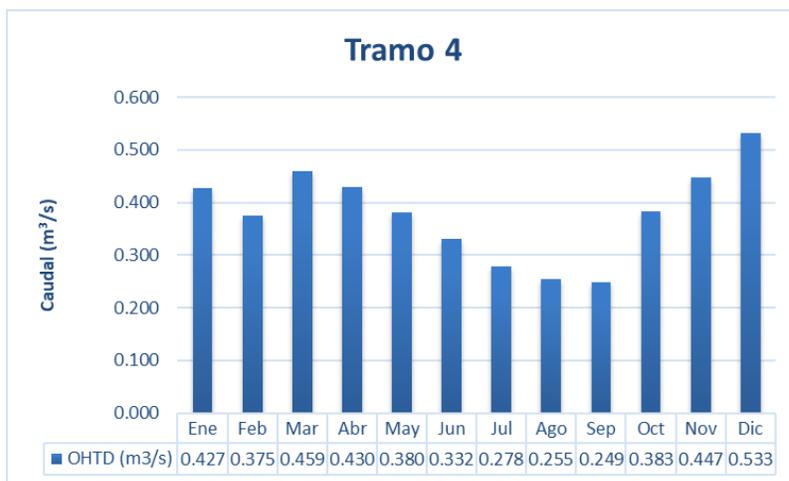


Figura 51. Oferta hídrica total disponible en año medio para el tramo 4

Tabla 66. Oferta hídrica total, caudal ambiental y oferta hídrica disponible en año seco para el tramo 4

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Tramo 4	OHTS (m ³ /s)	0.898	0.765	0.883	1.010	1.239	1.012	0.745	0.638	0.551	0.793	1.120	0.991
	CA (m ³ /s)	0.846	0.724	0.741	0.882	1.149	0.907	0.712	0.600	0.531	0.666	1.063	0.892
	OHTD (m ³ /s)	0.052	0.041	0.142	0.129	0.089	0.104	0.032	0.038	0.020	0.127	0.056	0.099

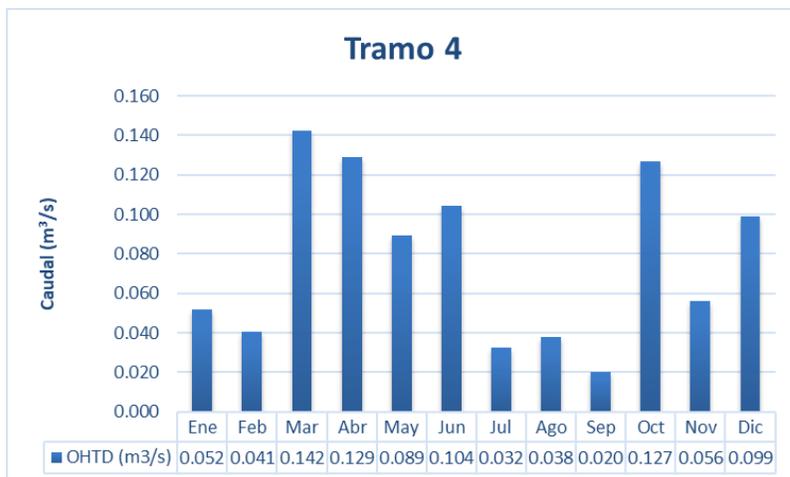


Figura 52. Oferta hídrica total disponible en año seco para el tramo 4

1.6.1.5. Tramo 5: Desde nacimiento de la quebrada La Sopera - Hasta la confluencia a la quebrada Buenavista

Tabla 67. Oferta hídrica total, caudal ambiental y oferta hídrica disponible en año medio para el tramo 5

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Tramo 5	OHTS (m³/s)	0.192	0.185	0.191	0.203	0.208	0.198	0.181	0.168	0.164	0.181	0.208	0.208
	CA (m³/s)	0.146	0.142	0.141	0.150	0.157	0.151	0.139	0.128	0.125	0.140	0.153	0.156
	OHTD (m³/s)	0.046	0.043	0.050	0.054	0.051	0.046	0.042	0.040	0.039	0.041	0.055	0.052

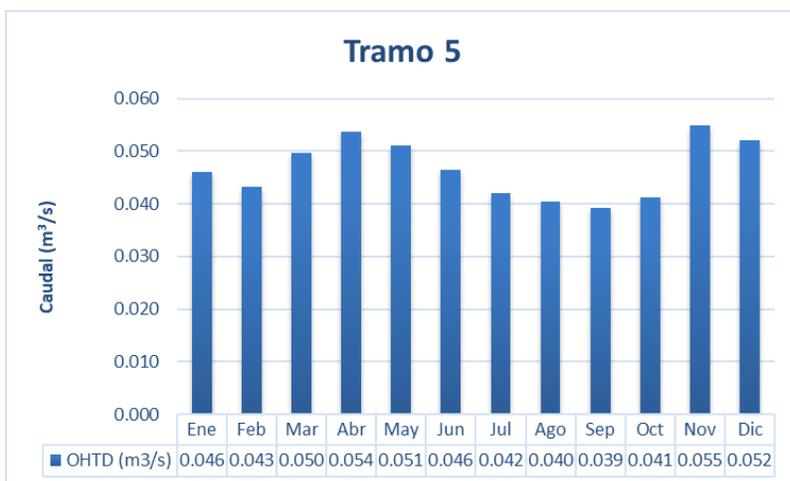


Figura 53. Oferta hídrica total disponible en año medio para el tramo 5

Tabla 68. Oferta hídrica total, caudal ambiental y oferta hídrica disponible en año seco para el tramo 5

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Tramo 5	OHTS (m ³ /s)	0.123	0.114	0.123	0.140	0.175	0.153	0.133	0.125	0.117	0.128	0.153	0.136
	CA (m ³ /s)	0.119	0.111	0.114	0.120	0.159	0.145	0.131	0.121	0.114	0.118	0.142	0.129
	OHTD (m ³ /s)	0.005	0.003	0.008	0.020	0.016	0.008	0.002	0.004	0.003	0.010	0.011	0.007

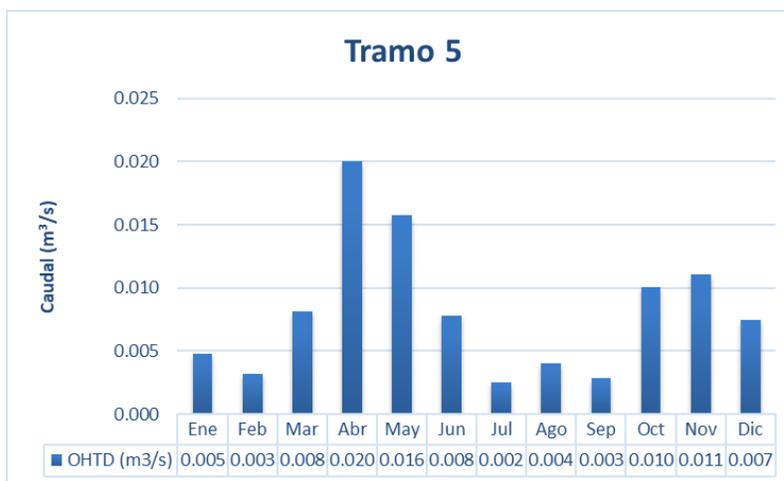


Figura 54. Oferta hídrica total disponible en año seco para el tramo 5

1.6.1.6. Tramo 6: Desde nacimiento de la quebrada Mina Rica - Hasta la confluencia a la quebrada Buenavista

Tabla 69. Oferta hídrica total, caudal ambiental y oferta hídrica disponible en año medio para el tramo 6

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Tramo 6	OHTS (m ³ /s)	0.172	0.168	0.173	0.186	0.188	0.176	0.161	0.150	0.149	0.168	0.193	0.188
	CA (m ³ /s)	0.130	0.125	0.126	0.136	0.138	0.132	0.122	0.113	0.111	0.124	0.139	0.139
	OHTD (m ³ /s)	0.042	0.043	0.048	0.051	0.050	0.044	0.040	0.038	0.037	0.044	0.054	0.049

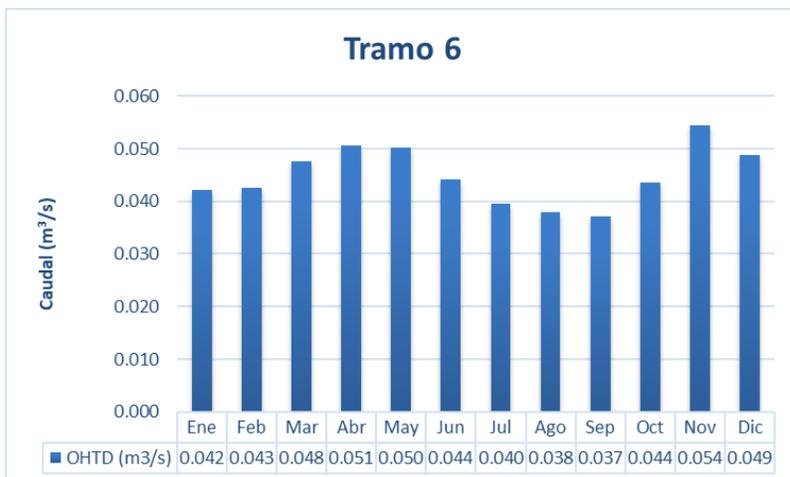


Figura 55. Oferta hídrica total disponible en año medio para el tramo 6

Tabla 70. Oferta hídrica total, caudal ambiental y oferta hídrica disponible en año seco para el tramo 6

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Tramo 6	OHTS (m³/s)	0.110	0.102	0.112	0.129	0.158	0.132	0.118	0.110	0.104	0.116	0.140	0.119
	CA (m³/s)	0.105	0.098	0.104	0.107	0.136	0.125	0.115	0.107	0.100	0.105	0.124	0.113
	OHTD (m³/s)	0.005	0.004	0.007	0.022	0.022	0.006	0.003	0.004	0.004	0.011	0.015	0.006

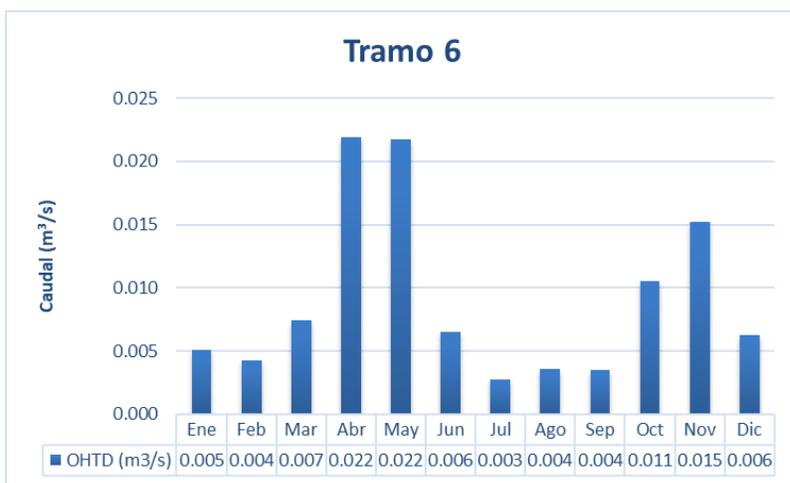


Figura 56. Oferta hídrica total disponible en año seco para el tramo 6

1.6.1.7. Tramo 7: Desde la confluencia de la quebrada La Silenciosa - Hasta la confluencia al río La Vieja

Tabla 71. Oferta hídrica total, caudal ambiental y oferta hídrica disponible en año medio para el tramo 7

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Tramo 7	OHTS (m ³ /s)	1.895	1.731	1.762	1.838	1.874	1.721	1.453	1.268	1.238	1.518	1.986	2.135
	CA (m ³ /s)	1.373	1.273	1.197	1.312	1.385	1.295	1.092	0.932	0.909	1.050	1.435	1.507
	OHTD (m ³ /s)	0.522	0.459	0.565	0.526	0.490	0.426	0.361	0.336	0.329	0.468	0.551	0.628



Figura 57. Oferta hídrica total disponible en año medio para el tramo 7

Tabla 72. Oferta hídrica total, caudal ambiental y oferta hídrica disponible en año seco para el tramo 7

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Tramo 7	OHTS (m ³ /s)	1.163	1.012	1.149	1.313	1.612	1.333	1.031	0.907	0.804	1.069	1.447	1.281
	CA (m ³ /s)	1.106	0.963	0.982	1.147	1.483	1.213	0.996	0.861	0.777	0.920	1.381	1.167
	OHTD (m ³ /s)	0.057	0.048	0.168	0.166	0.129	0.120	0.034	0.046	0.027	0.149	0.066	0.113

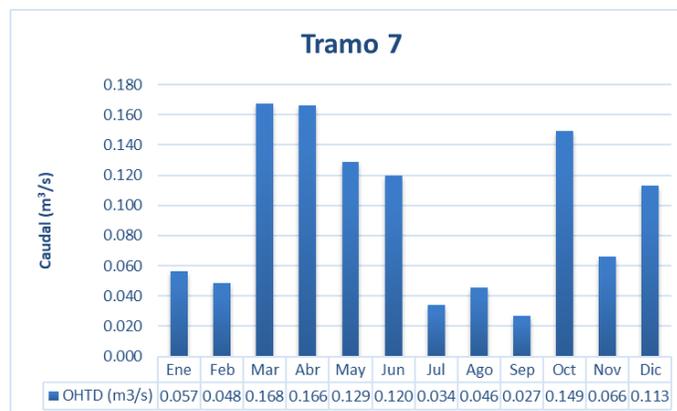


Figura 58. Oferta hídrica total disponible en año seco para el tramo 7

1.6.2. Índice de Aridez para los tramos en ordenamiento

El índice de aridez (IA) permite identificar áreas con déficit o excedente de agua, a través de la cuantificación del grado de suficiencia o insuficiencia de la precipitación para el sostenimiento de los ecosistemas de la zona de estudio y su cálculo se realiza mediante la siguiente ecuación (IDEAM, 2013):

$$Ia = \frac{ETo - ETR}{ETo}$$

Donde:

Ia: índice de aridez (adimensional)

ETo: evapotranspiración de referencia (mm)

ETR: evapotranspiración real (mm)

A continuación, se presenta la clasificación del índice de aridez (Tabla 73).

Tabla 73. Categorías del índice de aridez (IDEAM, 2013)

Límites de categorías	Categoría	Descripción
<0.15		Altos excedentes de agua
0.15 - 0.19		Excedentes de agua
0.20 - 0.29		Entre moderado y excedentes de agua
0.30 - 0.39		Moderado
0.40 - 0.49		Entre moderado y deficitario de agua
0.50 - 0.59		Deficitario de agua
>0.59		Altamente deficitario de agua

El IA se calculó en las condiciones hidrológicas de año medio, corresponde a la información mensual multianual, año seco, definido como el episodio histórico de la fase cálida del ENSO más severo del que se tiene registro, que corresponde al año 2015/2016; y año húmedo, definido como el episodio más extremo de la fase fría del ENSO, en este caso 2010/2011. La evapotranspiración de referencia (*ETo*) se determinó a través de la aplicación del método FAO Penman Monteith, y la evapotranspiración real en la escala mensual se determinó mediante el método de BUDYKO (IDEAM, 2013).

En los tramos 1, 2 y 3 se evidencia un índice de aridez moderado para los meses de julio y agosto con valores de 0.355 a 0.399 en año medio; los tramos 4 a 7 presentan un incremento en el IA para el mes de agosto llegando a ser moderado y deficitario de agua. Los meses de abril, mayo, octubre y noviembre presentan excedentes de agua en los siete (7) tramos en ordenamiento con valores de IA inferiores a 0.2 (Tabla 74, Figura 59).

Tabla 74. Índice de aridez mensual en año medio en los tramos en ordenamiento para el periodo 1990 a 2022

UA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Tramo 1	0.215	0.188	0.152	0.129	0.145	0.246	0.355	0.377	0.225	0.106	0.086	0.132
Tramo 2	0.216	0.188	0.153	0.129	0.146	0.247	0.357	0.379	0.226	0.106	0.087	0.133
Tramo 3	0.238	0.205	0.163	0.134	0.153	0.258	0.369	0.399	0.239	0.115	0.093	0.148
Tramo 4	0.296	0.244	0.187	0.145	0.166	0.278	0.389	0.43	0.264	0.139	0.111	0.188
Tramo 5	0.308	0.252	0.192	0.148	0.168	0.282	0.391	0.434	0.268	0.144	0.115	0.197
Tramo 6	0.305	0.249	0.19	0.147	0.167	0.281	0.388	0.429	0.267	0.143	0.114	0.195
Tramo 7	0.351	0.281	0.209	0.157	0.176	0.295	0.398	0.443	0.283	0.162	0.131	0.233

Para el año hidrológico seco, se observa una condición deficitaria a altamente deficitaria de humedad en los meses de junio, julio, agosto y diciembre en todos los tramos en ordenamiento (Tabla 75), Figura 60, la cual se extiende a los meses de enero y febrero en los tramos 4 al 7. En contraste, los meses de abril, mayo, octubre y noviembre mantiene excedentes de agua en los siete (7) tramos en concordancia con la distribución bimodal del régimen pluviométrico y térmico de la unidad hidrográfica.

Tabla 75. Índice de aridez mensual en año seco en los tramos en ordenamiento para el periodo 1990 a 2022

UA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Tramo 1	0.331	0.385	0.177	0.146	0.151	0.436	0.415	0.677	0.203	0.134	0.095	0.539
Tramo 2	0.331	0.387	0.177	0.147	0.151	0.437	0.419	0.682	0.203	0.133	0.095	0.546
Tramo 3	0.366	0.396	0.193	0.146	0.152	0.468	0.42	0.659	0.219	0.146	0.107	0.567
Tramo 4	0.46	0.424	0.234	0.145	0.151	0.512	0.423	0.591	0.246	0.183	0.133	0.629
Tramo 5	0.482	0.429	0.243	0.145	0.151	0.515	0.423	0.574	0.252	0.192	0.137	0.646
Tramo 6	0.478	0.427	0.242	0.145	0.152	0.508	0.42	0.572	0.253	0.191	0.135	0.642
Tramo 7	0.561	0.457	0.27	0.147	0.149	0.515	0.427	0.523	0.26	0.227	0.147	0.703

En año húmedo, se evidencia que solamente el mes de agosto tiene una condición moderada y deficitaria de agua en todos los tramos (Tabla 76, Figura 61); de febrero a junio y de octubre a diciembre se presentan excedentes de agua.

Tabla 76. Índice de aridez mensual en año húmedo en los tramos en ordenamiento para el periodo 1990 a 2022

UA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Tramo 1	0.262	0.091	0.141	0.07	0.159	0.144	0.215	0.449	0.249	0.088	0.059	0.074
Tramo 2	0.265	0.091	0.141	0.07	0.159	0.145	0.217	0.453	0.249	0.088	0.06	0.074
Tramo 3	0.298	0.097	0.155	0.071	0.166	0.157	0.229	0.463	0.255	0.094	0.062	0.081
Tramo 4	0.361	0.118	0.191	0.078	0.191	0.182	0.265	0.478	0.267	0.112	0.068	0.096
Tramo 5	0.368	0.123	0.198	0.079	0.198	0.186	0.275	0.478	0.272	0.116	0.069	0.099
Tramo 6	0.36	0.122	0.194	0.079	0.197	0.183	0.273	0.472	0.273	0.116	0.07	0.098
Tramo 7	0.399	0.146	0.226	0.087	0.217	0.199	0.312	0.491	0.282	0.134	0.075	0.112

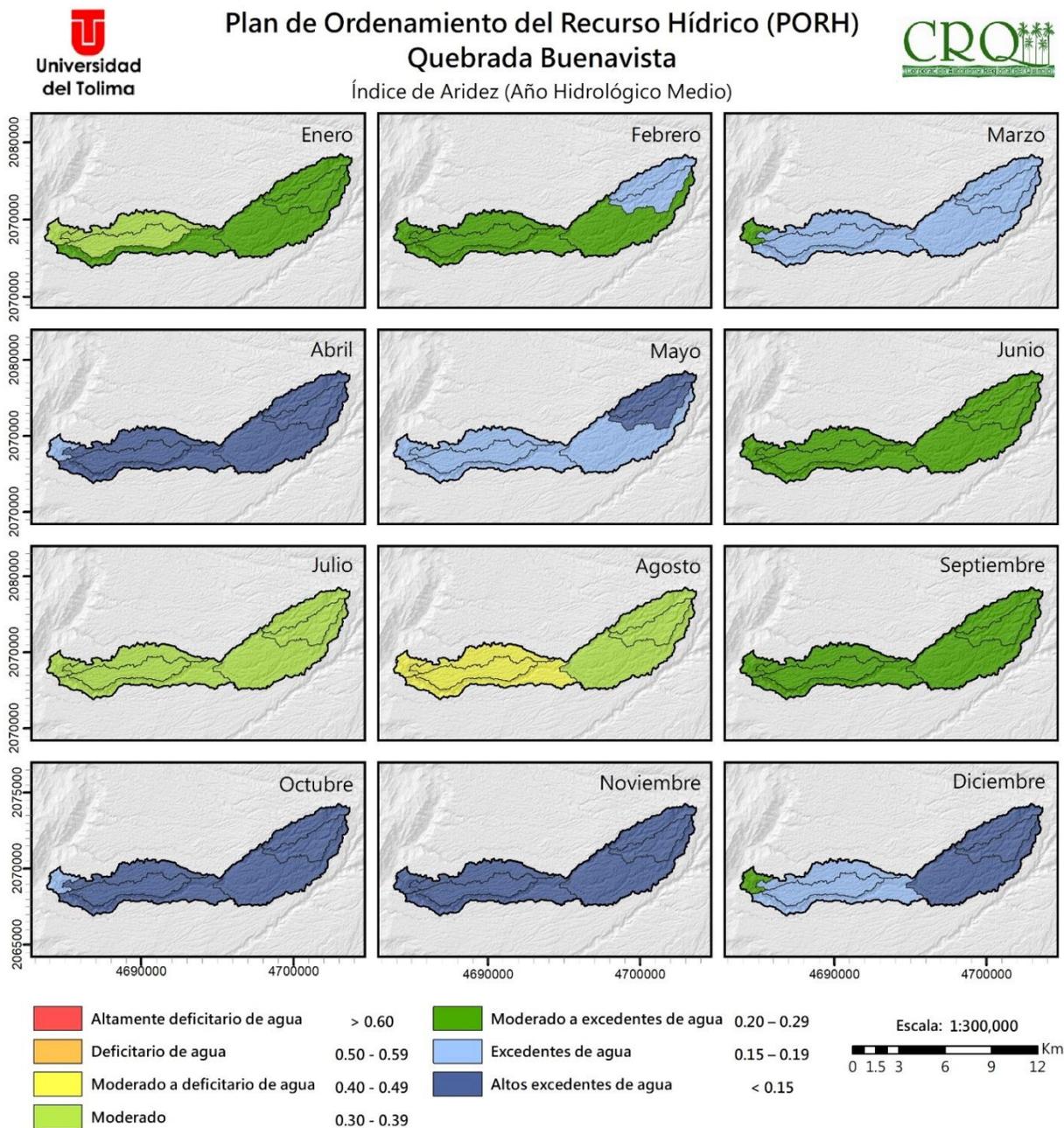


Figura 59. Índice de aridez mensual de los tramos en ordenamiento para año medio

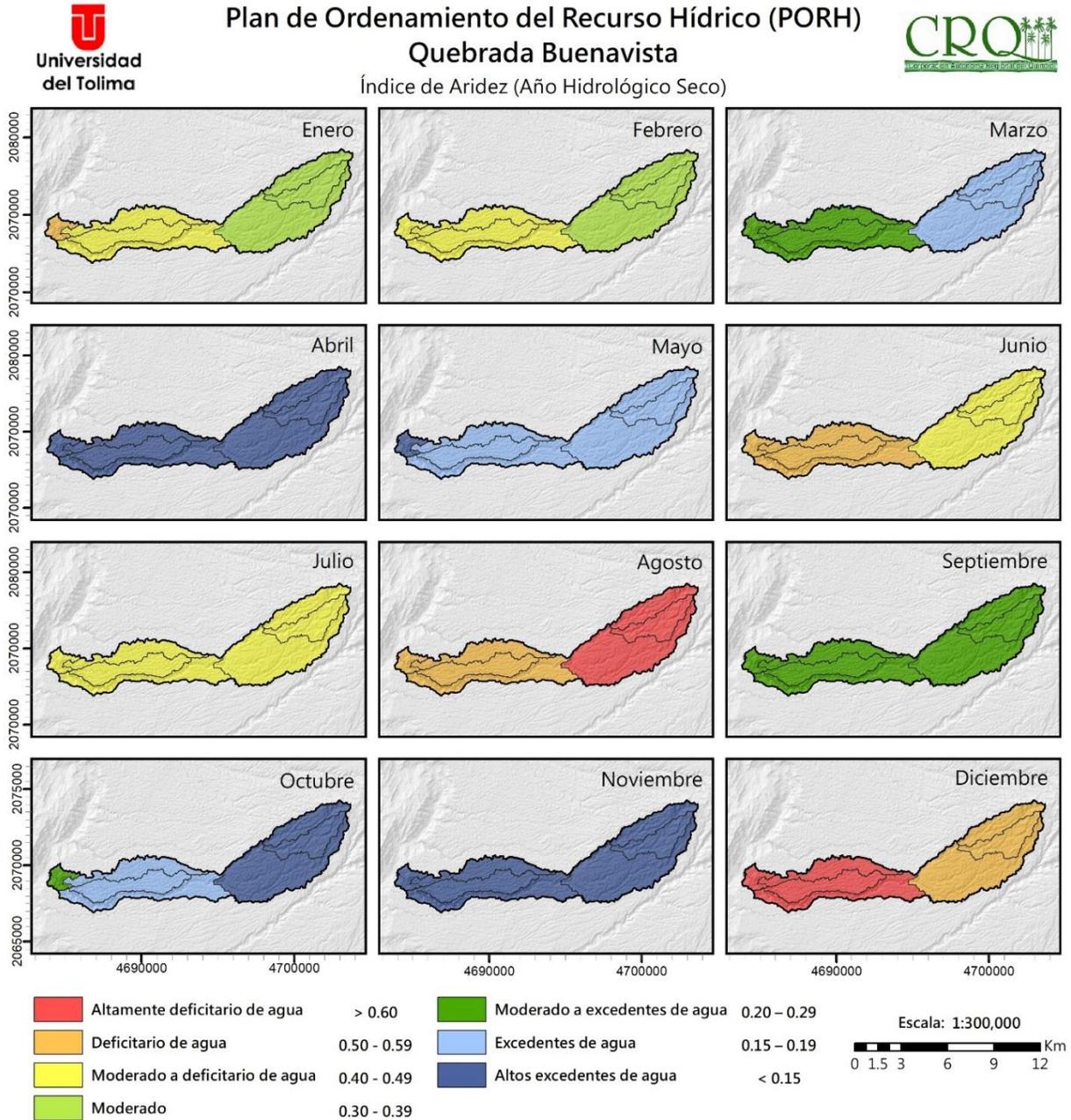


Figura 60. Índice de aridez mensual de los tramos en ordenamiento para año seco

Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH)
Quebrada Buenavista

Índice de Aridez (Año Hidrológico Húmedo)

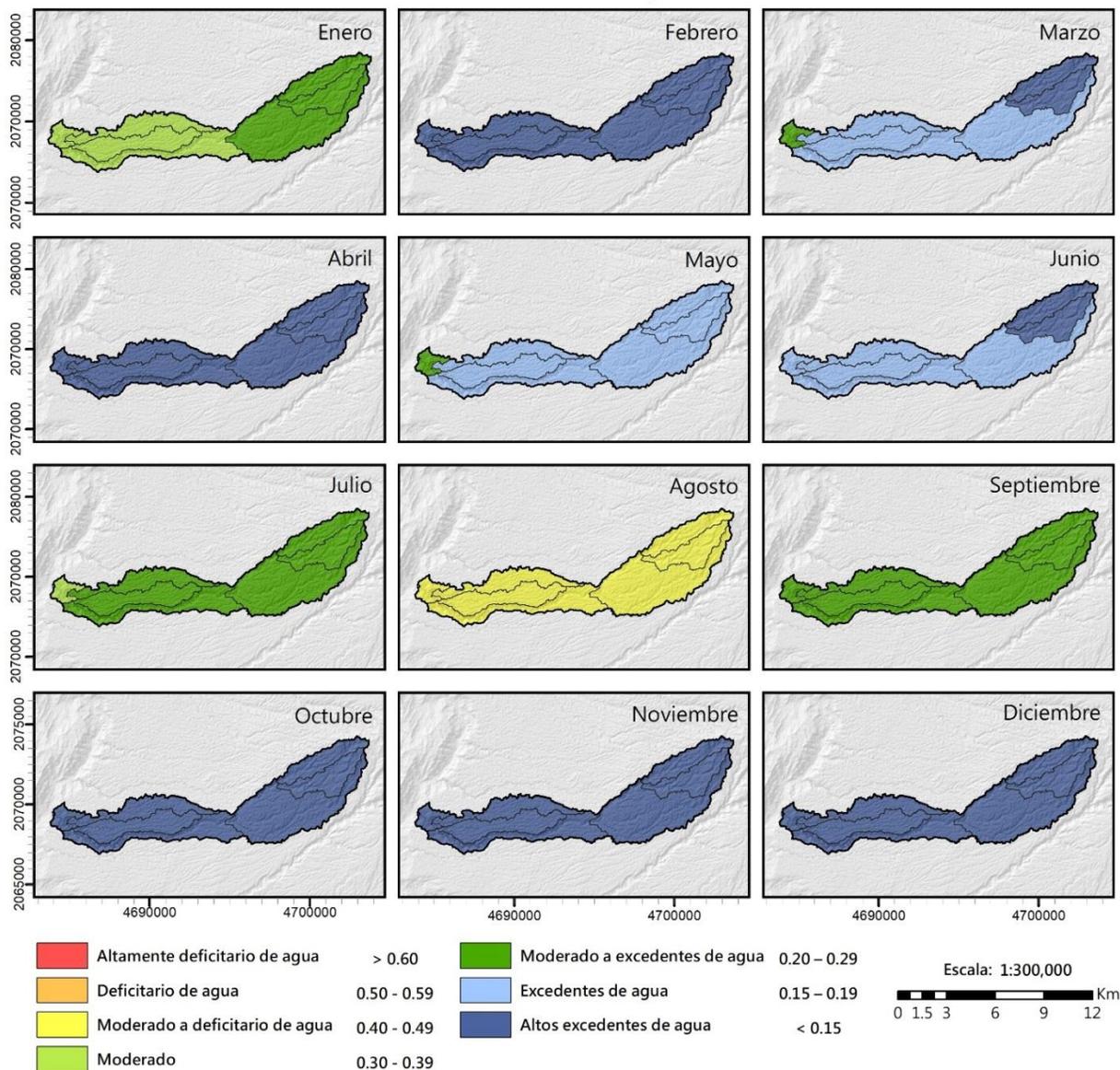


Figura 61. Índice de aridez mensual de los tramos en ordenamiento para año húmedo

1.6.3. Índice de Regulación y Retención Hídrica para los tramos en ordenamiento

El Índice de Regulación y Retención Hídrica (IRH) determina la capacidad de la cuenca para retener humedad, expresa la relación entre el área bajo la línea del caudal medio en la curva de duración de caudales diarios y el área bajo la curva de duración de caudales diarios, por lo que sus valores se encuentran entre cero (0) y uno (1), donde los valores más bajos representan menor capacidad de regulación y se clasifica en cinco categorías desde “muy baja” capacidad de regulación a “muy alta” (Tabla 77).

Tabla 77. Categorías del índice de retención y regulación hídrica (IRH). (Fuente: IDEAM, 2020a)

Límites de categorías	Categoría	Capacidad de retención y regulación
$IRH > 0.85$		Muy alta
$0.75 < IRH \leq 0.85$		Alta
$0.65 < IRH \leq 0.75$		Moderada
$0.50 < IRH \leq 0.65$		Baja
$IRH \leq 0.50$		Muy Baja

Los tramos en ordenamiento presentan Alta y Muy Alta capacidad de retención y regulación hídrica (Tabla 78) con valores en el rango entre 0.84 y 0.91. lo cual está relacionado con la importancia del caudal base en esta unidad hidrográfica, que sostiene en una alta proporción del tiempo el caudal medio, generando un efecto regulador de la respuesta hidrológica. Este resultado es consistente con el análisis de la interacción entre aguas superficiales y subterráneas donde se identifica que en la mayoría de los tramos en ordenamiento domina la descarga de agua subterránea.

Tabla 78. Índice de retención y regulación hídrica de los tramos en proceso de ordenamiento (periodo 1990 a 2022)

UA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Tramo 1	0.89	0.89	0.86	0.88	0.89	0.89	0.89	0.89	0.88	0.88	0.87	0.89
Tramo 2	0.89	0.88	0.84	0.87	0.88	0.88	0.88	0.88	0.86	0.87	0.87	0.88
Tramo 3	0.89	0.88	0.85	0.87	0.88	0.89	0.89	0.88	0.87	0.88	0.87	0.88
Tramo 4	0.89	0.88	0.86	0.88	0.88	0.89	0.89	0.89	0.87	0.88	0.87	0.88
Tramo 5	0.91	0.90	0.90	0.90	0.90	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.90	0.90
Tramo 6	0.90	0.89	0.89	0.89	0.89	0.90	0.91	0.91	0.90	0.89	0.88	0.89
Tramo 7	0.89	0.89	0.87	0.88	0.89	0.90	0.90	0.90	0.89	0.89	0.88	0.89

1.7. Zonas de Recarga del Sistema Acuífero del Quindío e Interacciones con Aguas Superficiales

La actualización de la evaluación regional del agua del departamento del Quindío identificó que la descarga de aguas subterráneas en el sistema acuífero del Quindío principalmente se localiza en las partes altas de los ríos Roble, Espejo, Quindío y quebrada Buenavista, así como a lo largo del sistema de drenaje (CRQ y Universidad del Tolima, 2023), estos hallazgos se basan en los análisis espaciales de los monitoreos históricos de niveles piezométricos en el sistema acuífero del Quindío (SAQ), correspondientes a los años 2010, 2019 y 2021.

Se observa que los tramos 1, 2, 4 y 7 principalmente tienen un mecanismo de descarga de aguas subterráneas sobre la red de drenaje superficial (Figura 62 y Figura 63), mientras que los tramos 3, 5 y 6 evidencian un mecanismo de recarga del sistema acuífero a partir de las aguas superficiales de los drenajes principales de las quebradas Buenavista, Mina Rica y La Silenciosa.

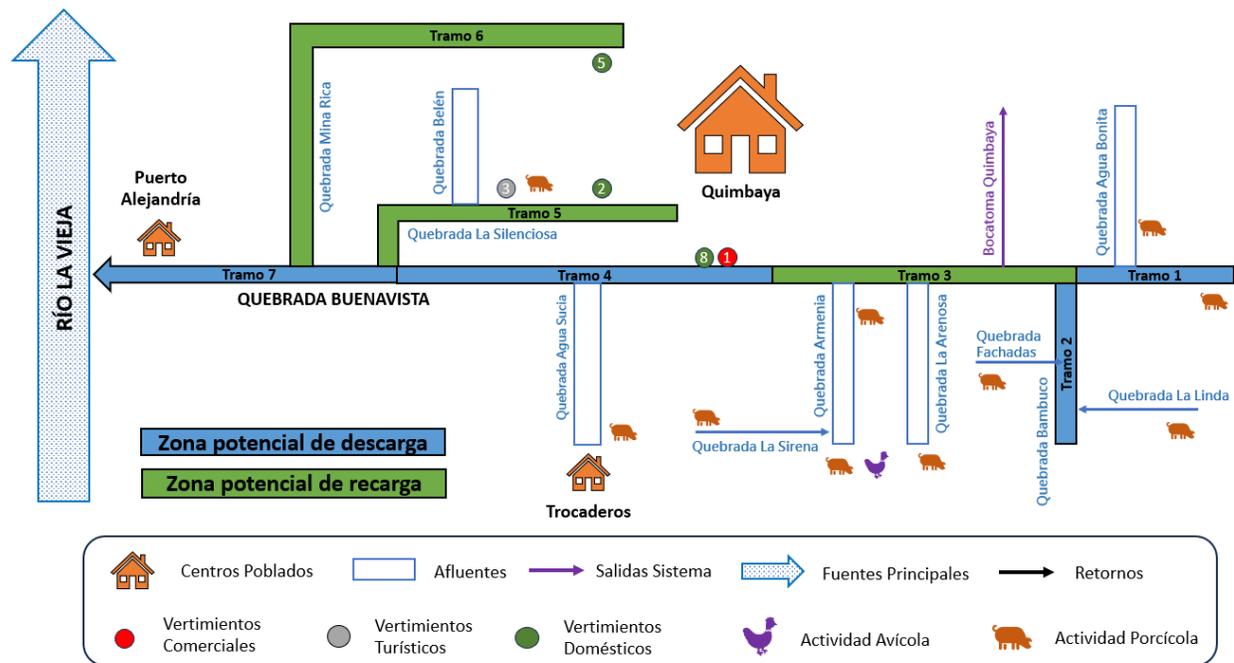


Figura 62. Esquematización de la conexión hidráulica agua superficial y subterránea de los tramos en ordenamiento según el análisis de niveles piezométricos (Fuente: CRQ y Universidad del Tolima, 2023)

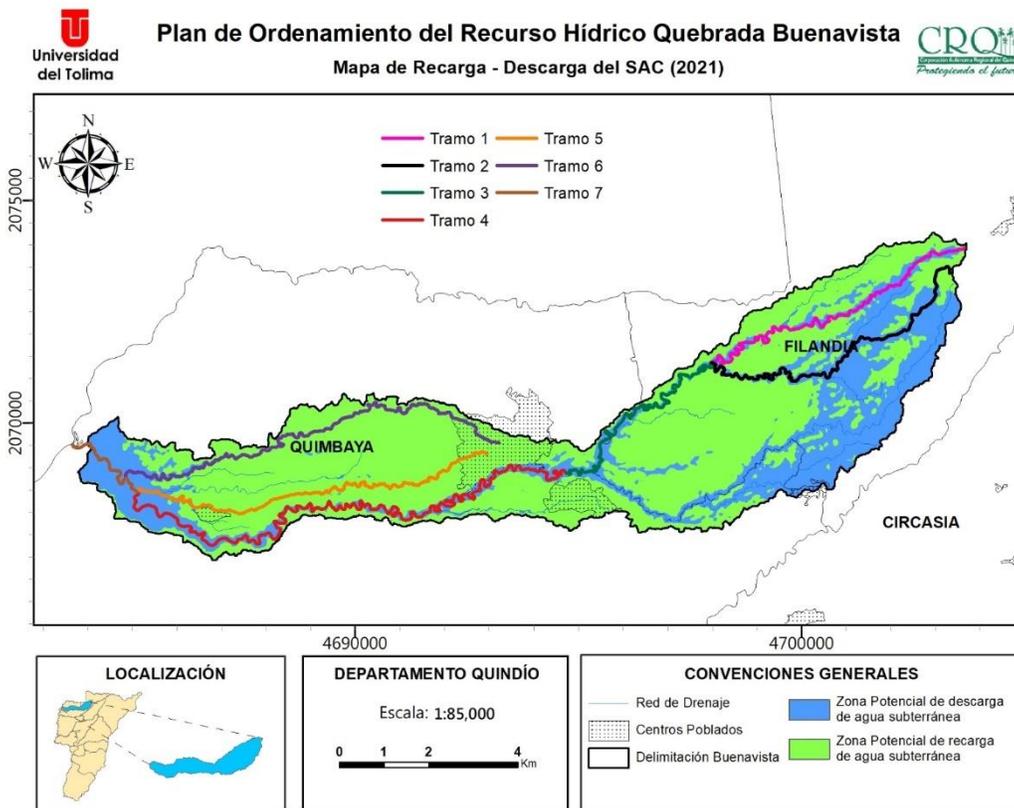


Figura 63. Mapa de recarga y descarga del SAC en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

1.8. Demanda Hídrica sectorial y total para los tramos en ordenamiento

1.8.1. Demanda doméstica

La proyección de la demanda de aguas para uso doméstico en los municipios de Filandia y Quimbaya se realizó a partir de la proyección del crecimiento/decrecimiento poblacional urbano y rural. Los análisis se realizaron para la población del centro poblado principal del municipio (Cabecera) y para el resto de población de manera separada. Con base en las proyecciones de población realizadas para el periodo 2024 a 2034 se determinaron tanto las demandas domésticas como las cargas contaminantes de aguas residuales domésticas (ARD) para los escenarios de saneamiento de los cuerpos de agua en ordenamiento.

Con el fin de determinar el crecimiento poblacional urbano y rural para los años 2024 a 2034 en los municipios de Filandia y Quimbaya, se ajustaron tres modelos matemáticos que simulan crecimientos poblacionales a partir de los cuatro últimos censos de población colombiana realizados por el DANE en los años 1985,1993, 2005 y 2018.

Tabla 79. Población censada en los municipios de Filandia y Quimbaya en el periodo 1985 a 2018

Municipio	Censo 1985			Censo 1993			Censo 2005			Censo 2018		
	Cab	Resto	Total	Cab	Resto	Total	Cab	Resto	Total	Cab	Resto	Total
Filandia	4030	7064	11094	4868	6466	11334	6313	6197	12510	6455	4890	11345
Quimbaya	21184	9284	30468	22563	9286	31849	26433	6495	32928	23877	5240	29117

Los métodos de cálculo empleados para la proyección de población en cada municipio fueron los métodos matemáticos aritmético, geométrico y exponencial. Estos fueron seleccionados de acuerdo con los criterios establecidos por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (Colombia, 2010; Colombia, 2017), dichos criterios se encuentran relacionados con el número de habitantes del área de estudio. A continuación, se describe cada uno de los métodos mencionados anteriormente:

1.8.1.1. Modelos de proyección de población implementados

1.8.1.1.1. Método Aritmético

Este método supone un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración. La población proyectada se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} * (T_f - T_{uc})$$

Donde,

P_f : Población (hab) proyectada para el año t

P_{uc} : Población (hab) del último año censado

P_{ci} : Población (hab) del censo inicial.

t_f : Año al cual se quiere proyectar

t_{ci} : Año del censo inicial

t_{uc} : Último año censado

1.8.1.1.1 Método Geométrico

Este método es útil en poblaciones que muestren una importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades. La población proyectada se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P_f = P_{uc} (1+r)^{Tf-Tuc}$$

Donde r es la tasa de crecimiento anual en forma decimal la cual se calcula así:

$$r = \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{1/m} - 1$$

Donde,

P_f : Población (hab) proyectada para el año t

P_{uc} : Población (hab) del último año censado

P_{ci} : Población (hab) del censo inicial.

t_f : Año al cual se quiere proyectar

t_{ci} : Año del censo inicial

t_{uc} : Último año censado

r : Tasa de crecimiento

1.8.1.1.1.2 Método Exponencial

La utilización de este método requiere conocer por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población. Se recomienda su aplicación a poblaciones que muestren apreciable desarrollo y poseen abundantes áreas de expansión, es un método que tiene más memoria de la tasa de crecimiento/decrecimiento en comparación con los dos anteriores. Su expresión es la siguiente:

$$P_f = P_{ci} \times e^{k \times (T_f - T_{ci})}$$

Donde k es la tasa de crecimiento de la población la cual se calcula como el promedio de las tasas calculadas para cada par de censos, así:

$$k = \frac{\ln P_{cp} - \ln P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}}$$

Donde,

P_f : Población (hab) proyectada para el año t

P_{ci} : Población (hab) del censo inicial.

t_f : Año al cual se quiere proyectar

t_{ci} : Año del censo inicial

P_{cp} : Población (hab) censo posterior

P_{ca} : Población (hab) censo anterior

t_{cp} : Año censo posterior

t_{ca} : Año censo anterior

1.8.1.1.2. Selección del modelo y cálculo de proyecciones de la población

El criterio para la selección del modelo de proyección de población es el mejor ajuste en comparación a los dos últimos censos (2005 y 2018) en cada caso, para evaluar dicho ajuste se utilizó la Raíz del Error Medio Cuadrático (RMSE) aplicando la siguiente ecuación:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Pp - Pc)^2}{N}}$$

Donde, Pp: Población proyectada. Pc: Población censada. N: número de censos. Luego de aplicar estos métodos matemáticos se pudo establecer que el modelo que presento

un mejor ajuste para la población de los 2 municipios fue el exponencial. La estimación de la población flotante, entendida para este cálculo como población de visitantes nacionales y extranjeros, que equivale a 2,660,340 personas/año para el departamento del Quindío, con una estancia permanente promedio de 2 días según el registro histórico de CITUR (Cámara de Comercio de Armenia y el Quindío, 2021 y 2023). La población flotante anual por municipio se estableció teniendo en cuenta el porcentaje de turistas que pernoctan en cada municipio con relación al total de visitantes que pernoctan en el departamento.

1.8.1.2. Cálculo de demanda doméstica por municipio

El cálculo de la demanda doméstica de los municipios de Filandia y Quimbaya, se realizó para un horizonte de 10 años, según la metodología indicada por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (Colombia, 2010; Colombia, 2017). Como se ha mencionado, se utilizaron los censos oficiales de los años 1985, 1993, 2005 y 2018 del Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE

Para el cálculo, se partió de la estimación de la demanda neta siguiendo los parámetros establecidos en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (Colombia, 2010; Colombia, 2017). Dentro del proceso, se consideró el índice de agua no contabilizada (IANC) de cada acueducto de acuerdo con Empresas Públicas del Quindío (2018), con el fin de reconocer las pérdidas técnicas dentro del proceso de estimación de la demanda actual y su proyección, lo cual condujo al cálculo del Caudal Medio Diario (Qmd), Caudal Máximo Diario (QMD) y Caudal Máximo Horario (QMH), tanto en las cabeceras municipales como en el sector rural de los municipios analizados.

La proyección de la demanda hídrica se realizó a partir de la proyección del crecimiento poblacional urbano y rural de cada uno de los municipios para los años 2024 y 2034. Se definieron dos escenarios de proyección: (i) demanda hídrica actual y futura de uso doméstico en la zona urbana y rural de cada Municipio, sin considerar la población flotante (Tabla 80), (ii) demanda hídrica actual y futura de uso doméstico en la zona urbana y rural de cada Municipio, considerando la población flotante (Tabla 81).

Para todos los escenarios se asumió el índice de agua no contabilizada (IANC) real del sistema de abastecimiento y el IANC máximo permisible por la normativa vigente (Minvivienda, resolución 330 de junio de 2017).

La demanda actual (2024) para uso doméstico en Filandia es de 25.5 l/s, que se reduciría a 23.1 l/s si se implementan acciones para reducir el IANAC al valor máximo permisible. Sin embargo, al considerar la población flotante la demanda doméstica en este municipio asciende a 43.2 l/s con el IANAC actual, encontrando una reducción a

39.1 l/s si se lleva el IANAC al máximo permisible. Para el año 2034 se esperaría un ligero aumento en la demanda llegando a 23.9 l/s sin la población flotante, y a 40.5 l/s al considerarla.

Tabla 80. Demanda hídrica doméstica proyectada para los municipios de Filandia y Quimbaya en 2024 y 2034 con IANAC actual y máximo normado en el escenario sin población flotante

Urbano (sin Población Flotante)									
Municipio	Año de proyección	Población proyectada	Método de Proyección	dotación neta (l/habitante/día)	pérdidas del sistema (IANC) (%)	dotación bruta	Caudal medio diario (LPS)	Caudal máximo diario (LPS)	Caudal máximo horario (LPS)
Con IANAC actual									
Filandia	2024	6924	EXPONENCIAL	130	32	191.2	15.3	19.9	23.0
Quimbaya	2024	24265	EXPONENCIAL	130	42	224.1	62.9	81.8	94.4
Filandia	2034	7782	EXPONENCIAL	130	32	191.2	17.2	22.4	25.8
Quimbaya	2034	24925	EXPONENCIAL	130	42	224.1	64.7	84.1	97.0
Con IANAC máximo normativo									
Filandia	2024	6924	EXPONENCIAL	130	25	173.3	13.9	18.1	20.8
Quimbaya	2024	24265	EXPONENCIAL	130	25	173.3	48.7	63.3	73.0
Filandia	2034	7782	EXPONENCIAL	130	25	173.3	15.6	20.3	23.4
Quimbaya	2034	24925	EXPONENCIAL	130	25	173.3	50.0	65.0	75.0
Rural (sin Población Flotante)									
Municipio	Año de proyección	Población proyectada	Método de Proyección	dotación neta (l/habitante/día)	pérdidas del sistema (IANC) (%)	dotación bruta	Caudal medio diario (LPS)	Caudal máximo diario (LPS)	Caudal máximo horario (LPS)
Con IANAC actual									
Filandia	2024	4581	EXPONENCIAL	130	32	191.2	10.1	13.2	15.2
Quimbaya	2024	4560	EXPONENCIAL	130	42	224.1	11.8	15.4	17.7
Filandia	2034	4109	EXPONENCIAL	130	32	191.2	9.1	11.8	13.6
Quimbaya	2034	3618	EXPONENCIAL	130	42	224.1	9.4	12.2	14.1
Con IANAC máximo normativo									
Filandia	2024	4581	EXPONENCIAL	130	25	173.3	9.2	11.9	13.8
Quimbaya	2024	4560	EXPONENCIAL	130	25	173.3	9.1	11.9	13.7
Filandia	2034	4109	EXPONENCIAL	130	25	173.3	8.2	10.7	12.4
Quimbaya	2034	3618	EXPONENCIAL	130	25	173.3	7.3	9.4	10.9

La demanda actual (2024) para uso doméstico en Quimbaya es de 74.8 l/s, que se reduciría a 57.8 l/s si se implementan acciones para reducir el IANAC al valor máximo permisible. Sin embargo, al considerar la población flotante, la demanda doméstica en este municipio asciende a 193.0 l/s con el IANAC actual, encontrando una reducción a 149.2 l/s si se lleva el IANAC al máximo permisible. Para el año 2034 se esperaría una ligera reducción en la demanda llegando a 74.0 l/s sin la población flotante, pero un aumento a 196.8 l/s al considerarla.

Tabla 81. Demanda hídrica doméstica proyectada para los municipios de Filandia y Quimbaya en 2024 y 2034 con IANAC actual y máximo normado en el escenario con población flotante

Urbano (con Población Flotante)									
Municipio	Año de proyección	Población proyectada	Método de Proyección	dotación neta (l/habitante/día)	pérdidas del sistema (IANAC) (%)	dotación bruta	Caudal medio diario (LPS)	Caudal máximo diario (LPS)	Caudal máximo horario (LPS)
Con IANAC actual									
Filandia	2024	11657	EXPONENCIAL	130	32	191.2	25.8	33.5	38.7
Quimbaya	2024	62292	EXPONENCIAL	130	42	224.1	161.6	210.1	242.4
Filandia	2034	12699	EXPONENCIAL	130	32	191.2	28.1	36.5	42.1
Quimbaya	2034	64425	EXPONENCIAL	130	42	224.1	167.1	217.3	250.7
Con IANAC máximo normativo									
Filandia	2024	11657	EXPONENCIAL	130	25	173.3	23.4	30.4	35.1
Quimbaya	2024	62292	EXPONENCIAL	130	25	173.3	125.0	162.5	187.5
Filandia	2034	12699	EXPONENCIAL	130	25	173.3	25.5	33.1	38.2
Quimbaya	2034	64425	EXPONENCIAL	130	25	173.3	129.2	168.0	193.9
Rural (con Población Flotante)									
Municipio	Año de proyección	Población proyectada	Método de Proyección	dotación neta (l/habitante/día)	pérdidas del sistema (IANAC) (%)	dotación bruta	Caudal medio diario (LPS)	Caudal máximo diario (LPS)	Caudal máximo horario (LPS)
Con IANAC actual									
Filandia	2024	7857	EXPONENCIAL	130	32	191.2	17.4	22.6	26.1
Quimbaya	2024	12086	EXPONENCIAL	130	42	224.1	31.4	40.8	47.0
Filandia	2034	7512	EXPONENCIAL	130	32	191.2	16.6	21.6	24.9
Quimbaya	2034	11435	EXPONENCIAL	130	42	224.1	29.7	38.6	44.5
Con IANAC máximo normativo									
Filandia	2024	7857	EXPONENCIAL	130	25	173.3	15.8	20.5	23.6
Quimbaya	2024	12086	EXPONENCIAL	130	25	173.3	24.2	31.5	36.4
Filandia	2034	7512	EXPONENCIAL	130	25	173.3	15.1	19.6	22.6
Quimbaya	2034	11435	EXPONENCIAL	130	25	173.3	22.9	29.8	34.4

1.8.2. Demanda pecuaria

La demanda de uso pecuario hace referencia al recurso hídrico destinado para la cría, el levante, engorde beneficio y sacrificio de bovinos, porcinos, caprinos, ovinos y aves asociados con producción de carne, huevos, lana, leche y pieles (IDEAM, 2010). El cálculo de esta demanda se basó en la información histórica y actual reportada en los censos del Instituto Agropecuario (ICA) realizados para cada una de las especies mencionadas anteriormente (Anexo demanda hídrica).

A partir de los censos recopilados, se generó una proyección bajo los modelos matemáticos expuestos en la demanda doméstica y se seleccionó el que presento mejor

ajuste. Posteriormente estas proyecciones fueron multiplicadas por los módulos de consumo (Tabla 82) establecidos en la Evaluación Regional del Agua del departamento del Quindío, para estimar la demanda pecuaria para los municipios de Filandia y Quimbaya.

Tabla 82. Módulos de consumo por especie.

Especie	l/s/animal
Bovinos	86.4
Porcinos	25.92
Aves	0.2
Ovinos	17.28
Caprinos	15
Equinos	43.2
Bufalinos	86.4

Las demandas por especie pecuaria para cada año de proyección se encuentran recopiladas en el anexo demanda hídrica del PORH. En la Tabla 83 se encuentra sintetizada la demanda pecuaria para cada municipio de influencia en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista.

Tabla 83. Demanda pecuaria por municipio (2024-2034).

Municipio/año	Demanda pecuaria (l/s)	
	2024	2034
FILANDIA	17.4	75.1
QUIMBAYA	24.8	130.6

1.8.3. Demanda industrial

De acuerdo con las bases de datos de concesiones de la corporación autónoma regional del Quindío (CRQ) en el municipio de Quimbaya se encuentran 1.67 l/s concesionados para el uso industrial. Los resultados de los talleres participativos de diagnóstico y según la Evaluación Regional del Agua del departamento del Quindío, no se presentan demandas adicionales de tipo industrial en el área de estudio.

1.8.4. Demanda agrícola

Es la cantidad de agua que se emplea artificialmente para suplir las necesidades de riego de los cultivos. Esta demanda se calcula como la diferencia entre la evapotranspiración del cultivo (ETc) y la precipitación neta (Pn). En los casos en que Pn es mayor a ETc, la necesidad de riego es cero. La precipitación neta se calculó mediante el método del Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos (FAO, 1992).

La cantidad de riego depende del estado fenológico del cultivo, del clima, y el tipo de suelo. En este estudio, la necesidad de riego se calculó mediante el método de factores de cultivo (Kc) de la FAO, en el que la evapotranspiración de referencia (ETP) se multiplica por un coeficiente que depende del estado de desarrollo del cultivo y del tipo de cultivo (Tabla 84). Los cultivos y áreas cultivadas por municipio se tomaron de las estadísticas reportadas en la última Evaluación Agropecuaria del Quindío, y sus estados fenológicos más probables a nivel mensual se estimaron a partir de los calendarios de siembra reportados por el DANE para diferentes cultivos y la información regional de CENICAFÉ sobre la fenología del cultivo del café (CENICAFÉ, 2014).

Tabla 84. Coeficientes de cultivo

Cultivo	Tipo de Cultivo	kc	kc	kc
Café	Permanente	0,9	0,95	0,95
Aguacate	Permanente	0,6	0,85	0,75
Banano	Permanente	0,5	1,1	1
Cacao	Permanente	1	1,05	1,05
Caña	Permanente	0,75	1,25	0,75
Cítricos	Permanente	0,85	0,85	0,85
Granadilla	Permanente	0,7	1,2	0,9
Lulo	Permanente	0,6	1,1	0,7
Macadamia	Permanente	0,4	0,9	0,65
Plátano	Permanente	0,5	1,1	1
Yuca	Permanente	0,3	0,8	0,3
Piña	Permanente	0,5	0,3	0,3
Maracuyá	Permanente	0,7	1,2	0,9
Mora	Permanente	0,3	1,05	0,5
Papaya	Permanente	0,15	1	0,6
Aloe vero	Permanente	0,3	0,3	0,3
Tomate árbol	Permanente	0,3	0,8	0,3
Pastos	Permanente	0,3	0,75	0,75
Frijol	Transitorio	0,5	1,05	0,9
Maíz	Transitorio	1,2	1,2	0,5
Tomate	Transitorio	0,6	1,15	0,7
Tomate invernadero	Transitorio	0,6	1,15	0,7

La demanda para cada municipio se calculó a nivel mensual a través de la siguiente expresión:

$$D_i = \left(\sum_{n=1}^n (K_{ci} \times ETP_i - P_{ni}) \times A_c \right) \times \frac{10000}{m_i \times 86400}$$

D_i: demanda agrícola para el mes *i* (LPS)

kc_i es el coeficiente de cultivo para el cultivo *c* en el mes *i*

ETPi: Evapotranspiración potencial mensual multianual (mm) en el mes *i*

Pni: Precipitación neta mensual multianual (mm) en el mes *i*

Ac: Área del cultivo *c*

mi: número de días del mes *i*

Según la Encuesta Nacional Agropecuaria (DANE, 2023), el área dedicada a la producción agrícola en el departamento del Quindío no ha tenido variaciones significativas en los últimos años (Figura 64), y no se espera un aumento general de las superficies cultivadas. Por lo que a corto y largo plazo no se esperan aumentos significativos de la demanda agrícola de agua, como se evidenció anteriormente, la mayor parte de los requerimientos hídricos de los cultivos en la región se suplen por suministro pluvial.

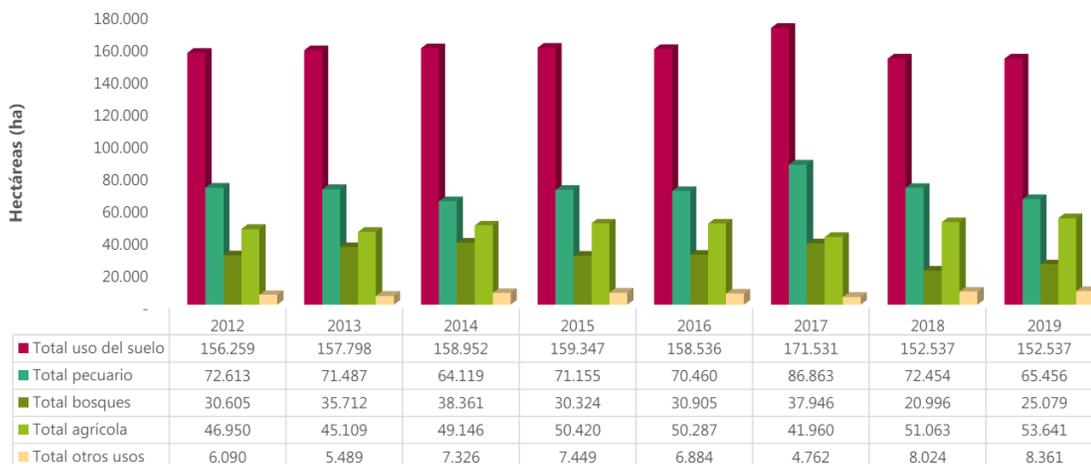


Figura 64. Variación del área agropecuaria cultivada en el departamento del Quindío (Fuente: DANE, 2023).

Municipio/mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
FILANDIA	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	122.2	229.0	260.6	220.0	0.0	0.0	0.0	69.3
QUIMBAYA	212.0	14.4	421.4	46.1	131.6	616.7	468.9	605.1	982.1	0.0	0.0	0.1	291.5

Tabla 85. Demanda agrícola mensual y anual en l/s para los municipios de Filandia y Quimbaya.

1.8.5. Demanda piscícola

De acuerdo con las bases de datos de concesiones de la Corporación Autónoma Regional del Quindío - CRQ, los resultados de los talleres participativos de diagnóstico

y según la Evaluación Regional del Agua del departamento del Quindío, no se presentan demandas de tipo piscícola en el área de estudio.

1.8.6. Demanda hídrica total

La demanda hídrica potencial en los municipios del área de influencia de la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista presenta valores mínimos de 60.6 l/s en Filandia y 219 l/s en Quimbaya. En contraste presenta valores máximos de 321 y 1201 l/s respectivamente en el año 2024 (Tabla 86).

Tabla 86. Demanda hídrica sectorial y total en los municipios de Filandia y Quimbaya calculada para 2024 en m³/s

Municipio	Clase	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Filandia	Demanda doméstica	0.0432	0.0432	0.0432	0.0432	0.0432	0.0432	0.0432	0.0432	0.0432	0.0432	0.0432	0.0432
	Demanda agrícola	0	0	0.0001	0	0	0.1222	0.229	0.2606	0.22	0	0	0
	Demanda pecuaria	0.0174	0.0174	0.0174	0.0174	0.0174	0.0174	0.0174	0.0174	0.0174	0.0174	0.0174	0.0174
	Demanda industrial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Demanda piscícola	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total		0.0606	0.0606	0.0607	0.0606	0.0606	0.1828	0.2896	0.3212	0.2806	0.0606	0.0606	0.0606
Quimbaya	Demanda doméstica	0.193	0.193	0.193	0.193	0.193	0.193	0.193	0.193	0.193	0.193	0.193	0.193
	Demanda agrícola	0.212	0.0144	0.4214	0.0461	0.1316	0.6167	0.4689	0.6051	0.9821	0	0	0.0001
	Demanda pecuaria	0.0248	0.0248	0.0248	0.0248	0.0248	0.0248	0.0248	0.0248	0.0248	0.0248	0.0248	0.0248
	Demanda industrial	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016
	Demanda piscícola	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total		0.4314	0.2338	0.6408	0.2655	0.351	0.8361	0.6883	0.8245	1.2015	0.2194	0.2194	0.2195

La demanda total concesionada en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista asciende a 0.22 m³/s, los tramos 1, 2, 3 y 5 son los que presentan mayores caudales demandados con valores de 4.7, 14.9, 187.7 y 13.1 l/s respectivamente (Tabla 87).

Tabla 87. Distribución de la demanda concesionada por tramo en ordenamiento

	Tipo Usuario	Vereda	Tipo de captación	Municipio	Fuente	Uso	Caudal (l/s)
Tramo 1	JURIDICO	VERGEL	SUPERFICIAL	FILANDIA	Q.AGUA BONITA	AGRICOLA	3.07
	JURIDICO	VERGEL	SUPERFICIAL	FILANDIA	Q.AGUA BONITA	PECUARIO	0.775
	JURIDICO	BAMBUCO ALTO	SUPERFICIAL	FILANDIA	Q. BUENAVISTA	DOMESTICO	0.92
	Total						4.765
Tramo 2	JURIDICO	CRUCES	SUPERFICIAL	FILANDIA	Q.BAMBUCO	AGRICOLA	8.17
	JURIDICO	CRUCES	SUPERFICIAL	FILANDIA	Q.BAMBUCO	PECUARIO	3.03
	JURIDICO	BAMBUCO ALTO	SUPERFICIAL	FILANDIA	Q. BOLSILLO	AGRICOLA	2.05
	JURIDICO	BAMBUCO ALTO	SUPERFICIAL	FILANDIA	Q. BOLSILLO	PECUARIO	1.05
	JURIDICO	BAMBUCO ALTO	SUPERFICIAL	FILANDIA	Q.BAMBUCO	DOMESTICO	0.47
	NATURAL	PARAISO	SUPERFICIAL	FILANDIA	QUEBRADA_BUENAVISTA	PECUARIO	0.066
	NATURAL	PARAISO	SUPERFICIAL	FILANDIA	QUEBRADA_BUENAVISTA	ACUICOLA	0.094
Total						14.93	
Tramo 3	JURIDICO	NARANJAL	SUPERFICIAL	FILANDIA	Q. ARMENIA	AGRICOLA	6.6
	JURIDICO	NARANJAL	SUPERFICIAL	FILANDIA	Q.ARMENIA	PECUARIO	1.9
	JURIDICO	VIGILANTE	SUPERFICIAL	FILANDIA	Q.CAUCHERA	AGRICOLA	1.425
	JURIDICO	VIGILANTE	SUPERFICIAL	FILANDIA	Q.CAUCHERA	PECUARIO	0.5341
	JURIDICO	NARANJAL	SUPERFICIAL	QUIMBAYA	Q.ARMENIA 1	AGRICOLA	35.6
	JURIDICO	NARANJAL	SUPERFICIAL	QUIMBAYA	Q.ARMENIA 1	PECUARIO	9.4
	JURIDICO	PARAISO	SUPERFICIAL	QUIMBAYA	Q. BUENAVISTA	DOMESTICO	130
	JURIDICO	CAUCHERA	SUPERFICIAL	FILANDIA	Q. ARMENIA	DOMESTICO	0.005
	JURIDICO	CAUCHERA	SUPERFICIAL	FILANDIA	Q. ARMENIA	PECUARIO	0.025
	JURIDICO	VIGILANTE	SUBTERRANEA	FILANDIA	ALJIBE	PECUARIO	1.71
NATURAL	PARAISO	SUPERFICIAL	FILANDIA	Q. INNOMINADA	DOMESTICO	0.05	
NATURAL	PARAISO	SUPERFICIAL	FILANDIA	Q. INNOMINADA	AGRICOLA	0.5	
Total						187.7491	
Tramo 4	NATURAL	TRES ESQUINAS	SUPERFICIAL	QUIMBAYA	Q. AGUA SUCIA	ACUICOLA	0.05
	NATURAL	ESMERALDA	SUPERFICIAL	QUIMBAYA	Q. INNOMINADA EL GUADALITO	ACUICOLA	0.49
	Total						0.54
Tramo 5	JURIDICO	KERMAN	SUPERFICIAL	QUIMBAYA	Q. LA SILENCIOSa	DOMESTICO	11
	NATURAL	CEILÁN	SUPERFICIAL	QUIMBAYA	Q. LA SILENCIOSA	AGRICOLA	2.125
	Total						13.125
Tramo 6	NATURAL	QUIMBAYA	SUPERFICIAL	QUIMBAYA	Q. MINA RICA	PECUARIO	0.226
	Total						0.226
Tramo 7	Total						0
Demanda concesionada Total		221.3351					

1.9. Indicadores de Presión por Uso del Agua y vulnerabilidad al Desabastecimiento Hídrico

1.9.1. Índice de uso del agua

El índice de uso del agua hace referencia a la relación porcentual entre la demanda de agua y la oferta hídrica disponible. Se calculó mediante la siguiente expresión:

$$IUA_t = \frac{Dhn_t}{Ohd_t} \times 100$$

Donde,

IUA_t ; es el índice de uso del agua en el mes t

Dhn_t ; es la demanda hídrica neta en el mes t

Ohd_t ; es la oferta hídrica disponible en el mes t

Clasifica la presión de la demanda sobre el recurso hídrico disponible de acuerdo con las siguientes categorías:

Tabla 88. Categorías del Índice de Uso del Agua

IUA	Categoría	Descripción
> 50	Muy Alto	La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible
20.01 a 50	Alto	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible
10.01 a 20	Moderado	La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible
1a 10	Bajo	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible
≤ 1	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible

El **tramo 1** presenta una presión Moderada por uso del agua en los meses de julio a agosto en condición hidrológica media y presión Baja el resto del año (Tabla 89); para la condición hidrológica seca, este tramo presenta una Muy Alta presión por el uso en los meses de febrero, julio a septiembre y noviembre, el resto del año la presión es Alta, a excepción del mes de marzo en el que la presión por uso es Moderada (Tabla 90).

El **tramo 2** evidencia una presión Alta por uso en los meses de febrero y junio a octubre y Moderada el resto del año en condición hidrológica media; para año seco, la presión es Muy Alta todos los meses, a excepción de marzo que presenta una presión Alta.

El **tramo 3** tiene una presión Muy Alta por uso en los meses enero, febrero y de abril a noviembre, y Alta en los meses de marzo y diciembre en condición hidrológica media; para año seco, todos los meses del año tienen una presión Muy Alta por el uso.

En el **tramo 4** se observa una presión Muy Baja por el uso del agua durante todo el año hidrológico medio; en año seco la presión es Baja y Muy Baja.

El **tramo 5** evidencia una presión Alta por uso durante todos los meses del año hidrológico medio, mientras que para año seco se incrementa la presión a Muy Alta.

Los **tramos 6 y 7** presentan una presión por uso Muy Baja en año medio; en el tramo 6 se incrementa ligeramente la presión por uso a Baja en año seco, y el tramo 7 mantiene una presión Muy Baja aún en año seco.

Tabla 89. Índices de uso del agua mensual de los tramos en ordenamiento para año medio

		Año Medio											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Tramo 1	OHTD (m3/s)	0.066	0.059	0.071	0.068	0.065	0.051	0.042	0.037	0.037	0.058	0.068	0.081
	Demanda (m3/s)	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
	IUA	7.2	8.1	6.7	7.0	7.3	9.4	11.3	13.0	12.9	8.2	7.0	5.9
Tramo 2	OHTD (m3/s)	0.080	0.070	0.087	0.080	0.075	0.060	0.049	0.045	0.043	0.069	0.081	0.099
	Demanda (m3/s)	0.0149	0.0149	0.0149	0.0149	0.0149	0.0149	0.0149	0.0149	0.0149	0.0149	0.0149	0.0149
	IUA	18.6	21.3	17.1	18.7	19.9	24.8	30.7	33.5	34.6	21.6	18.4	15.1
Tramo 3	OHTD (m3/s)	0.3605	0.3131	0.3828	0.3613	0.3126	0.2639	0.2196	0.1977	0.1959	0.3187	0.3683	0.4538
	Demanda (m3/s)	0.1877	0.1877	0.1877	0.1877	0.1877	0.1877	0.1877	0.1877	0.1877	0.1877	0.1877	0.1877
	IUA	52.1	60.0	49.0	52.0	60.1	71.1	85.5	95.0	95.8	58.9	51.0	41.4
Tramo 4	OHTD (m3/s)	1.4877	1.3353	1.3533	1.4024	1.4314	1.3017	1.0677	0.908	0.8842	1.125	1.5382	1.6932
	Demanda (m3/s)	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
	IUA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
Tramo 5	OHTD (m3/s)	0.046	0.0433	0.0497	0.0537	0.0511	0.0464	0.042	0.0405	0.0392	0.0412	0.0549	0.0521
	Demanda (m3/s)	0.0131	0.0131	0.0131	0.0131	0.0131	0.0131	0.0131	0.0131	0.0131	0.0131	0.0131	0.0131
	IUA	28.5	30.3	26.4	24.5	25.7	28.3	31.3	32.4	33.5	31.8	23.9	25.2
Tramo 6	OHTD (m3/s)	0.0421	0.0427	0.0475	0.0505	0.0502	0.0442	0.0396	0.0379	0.0372	0.0435	0.0545	0.0488
	Demanda (m3/s)	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
	IUA	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.5	0.4	0.5
Tramo 7	OHTD (m3/s)	0.5216	0.4588	0.5646	0.526	0.49	0.426	0.3606	0.3357	0.3292	0.4679	0.5508	0.6279
	Demanda (m3/s)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	IUA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabla 90. Índices de uso del agua mensual de los tramos en ordenamiento para año seco

		Año Seco											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Tramo 1	OHTD (m3/s)	0.012	0.006	0.026	0.015	0.012	0.015	0.006	0.005	0.003	0.021	0.007	0.016
	Demanda (m3/s)	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048	0.0048
	IUA	39.7	73.8	18.7	32.9	39.8	31.6	80.1	95.1	158.5	23.1	70.1	29.2
Tramo 2	OHTD (m3/s)	0.012	0.007	0.030	0.017	0.014	0.018	0.007	0.006	0.004	0.023	0.014	0.019
	Demanda (m3/s)	0.0149	0.0149	0.0149	0.0149	0.0149	0.0149	0.0149	0.0149	0.0149	0.0149	0.0149	0.0149
	IUA	120.7	210.2	49.6	87.1	104.7	82.4	205.8	244.2	420.6	66.0	108.9	77.7
Tramo 3	OHTD (m3/s)	0.0499	0.0347	0.1247	0.0982	0.0619	0.0886	0.0291	0.0303	0.0173	0.1094	0.0653	0.0858
	Demanda (m3/s)	0.1877	0.1877	0.1877	0.1877	0.1877	0.1877	0.1877	0.1877	0.1877	0.1877	0.1877	0.1877
	IUA	376.5	540.5	150.6	191.2	303.4	212.0	645.7	619.3	1084.8	171.7	287.5	218.9
Tramo 4	OHTD (m3/s)	0.0516	0.0405	0.1424	0.1289	0.0894	0.1044	0.0325	0.0376	0.0201	0.1267	0.0562	0.099
	Demanda (m3/s)	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
	IUA	1.0	1.3	0.4	0.4	0.6	0.5	1.7	1.4	2.7	0.4	1.0	0.5
Tramo 5	OHTD (m3/s)	0.0048	0.0032	0.0081	0.02	0.0157	0.0078	0.0025	0.004	0.0029	0.0101	0.0111	0.0075
	Demanda (m3/s)	0.0131	0.0131	0.0131	0.0131	0.0131	0.0131	0.0131	0.0131	0.0131	0.0131	0.0131	0.0131
	IUA	275.7	408.4	161.9	65.5	83.5	168.6	527.7	324.2	457.3	130.3	118.3	175.1
Tramo 6	OHTD (m3/s)	0.0051	0.0042	0.0074	0.022	0.0218	0.0065	0.0027	0.0036	0.0035	0.0105	0.0152	0.0063
	Demanda (m3/s)	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
	IUA	4.5	5.4	3.0	1.0	1.0	3.5	8.3	6.3	6.4	2.1	1.5	3.6
Tramo 7	OHTD (m3/s)	0.0566	0.0483	0.1676	0.1664	0.1286	0.1197	0.0344	0.0458	0.0269	0.1491	0.0663	0.1134
	Demanda (m3/s)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	IUA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

1.9.2. Índice de Vulnerabilidad Hídrica al Desabastecimiento (IVH)

El IVH establece el grado de susceptibilidad del sistema hídrico para mantener una oferta hídrica aprovechable. Según IDEAM (2018), su valor se determina mediante una matriz que relaciona rangos del índice de regulación hídrica (IRH) con el índice de uso del agua (IUA), como se presenta a continuación (Tabla 91):

Tabla 91. Categorías del índice de vulnerabilidad hídrica al desabastecimiento

Índice de uso del agua	Índice de regulación	Categoría de Vulnerabilidad	Valor
Muy bajo	Alto	Muy bajo	1
Muy bajo	Moderado	Bajo	2
Muy bajo	Bajo	Medio	3
Muy bajo	Muy bajo	Medio	3
Bajo	Alto	Bajo	2
Bajo	Moderado	Bajo	2
Bajo	Bajo	Medio	3
Bajo	Muy bajo	Medio	3
Medio	Alto	Medio	3
Medio	Moderado	Medio	3
Medio	Bajo	Alto	4
Medio	Muy bajo	Alto	4
Alto	Alto	Medio	3
Alto	Moderado	Alto	4
Alto	Bajo	Alto	4
Alto	Muy bajo	Muy alto	5
Muy alto	Alto	Medio	3
Muy alto	Moderado	Alto	4
Muy alto	Bajo	Alto	4
Muy alto	Muy bajo	Muy alto	5

Debido a que los siete (7) tramos en ordenamiento presentan un índice de regulación y retención hídrica Alto y Muy Alto durante todo el año, la vulnerabilidad hídrica al desabastecimiento varía de Muy Baja a Media, siendo los tramos 1, 2, 3 y 5 los que presentan mayor vulnerabilidad en ambas condiciones hidrológicas (Tabla 92).

Tabla 92. Índice de vulnerabilidad hídrica al desabastecimiento (IVH) mensual en año medio y año seco

	IVH (Año Medio)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Tramo 1	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Media	Media	Baja	Baja	Baja
Tramo 2	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media
Tramo 3	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media
Tramo 4	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja
Tramo 5	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media
Tramo 6	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja
Tramo 7	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja
	IVH (Año Seco)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Tramo 1	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media
Tramo 2	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media
Tramo 3	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media
Tramo 4	Baja	Baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Baja	Baja	Baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja
Tramo 5	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media
Tramo 6	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
Tramo 7	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja	Muy baja

1.10. Estado de calidad fisicoquímica del agua

1.10.1. Definición de la estructura conceptual para la modelación de la calidad de agua

En esta sección se presentan las necesidades de información base requerida para la implementación del modelo de calidad de aguas sobre los cuerpos de agua objeto de ordenamiento, así como un detallado protocolo de modelación estructurado con base en los objetivos planteados para el proyecto. De igual forma, se desarrolla un modelo conceptual de calidad del agua el cual identifica las entradas y salidas involucradas en el sistema hidrológico a modelar.

Con el fin de satisfacer los propósitos de la formulación del PORH, se proporciona un resumen de los modelos de calidad disponibles, al tiempo que se especifica el criterio de selección de este. Conscientes de la importancia de la precisión en los parámetros para tener en cuenta, se traza un plan de monitoreo meticuloso, crucial para el desarrollo de las actividades de campo y la recopilación de datos diseñadas para cumplir cabalmente con las necesidades informativas que el modelo requiere.

1.10.1.1. Definición de requisitos de información adicional para la implementación del modelo

Una vez realizada la revisión de la información disponible en relación con los componentes oferta y calidad de agua para la unidad hidrográficas de la quebrada Buenavista y/o sobre las fuentes hídricas en ordenamiento, se evidencia poca instrumentación sobre los cuerpos de agua presentando deficiencias para el monitoreo integral del recurso hídrico. A partir de lo anterior, se crea la necesidad de disponer de información adicional para la implementación del modelo de calidad de agua como lo son los caudales de las fuentes hídricas entrantes al sistema. Para ello, se realizan estimaciones de caudal mediante modelos hidrológicos, para las fechas de monitoreo con el fin de complementar la información necesaria para la calibración y validación del modelo, así como para condiciones de caudal mínimo, con el fin de utilizarlos en los escenarios de simulación.

1.10.1.2. Protocolo de modelación

El protocolo o marco de modelación de calidad del agua utilizado en el presente estudio (Figura 65) corresponde a una adaptación de la propuesta presentada en la Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico para Aguas Superficiales Continentales (MADS, 2018). Como primera medida, se deberá establecer los objetivos y el alcance de la modelación, que para toda formulación de PORH debe estar alineado con:

- Establecer la destinación y el uso de los cuerpos de agua
- Definir o ajustar objetivos de calidad para lograr los usos deseados en conformidad con las medidas de control sobre el recurso hídrico
- Determinar límites a descargas de aguas residuales sobre los tramos establecidos
- Identificar amenazas y riesgos

Una vez definidos los objetivos para la implementación del modelo de simulación, se realiza una investigación preliminar la cual consiste en la recopilación de información de instrumentos existentes, determinando así el estado actual del recurso en función de su cantidad y calidad, y caracterizando la zona de estudio a fin de obtener un conocimiento/entendimiento del sistema a modelar. A partir de lo anterior, es posible diseñar la estructura conceptual del modelo, identificando tanto las entradas como las salidas del sistema y los posibles factores de alteración fisicoquímica a las fuentes hídricas.

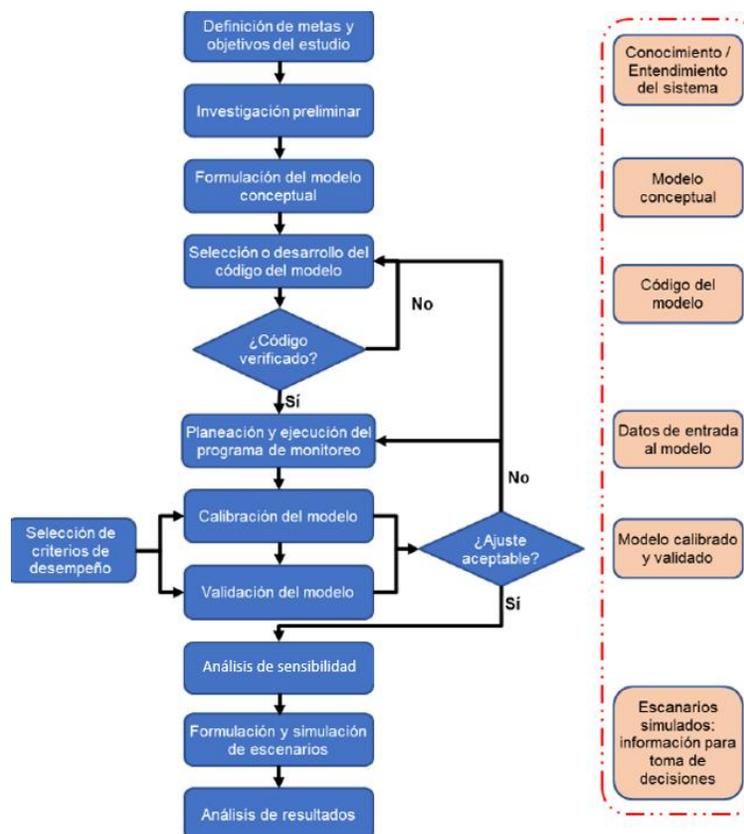


Figura 65. Protocolo de modelación de calidad del agua. Fuente: (MADS, 2018)

La selección o desarrollo del código del modelo a implementar no solo está en función de los resultados buscados y el objetivo del PORH, también considera los procesos que se desean representar en la simulación, los cuales han sido previamente identificados

en la conceptualización o esquematización del sistema, eligiendo la mejor herramienta que esté en la capacidad de representar dichos procesos.

Paralelamente, se planea y ejecuta el programa de monitoreo de cantidad y calidad de agua, el cual proporcionará la información requerida para la calibración y validación del modelo suministrando los datos suficientes para estimar de manera preliminar los parámetros de mismo. Calibrado y validado el modelo se formulan los escenarios de simulación para condiciones de caudal mínimo para las principales fuentes hídricas, desarrollando un análisis de los resultados con el fin de predecir los impactos sobre estas, en proyecciones de carga para el mediano y largo plazo, bajo diferentes condiciones de saneamiento.

1.10.1.3. Esquema conceptual

Un modelo conceptual permite entender de forma clara y concisa todos aquellos elementos que influyen en la calidad del agua del sistema a modelar (MADS, 2018) permitiendo identificar las diferentes entradas, salidas y las características fisicoquímicas de las fuentes hídricas a analizar, así como los principales usos del agua y su influencia en posibles cambios a la estructura natural del sistema. La Figura 66 describe conceptualmente la estructura general para la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista, siendo esta un insumo principal para la implementación del modelo de calidad de agua.

Sobre la quebrada Buenavista en la parte alta la corriente no se evidencia potenciales alteraciones del recurso hídrico provenientes de aguas residuales de algún sector, aun así, a la altura de la bocatoma para el centro poblado de Quimbaya, los monitoreos históricos por parte de la CRQ han mostrado altas concentraciones de coliformes fecales y coliformes totales superiores a los mínimos permisibles para el consumo humano y doméstico como se refleja en el estudio de modelación de calidad (CRQ, 2015). Una posible causa es la presencia de actividades agropecuarias aguas arriba de la captación, provocando el aporte de carga contaminante difusa a al cauce principal de la quebrada Buenavista y a afluentes como la quebrada Bambuco y la quebrada Agua Bonita.

Antes de su paso por el centro poblado de Quimbaya, la quebrada Buenavista recibe el aporte de dos afluentes importantes: las quebradas La Arenosa y Armenia. Para la quebrada La Arenosa se evidencia gran presencia de actividades pecuarias situadas aledañas a su cauce principal como se refleja en la Figura 43, al igual que para la quebrada Armenia, siendo esta última un afluente de gran longitud y aporte en volumen. Otra conexión hidráulica presente es el retorno de agua realizado por las Empresas Públicas del Quindío (EPQ) como sobrante de su captación aguas arriba para consumo humano.

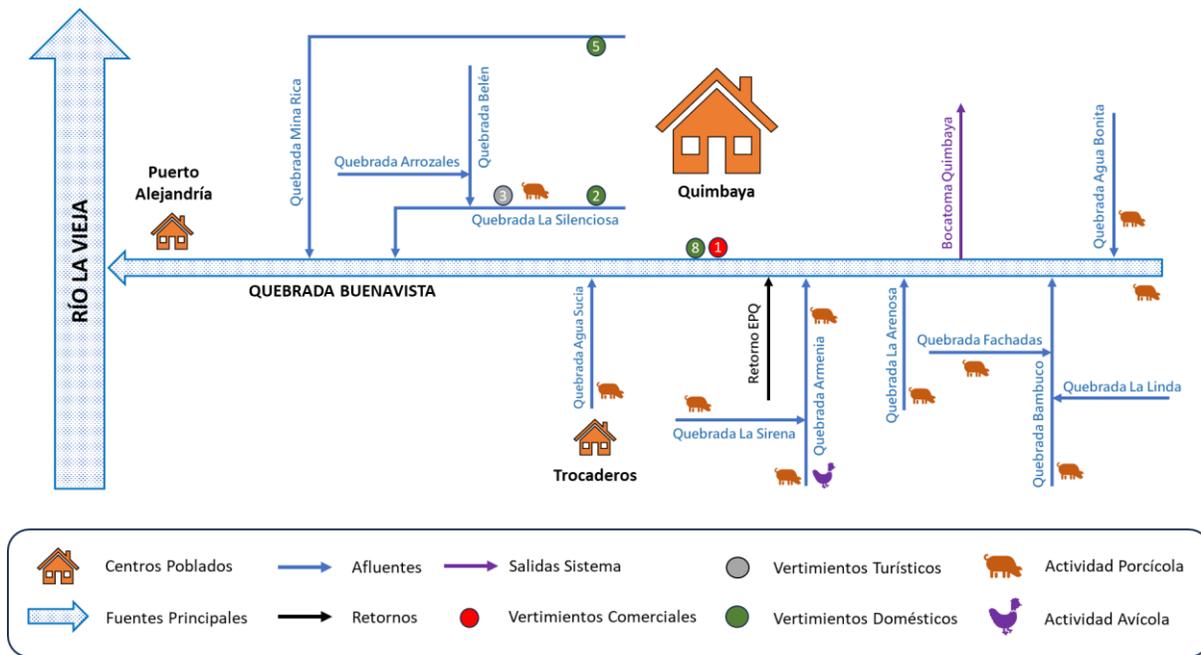


Figura 66. Representación conceptual de la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

El tramo sobre la quebrada Buenavista correspondiente desde aguas abajo del retorno EPQ y aguas arriba de la confluencia de la quebrada La Silenciosa, se presentan descargas directas de aguas residuales domésticas y comercial del casco urbano de Quimbaya, alterando sustancialmente la calidad del agua sobre este cuerpo de agua. Igualmente, este tramo recibe aportes por parte de la quebrada Agua Sucia, asumiendo una posible recuperación de sus características fisicoquímicas con la dilución de su carga contaminante.

Los otros cuerpos de agua objeto de ordenamiento (quebradas La Silenciosa y Mina Rica) al igual que la quebrada Buenavista, sufren alteraciones por aporte de aguas residuales. Por un lado, la quebrada La Silenciosa presenta vertimientos domésticos en la parte alta y vertimientos del sector turismo en su parte baja, siendo necesario un análisis completo de los cambios en las condiciones naturales del flujo y su capacidad de autodepuración y asimilación de agentes contaminantes con el aporte de la quebrada Belén antes de su confluencia a la quebrada Buenavista. Por otro lado, la quebrada Mina Rica, su alteración se presenta solo en la parte alta a la altura del casco urbano de Quimbaya, por lo que es de esperar un proceso de recuperación de la calidad del flujo hasta el final de su tramo.

1.10.1.4. Definición de los determinantes de calidad del agua a simular

La definición de los determinantes de calidad del agua a considerar para las campañas de monitoreo proyectadas (Tabla 93) se establece acorde a las variables físicas, químicas, microbiológicas e hidrobiológicas sugeridas por la Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico para Aguas Superficiales Continentales (MADS, 2018), las cuales fueron divididas en tres grupos denominados “Superficial Completo”, “Superficial Básico” y “Vertimientos”.

El grupo “Superficial Completo” mide la totalidad de los determinantes recomendados por la guía correspondientes a puntos de control donde se mide la totalidad de los parámetros de calidad del agua con fines modelación y así realizar la caracterización de los principales cuerpos de agua. El grupo “Superficial Básico” corresponde a puntos de monitoreo donde no se miden algunos determinantes de calidad del agua, los cuales no serían relevantes para la implementación del modelo ya que se cuenta con suficiente información en otros puntos de control, con lo cual se permite realizar el balance de masas. El grupo “Vertimientos” corresponde a los monitoreos realizados sobre los vertimientos más importantes identificados debido a su potencial aporte en carga contaminante a las fuentes hídricas.

La Tabla 93 detalla los determinantes (parámetros) de calidad a medir para cada grupo de monitoreo, al igual de señalar los parámetros a tener en cuenta en la modelación de calidad y por balance de masa.

1.10.1.5. Definición del número de campañas a realizar

El desarrollo del plan de monitoreo para la formulación del PORH de la quebrada Buenavista y tributarios priorizados contempló realizar dos campañas de monitoreo. La primera campaña se realizó en condición hidrológica seca y la segunda en condición hidrológica húmeda tal como lo sugiere la guía para el ordenamiento del recurso hídrico (MADS, 2018). Por su parte, la campaña en época seca fue el insumo para el proceso de calibración del modelo de calidad de agua y la campaña en época húmeda se realizó con fines de validación.

Los monitoreos fueron adelantados por parte un laboratorio ambiental, el cual cuenta con Acreditación por parte del IDEAM para la toma y análisis de muestras, dando cumplimiento a lo establecido en el Decreto 1600 de 2004, compilado en el Decreto 1076 de 2015.

Tabla 93. Determinantes de calidad del agua monitoreados

	Parámetro	Unidades	Superficial Completo	Superficial Básico	Vertimientos	Modelación	Balance de Masa
In Situ	Caudal (molinete) y toma de muestra	m ³ /s	X	X		X	
	Caudal (volumétrico) y toma de muestra compuesta 8 horas (valor alícuota hora)	l/s			X	X	
	pH	[Unidad]	X	X	X	X	
	Conductividad eléctrica	[μS/cm]	X	X	X	X	
	Oxígeno disuelto	[mg/L O ₂]	X	X	X	X	
	Temperatura del agua	[°C]	X	X	X	X	
	Fisicoquímicos Básicos	Alcalinidad	[mg/L CaCO ₃]	X	X	X	X
Dureza Total		[mg/L CaCO ₃]	X		X		
DBO ₅ Total		[mg/L O ₂]	X	X	X	X	
DBO ₅ Filtrada		[mg/L O ₂]	X		X	X	
DQO Total		[mg/L O ₂]	X	X	X	X	
DBO última		[mg/L O ₂]	X		X	X	
Sólidos suspendidos totales		[mg/L]	X	X	X	X	
Sólidos suspendidos volátiles		[mg/L]	X		X	X	
Sólidos sedimentables		[mL/L]			X		
Sólidos disueltos totales		[mg/L]	X	X	X		
Turbiedad		[UNT]	X	X	X		
Nitrógeno total		[mg/L N]	X	X	X	X	
Nitrógeno amoniacal		[mg/L N-NH ₃]	X		X	X	
Nitritos		[mg/L N-NO ₂]	X	X	X	X	
Nitratos		[mg/L N-NO ₃]	X	X	X	X	
Fósforo total		[mg/L P]	X	X	X	X	
Ortofosfatos		[mg/L P-PO ₄]	X	X	X	X	
Grasas y aceites	[mg/L]	X		X			

	Parámetro	Unidades	Superficial Completo	Superficial Básico	Vertimientos	Modelación	Balance de Masa
	SAAM	[mg/L]	X		X		X
	Fenoles	[mg/L]	X		X		X
	Hidrocarburos totales del petróleo	[mg/L]	X		X		
	Clorofila-a	[mg/L Chl-a]	X			X	
	Compuestos organoclorados	[mg/L]	X				X
	Compuestos organofosforados	[mg/L]	X				X
Metales y Metaloides	Arsénico (As)	[mg/L]	X		X		X
	Bario (Ba)	[mg/L]	X		X		X
	Cadmio (Cd)	[mg/L]	X		X		X
	Cinc (Zn)	[mg/L]	X		X		X
	Cobre (Cu)	[mg/L]	X		X		X
	Cromo Hexavalente (Cr+6)	[mg/L]	X		X		
	Hierro (Fe)	[mg/L]	X		X		X
	Manganeso (Mn)	[mg/L]	X		X		X
	Mercurio (Hg)	[mg/L]	X		X		X
	Níquel (Ni)	[mg/L]	X		X		X
	Plomo (Pb)	[mg/L]	X		X		X
	Selenio (Se)	[mg/L]	X		X		X
Vanadio (Va)	[mg/L]	X		X		X	
Iones	Cianuros	[mg/L CN-]	X		X		X
	Cloruros	[mg/L Cl-]	X		X		X
	Sulfatos	[mg/L SO42-]	X		X		X
	Calcio	[mg/L]	X				X
	Magnesio	[mg/L]	X				
	Sodio	[mg/L]	X				X
MBio	Coliformes termotolerantes	[NMP/100mL]	X	X	X		
	Coliformes totales	[NMP/100mL]	X	X	X	X	

1.10.1.6. Segmentación del sistema hidrológico para la modelación

Para efectos de implementar la modelación de calidad del agua para la formulación del PORH sobre la quebrada Buenavista y tributarios priorizados, se realizó la segmentación del sistema a modelar contemplando la definición de los tramos o sectores de análisis establecidos en la Tabla 58 y los criterios de estabilidad y precisión numérica del modelo como sugiere la guía (MADS, 2018).

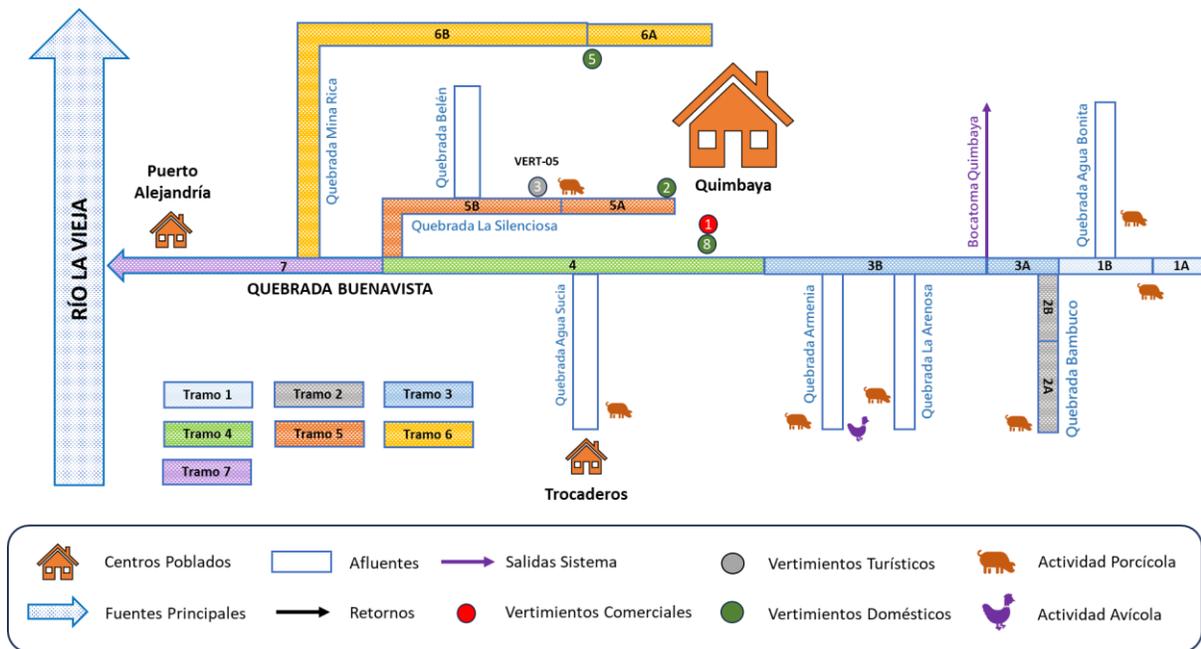


Figura 67. Representación distribución Unidades Mínimas de Análisis (UMA) para el PORH de la quebrada Buenavista

La segmentación de los tramos incluye las principales captaciones destinadas al consumo humano y doméstico ubicadas en las corrientes objeto de ordenamiento, las cuales se utilizan como puntos de división entre los segmentos definidos como Unidades de Manejo Ambiental (UMA) en el Plan de Ordenación y Regulación de las Cuencas Hidrográficas (PORH) de la Quebrada Buenavista (Figura 67). Es importante destacar que, en el caso de las microcuencas correspondientes a niveles subsiguientes de estos afluentes, su efecto se considera de manera agregada en el tramo de análisis. Esto se logra definiendo como condición de frontera del modelo aquellos puntos que integran las transformaciones en la calidad del agua ocurridas aguas arriba de los afluentes (MADS, 2018).

Tabla 94. Unidades Mínimas de Análisis (UMA) establecidos para la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

Cuerpo de Agua	Tramo	UMA	Descripción	Longitud (Km)	Posición	Latitud	Longitud	CTM12_Y	CTM12_X	OESTE_Y	OESTE_X		
Quebrada Buenavista	1	1A	Nacimiento de la Quebrada Buenavista - Captación Acueducto Regional Rural de Filandia (Q. Buenavista)	0.79	Inicio	04° 39' 50.74" N	075° 40' 19.49" W	2073939.3	4703654.2	1007663.3	1155952.3		
					Final	04° 39' 47.44" N	075° 40' 43.42" W	2073840.8	4702916.1	1007560.4	1155214.8		
		2B	Captación Acueducto Regional Rural de Filandia (Q. Buenavista) - Confluencia de la Quebrada Bambuco	8.44	Inicio	04° 39' 47.44" N	075° 40' 43.42" W	2073840.8	4702916.1	1007560.4	1155214.8		
					Final	04° 38' 25.98" N	075° 43' 23.35" W	2071356.7	4697975.9	1005047.9	1150289.2		
		Quebrada Bambuco	2	2A	Nacimiento de la Quebrada Bambuco - Captación Acueducto Regional Rural de Filandia (Q. Bambuco)	0.66	Inicio	04° 39' 32.16" N	075° 40' 30.08" W	2073369.8	4703325.6	1007091.9	1155627.0
							Final	04° 39' 26.64" N	075° 40' 41.09" W	2073201.5	4702985.5	1006921.5	1155287.9
2B	Captación Acueducto Regional Rural de Filandia (Q. Bambuco) - Desembocadura a la Quebrada Buenavista			8.5	Inicio	04° 39' 26.64" N	075° 40' 41.09" W	2073201.5	4702985.5	1006921.5	1155287.9		
					Final	04° 38' 25.98" N	075° 43' 23.35" W	2071356.7	4697975.9	1005047.9	1150289.2		
Quebrada Buenavista	3	3A	Desembocadura de la Quebrada Bambuco - Captación Bocatoma Municipal Quimbaya	3.27	Inicio	04° 38' 25.98" N	075° 43' 23.35" W	2071356.7	4697975.9	1005047.9	1150289.2		
					Final	04° 37' 54.75" N	075° 44' 9.25" W	2070402.6	4696557.0	1004085.7	1148875.8		
		3B	Captación Bocatoma Municipal Quimbaya - Aguas Arriba Casco Urbano Quimbaya	3.97	Inicio	04° 37' 54.75" N	075° 44' 9.25" W	2070402.6	4696557.0	1004085.7	1148875.8		
					Final	04° 37' 6.85" N	075° 45' 5.35" W	2068937.5	4694821.7	1002610.8	1147149.1		
		4	4	Aguas Arriba Casco Urbano Quimbaya - Desembocadura de la Quebrada La Silenciosa	18.16	Inicio	04° 37' 6.85" N	075° 45' 5.35" W	2068937.5	4694821.7	1002610.8	1147149.1	
						Final	04° 36' 49.89" N	075° 50' 20.64" W	2068454.6	4685097.9	1002072.3	1137429.6	
Quebrada La Silenciosa	5	5A	Nacimiento de la Quebrada La Silenciosa - Captación Acueducto La Silenciosa	7.13	Inicio	04° 37' 18.34" N	075° 46' 6.47" W	2069297.7	4692938.5	1002960.1	1145264.0		

Cuerpo de Agua	Tramo	UMA	Descripción	Longitud (Km)	Posición	Latitud	Longitud	CTM12_Y	CTM12_X	OESTE_Y	OESTE_X
Quebrada Mina Rica	6				Final	04° 36' 36.64" N	075° 49' 12.29" W	2068038.9	4687203.9	1001668.7	1139537.5
					Inicio	04° 36' 36.64" N	075° 49' 12.29" W	2068038.9	4687203.9	1001668.7	1139537.5
		5B	Captación Acueducto La Silenciosa - Desembocadura a la Quebrada Buenavista	2.7	Final	04° 36' 49.89" N	075° 50' 20.64" W	2068454.6	4685097.9	1002072.3	1137429.6
		6A	Nacimiento de la Quebrada Mina Rica - Aguas Abajo Casco Urbano Quimbaya	2.98	Inicio	04° 37' 26.87" N	075° 45' 57.41" W	2069558.8	4693218.9	1003222.8	1145542.9
					Final	04° 37' 52.36" N	075° 47' 10.4" W	2070351.0	4690971.4	1004002.1	1143291.2
		6B	Aguas Abajo Casco Urbano Quimbaya - Desembocadura a la Quebrada Buenavista	8.6	Inicio	04° 37' 52.36" N	075° 47' 10.4" W	2070351.0	4690971.4	1004002.1	1143291.2
Quebrada Buenavista	7	7	Desembocadura de la Quebrada La Silenciosa - Desembocadura al Río La Vieja	2.61	Final	04° 36' 59.58" N	075° 50' 29.05" W	2068753.1	4684839.8	1002369.3	1137169.8
					Inicio	04° 36' 49.89" N	075° 50' 20.64" W	2068454.6	4685097.9	1002072.3	1137429.6
					Final	04° 37' 24.49" N	075° 51' 7.63" W	2069523.5	4683653.0	1003132.6	1135978.9

Nota: Las coordenadas referenciadas en la presente tabla como CTM12 corresponden al sistema de proyección MAGNA-SIRGAS Origen Nacional (EPSG: 9377), adoptado como el sistema de proyección cartográfica oficial para Colombia mediante la Resolución 370 de 2021. Por su parte, las coordenadas identificadas como OESTE corresponden al sistema de proyección MAGNA-SIRGAS Colombia Oeste (EPSG: 3115), implementado por la CRQ.

1.10.1.7. Selección del modelo de calidad de agua

Una de las principales tareas a realizar en todo proceso de modelación de calidad de agua es elegir el modelo más adecuado a implementar acorde a las características del sistema, los objetivos planteados y las necesidades del estudio.

La revisión detallada de los modelos de dominio público para la modelación de la calidad del agua en corrientes superficiales se puede encontrar en Kannel et al. (2010), Cox (2003) y, más recientemente, en Wang et al. (2013). De acuerdo con lo presentado por dichos autores, los modelos QUAL2K y WASP, ambos de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA), tienen los componentes necesarios para la modelación del caso de estudio. A diferencia del primero, WASP es más apropiado para la modelación de sustancias tóxicas; no obstante, presenta una desventaja importante que consiste en la dificultad de calibrarlo automáticamente dado que carece de un módulo para ello y no permite ser ejecutado en segundo plano (batch mode). Por otra parte, mientras la versión más reciente de QUAL2K de la USEPA, desarrollado en el entorno Excel, no incluye explícitamente un módulo de autocalibración, mediante el uso de macros es posible hacer múltiples simulaciones en línea. No obstante, para este último software, también existe la posibilidad de utilizar una versión paralela desarrollada por el Departamento de Ecología del Estado de Washington, QUAL2Kw, la cual incorpora un algoritmo genético para la autocalibración del modelo. Esta entidad también ha desarrollado herramientas (plug-ins) complementarias como YASAIw, basada en Excel, para realizar simulaciones de Monte Carlo y facilitar el respectivo análisis de sensibilidad e incertidumbre. La versión más reciente del software QUAL2Kw es la 6.0, cuya principal diferencia con la versión 5.1 es que incluye la opción de la modelación dinámica de la calidad del agua, el análisis hidráulico de flujo no uniforme y no permanente, y la inclusión de zonas de almacenamiento temporal. Estas nuevas capacidades no son necesarias para este trabajo de modelación, puesto que se plantea el desarrollo de un modelo en estado estable y se supone que la descarga de las aguas residuales es continua y constante en el tiempo, con el fin de considerar un efecto en condiciones de equilibrio sobre el cuerpo receptor.

1.10.1.8. Descripción general de la estructura del modelo seleccionado

El software de modelación QUAL2Kw es una versión moderna del programa Qual2E (Brown y Barnwell, 1985). La versión 5.1 de QUAL2Kw corresponde a un modelo unidimensional de flujo uniforme y permanente que permite el cálculo dinámico de la calidad del agua a nivel diario (con intervalos de 1 hora) y está programado en el entorno Microsoft Excel. Está bien documentado y se puede obtener de forma gratuita (<http://www.ecy.wa.gov/>).

QUAL2Kw permite utilizar tramos de diferentes tamaños, introducir múltiples cargas y abstracciones en cada uno y utilizar dos formas de DBO carbonácea para representar el carbono orgánico disuelto; estas formas son la lentamente oxidable (DBO lenta) y la rápidamente oxidable (DBO rápida). Adicionalmente, la materia orgánica particulada inerte (detritos) también es simulada. Es apropiado para la simulación de condiciones anóxicas o anaerobias, ya que inhibe las reacciones de oxidación para niveles bajos o nulos de oxígeno disuelto. Además, la desnitrificación es modelada como una reacción de primer orden que incrementa su efecto a bajas concentraciones de oxígeno. El programa de modelación calcula endógenamente los procesos en la interfaz sedimento-agua y en la zona hiporreica (esta última opcional), aunque permite que los primeros sean prescritos.

El modelo simula explícitamente las algas de fondo (aparte del fitoplancton), las cuales pueden representar la presencia de perifiton y/o macrófitas. La extinción de luz en la columna de agua es calculada en función de las algas, los detritos y los sólidos inorgánicos. La alcalinidad, el carbono inorgánico total y el pH en el cuerpo de agua también son simulados. Los patógenos genéricos son simulados en función de la temperatura, la luz y sedimentación. El software incluye un algoritmo genético para la calibración automática de los parámetros del modelo (constantes y tasas de transformación). La documentación y teoría completas para QUAL2Kw está disponible en Pelletier y Chapra (2008).

Datos de entrada: Los datos de entrada incluyen: localización, fecha, opciones de control para la integración numérica de las ecuaciones de balance de masa, caudal y concentraciones en la condición de frontera aguas arriba (cabecera), condiciones de frontera de caudal y concentración para las fuentes puntuales y difusas de contaminación, longitudes de los segmentos y tramos, elevaciones, geometría e hidráulica (curvas de calibración de profundidad y velocidad, o los parámetros para resolver la ecuación de Manning considerando flujo uniforme y sección trapezoidal), temperatura del aire, temperatura del punto de rocío, velocidad del viento, cobertura de nubes, sombra, parámetros para el modelo de atenuación de luz en la columna de agua, opciones para los modelos de radiación solar, evaporación y radiación de onda larga, valores de los parámetros (constantes y tasas de transformación) que gobiernan la calidad del agua, los parámetros de control del algoritmo genético para la calibración automática opcional de las constantes y tasas de transformación de la calidad del agua.

Ventajas del software de modelación: QUAL2Kw tiene la capacidad de convertir la muerte de algas en una demanda bioquímica carbonácea de oxígeno. Por lo tanto, este modelo es apropiado cuando las macrófitas desempeñan un rol importante en el sistema modelado.

Suposiciones y simplificaciones realizadas en el modelo: Para la implementación de QUAL2Kw en modo de estado estable es necesario hacer las siguientes suposiciones básicas:

1. Flujo permanente.
2. Descarga de aguas residuales continua y constante en el tiempo.
3. No hay variación de concentración en la transversal y en la profundidad. Se supone que el cuerpo receptor está completamente mezclado.
4. El efecto de la dispersión longitudinal es despreciable (Rutherford, 1994).

Adicionalmente:

1. No se simula la transferencia de masa entre el agua de poros de la zona hiporreica y la columna de agua, así como la transformación de la calidad del agua en la primera.
2. Se tiene en cuenta el efecto de las algas de fondo (perifiton) y no se simulará el efecto del fitoplancton dadas las concentraciones de Clorofila-a encontradas por abajo del límite de detección en la columna de agua.
3. Se permite el cálculo endógeno de la demanda béntica y demás flujos en la interfaz sedimento-agua.

1.10.2. Diseño y ejecución del plan de monitoreo

En esta sección se plantea el diseño de la red de monitoreo definida en el marco de la formulación del PORH de la quebrada Buenavista y tributarios priorizados partiendo de información base como registros históricos de calidad de agua, usos actuales de la tierra y del recurso hídrico, y las variables y procesos definidos en la formulación del modelo conceptual. Igualmente, se describe la micro localización de los sitios de monitoreo definidos para las dos campañas a realizar, así como los parámetros fisicoquímicos y biológicos considerados para cada tipo de monitoreo.

1.10.2.1. Monitoreos históricos de caudal y calidad de agua superficial

Como medida de evaluación y seguimiento al comportamiento del estado y la dinámica de la cantidad y calidad del agua sobre la quebrada Buenavista y sus afluentes, es importante considerar monitoreos históricos realizados tanto por la autoridad ambiental como los desarrollados en estudios anteriores en el marco de la gestión integral del recurso hídrico. En este sentido, estudios como la modelación de calidad de agua para la quebrada Buenavista (CRQ, 2015), el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) del municipio de Quimbaya (EPQ, 2017), la Evaluación Regional del

Agua para el Departamento del Quindío (CRQ, 2017), el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del río La Vieja (POMCA La Vieja, 2018), y los monitoreos realizados por la Corporación Autónoma Regional del Quindío (CRQ) para los periodos 2018, 2019, 2022, sientan una base histórica de la distribución espaciotemporal de los sitios de monitoreo a considerar, estableciendo continuidad en los análisis de calidad y seguimiento a su evolución en los diferentes tramos de análisis (MADS, 2018).

En la Figura 68 se presenta la distribución de los sitios de monitoreo y control de calidad y cantidad del agua desarrollados sobre la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista. En la sección 1.3.3 Información de calidad del agua se detalla los resultados obtenidos en los estudios en mención en las respectivas campañas de monitoreo realizadas.

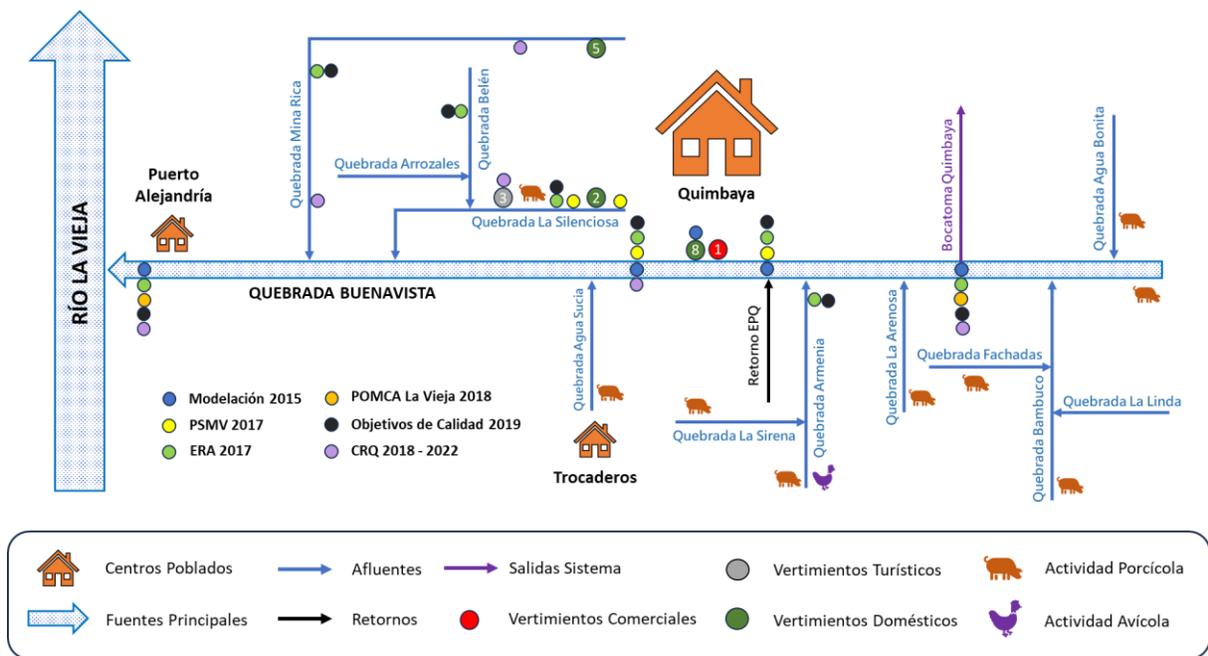


Figura 68. Representación de puntos de monitoreo históricos sobre la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

1.10.2.2. Criterios de selección de sitios de monitoreo

La definición de los sitios de monitoreo considerados dentro del proceso de formulación del PORH de la quebrada Buenavista y tributarios priorizados toma como referencia los monitoreos históricos realizados sobre el cuerpo de agua y sus afluentes descritos en el apartado anterior. Del mismo modo, esta definición acoge los criterios mínimos establecidos en la guía para el ordenamiento del recurso hídrico

(MINAMBIENTE, 2018) y define las siguientes consideraciones para la selección de los sitios a monitorear:

- Sitios representativos con poca o nula alteración en las condiciones de calidad del agua por actividades antrópicas para los principales cuerpos de agua objeto de ordenamiento.
- Puntos de cierre de algunas de las microcuencas más representativas en cuanto a condiciones de calidad con poca alteración o debido a la presencia de vertimientos o captaciones municipales.
- Aguas arriba y aguas abajo de la presencia de centros poblados a los cuales estarían asociadas descargas de aguas residuales de origen doméstico sin tratamiento a los cuerpos de agua.
- Puntos de monitoreo en la corriente principal de la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista que permitan cerrar los balances de masa del modelo y con esto realizar la calibración de los parámetros (tasas de sedimentación, oxidación, hidrólisis, entre otras) para los diferentes tramos del modelo.
- Aguas arriba de sitios de captación de agua para uso doméstico y consumo humano.
- Punto de cierre del cuerpo de agua principal.
- Facilidad/Viabilidad en el acceso a los sitios de monitoreo.

1.10.2.3. Salida de reconocimiento y verificación de los sitios de muestreo

Con la definición de los criterios para la selección de los puntos de monitoreo, se realizó una campaña de pre-muestreo a fin de verificar sitios potencialmente aptos validando en campo las condiciones de acceso y de alteración tanto en calidad como en cantidad del recurso en la quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados. A continuación, se presenta una descripción de los sitios visitados para su verificación y un análisis sucinto con las consideraciones más relevantes:



Sitio: Bocatoma 1 del Acueducto Regional Rural del Municipio de Filandia sobre la quebrada Buenavista.

Código: BUE-01

Municipio: Filandia.

Localización: 4°39'47.53"N - 75°40'43.47"W

Fecha: 20/09/2023



Sitio: Bocatoma 2 del Acueducto Regional Rural del Municipio de Filandia sobre la quebrada Bambuco.

Código: BAM-01

Municipio: Filandia.

Localización: 4°39'27.03"N - 75°40'39.49" W

Fecha: 20/09/2023

Las captaciones realizadas por el Acueducto Regional Rural del Municipio de Filandia sobre las quebradas Buenavista (BUE-01) y Bambuco (BAM-01) abastecen a gran parte de la población rural en la parte alta de la cuenca de la quebrada Buenavista. Así mismo, representan un punto de partida importante para la evaluación y el análisis de la calidad y cantidad del agua al ser sitios con poca o nula alteración de las condiciones naturales del cauce por efectos antrópicos.



Sitio: Bocatoma Acueducto
Municipio de Quimbaya sobre
la quebrada Buenavista.

Municipio: Filandia.

Código: BUE-02

Localización: 4°37'54.57"N -
75°44'9.14"W

Fecha: 20/09/2023

Otro sitio de monitoreo considerado es la captación para abastecimiento del municipio de Quimbaya (BUE-02) localizada geográficamente sobre el municipio de Filandia, siendo este un punto de monitoreo histórico por parte de la CRQ dada su importancia para la cabecera del centro poblado de Quimbaya al ser captación de uso doméstico y consumo humano.



Sitio: Quebrada Armenia aguas
arriba de su confluencia a la
quebrada Buenavista.

Municipio: Quimbaya.

Código: ARM-01

Localización: 4°37'5.70"N -
75°44'49.67"W

Fecha: 20/09/2023

Como criterio de selección se encuentra aquellos afluentes tributarios al cauce principal de la quebrada Buenavista, tal como es el caso de la quebrada Armenia (ARM-01), siendo este uno de los más importantes en la parte media-alta de la cuenca.



Sitio: Vertimiento Calle 14 del centro poblado Quimbaya a la quebrada Buenavista.

Municipio: Quimbaya.

Código: VERT-02

Localización: 4°37'9.00"N - 75°45'44.00"W

Fecha: 21/09/2023



Sitio: Vertimiento Calle 18 del centro poblado Quimbaya a la quebrada Buenavista.

Municipio: Quimbaya.

Código: VERT-03

Localización: 4°37'8.51"N - 75°45'50.78"W

Fecha: 21/09/2023



Sitio: Vertimiento Descole vía Quimbaya-Montenegro a la quebrada Buenavista.

Municipio: Quimbaya.

Código: VERT-04

Localización: 4°36'56.00"N - 75°46'12.00"W

Fecha: 21/09/2023

Igualmente se realizó la verificación de algunas de las principales descargas de agua residual de origen doméstico proveniente del casco urbano de Quimbaya como los son los vertimientos Calle 14 (VERT-02), Calle 18 (VERT-03) y Descole Vía Quimbaya-Montenegro (VERT-04) descritos en el PSVM de Municipio de Quimbaya como QBD5,

QBD6 y QBD8 respectivamente. Si bien para estos vertimientos existen colectores construidos para su canalización, estos no están conectados al sistema por lo que sus descargas son directas a la quebrada Buenavista.



Sitio: Quebrada Buenavista
aguas abajo del centro poblado
Quimbaya.

Municipio: Quimbaya.

Código: BUE-04

Localización: 4°36'44.87"N -
75°46'24.55"W

Fecha: 21/09/2023

Otro sitio de monitoreo importante para evaluar sobre la quebrada Buenavista es la condición de calidad del agua luego de recibir las descargas residuales domésticas provenientes del casco urbano de Quimbaya (BUE-04). Este sitio de monitoreo histórico por parte de la CRQ representa el punto de partida del proceso de asimilación y autodepuración de la corriente.



Sitio: Quebrada La Silenciosa
aguas arriba vertimientos
Decameron y Fincas PANACA.

Municipio: Quimbaya.

Código: SIL-02

Localización: 4°36'37.25"N -
75°48'55.07"W

Fecha: 21/09/2023

Por otro lado, sobre la quebrada La Silenciosa se consideró como sitio de control de calidad del agua un punto en el cual la corriente no ha recibido aún las descargas residuales de las PTAR de Decameron y Fincas Panaca (SIL-02). De esta forma, se evalúa

una posible degradación del ecosistema en este tramo de análisis y la afectación potencial de dichas descargas al sistema hídrico.



Sitio: Quebrada Mina Rica
aguas abajo del centro poblado
Quimbaya.

Municipio: Quimbaya.

Código: MR-01

Localización: 4°37'52.15"N -
75°47'10.36"W

Fecha: 21/09/2023

Para la quebrada Mina Rica se consideró un punto de control aguas abajo de la influencia del casco urbano de Quimbaya (MR-01), con esto, se determina las condiciones de calidad potencialmente alteradas producto de las descargas de tipo doméstico provenientes de este centro poblado.



Sitio: Quebrada Buenavista
aguas arriba de su confluencia
al río La Vieja.

Municipio: Quimbaya.

Código: BUE-05

Localización: 4°37'22.15"N -
75°51'5.30"W

Fecha: 21/09/2023

Por último, se evalúa las condiciones de acceso y de calidad del agua arriba de la desembocadura de la quebrada Buenavista al río La Vieja en el sector conocido como Puerto Alejandría. Allí se establece el punto de cierre del modelo de calidad de agua y del sistema hidrológico a evaluar en la formulación del presente PORH.

1.10.2.4. Definición del número de campañas a realizar

Para el desarrollo del plan de monitoreo para la formulación del PORH de la quebrada Buenavista y tributarios priorizados se definieron dos campañas de monitoreo, la primera en condición hidrológica seca y la segunda en condición hidrológica húmeda o de transición tal como lo sugiere la guía para el ordenamiento del recurso hídrico (MINAMBIENTE, 2018). Por su parte, la campaña en época seca se adoptó como insumo para el proceso de calibración del modelo de calidad de agua y la campaña en época húmeda se utilizó con fines de validación.

1.10.2.5. Definición de los determinantes de calidad del agua a simular

Los determinantes de calidad del agua considerados para las campañas de monitoreo (Tabla 93) se establece acorde a las variables físicas, químicas, microbiológicas e hidrobiológicas sugeridas por la Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico para Aguas Superficiales Continentales (MADS, 2018), las cuales fueron divididas en tres grupos denominados “Superficial Completo”, “Superficial Básico” y “Vertimientos”.

El grupo “Superficial Completo” mide la totalidad de los determinantes recomendados por la guía, correspondiente a puntos de control donde se mide la totalidad de los parámetros de calidad del agua con fines modelación y así realizar la caracterización de los principales cuerpos de agua. El grupo “Superficial Básico” corresponde a puntos de monitoreo donde no se miden algunos determinantes de calidad del agua los cuales no serían relevantes para la implementación del modelo ya que se cuenta con suficiente información en otros puntos de control, con lo cual se permite realizar el balance de masas. El grupo “Vertimientos” corresponde a los monitoreos realizados sobre los vertimientos más importantes identificados debido a su potencial aporte en carga a las fuentes hídricas.

La Tabla 93 detalla los determinantes (parámetros) de calidad medidos para cada grupo de monitoreo, al igual de señalar los parámetros a tener en cuenta en la modelación de calidad y por balance de masa.

Tabla 95. Determinantes de calidad del agua monitoreados

	Parámetro	Unidades	Superficial Completo	Superficial Básico	Vertimientos	Modelación	Balance de Masa
In Situ	Caudal (molinete) y toma de muestra	m ³ /s	X	X		X	
	Caudal (volumétrico) y toma de muestra compuesta 8 horas (valor alícuota hora)	l/s			X	X	
	pH	[Unidad]	X	X	X	X	
	Conductividad eléctrica	[μS/cm]	X	X	X	X	
	Oxígeno disuelto	[mg/L O ₂]	X	X	X	X	
	Temperatura del agua	[°C]	X	X	X	X	
	Fisicoquímicos Básicos	Alcalinidad	[mg/L CaCO ₃]	X	X	X	X
Dureza Total		[mg/L CaCO ₃]	X		X		
DBO ₅ Total		[mg/L O ₂]	X	X	X	X	
DBO ₅ Filtrada		[mg/L O ₂]	X		X	X	
DQO Total		[mg/L O ₂]	X	X	X	X	
DBO última		[mg/L O ₂]	X		X	X	
Sólidos suspendidos totales		[mg/L]	X	X	X	X	
Sólidos suspendidos volátiles		[mg/L]	X		X	X	
Sólidos sedimentables		[mL/L]			X		
Sólidos disueltos totales		[mg/L]	X	X	X		
Turbiedad		[UNT]	X	X	X		
Nitrógeno total		[mg/L N]	X	X	X	X	
Nitrógeno amoniacal		[mg/L N-NH ₃]	X		X	X	
Nitritos		[mg/L N-NO ₂]	X	X	X	X	
Nitratos		[mg/L N-NO ₃]	X	X	X	X	
Fósforo total		[mg/L P]	X	X	X	X	
Ortofosfatos		[mg/L P-PO ₄]	X	X	X	X	
Grasas y aceites	[mg/L]	X		X			

	Parámetro	Unidades	Superficial Completo	Superficial Básico	Vertimientos	Modelación	Balance de Masa
	SAAM	[mg/L]	X		X		X
	Fenoles	[mg/L]	X		X		X
	Hidrocarburos totales del petróleo	[mg/L]	X		X		
	Clorofila-a	[mg/L Chl-a]	X			X	
	Compuestos organoclorados	[mg/L]	X				X
	Compuestos organofosforados	[mg/L]	X				X
Metales y Metaloides	Arsénico (As)	[mg/L]	X		X		X
	Bario (Ba)	[mg/L]	X		X		X
	Cadmio (Cd)	[mg/L]	X		X		X
	Cinc (Zn)	[mg/L]	X		X		X
	Cobre (Cu)	[mg/L]	X		X		X
	Cromo Hexavalente (Cr+6)	[mg/L]	X		X		
	Hierro (Fe)	[mg/L]	X		X		X
	Manganeso (Mn)	[mg/L]	X		X		X
	Mercurio (Hg)	[mg/L]	X		X		X
	Níquel (Ni)	[mg/L]	X		X		X
	Plomo (Pb)	[mg/L]	X		X		X
	Selenio (Se)	[mg/L]	X		X		X
Vanadio (Va)	[mg/L]	X		X		X	
Iones	Cianuros	[mg/L CN-]	X		X		X
	Cloruros	[mg/L Cl-]	X		X		X
	Sulfatos	[mg/L SO42-]	X		X		X
	Calcio	[mg/L]	X				X
	Magnesio	[mg/L]	X				
	Sodio	[mg/L]	X				X
MBio	Coliformes termotolerantes	[NMP/100mL]	X	X	X		
	Coliformes totales	[NMP/100mL]	X	X	X	X	

1.10.2.6. Sitios de monitoreo definidos para el PORH de la quebrada Buenavista

La definición de los sitios de control y monitoreo de calidad de agua se desarrolló en dos etapas complementarias. La primera, corresponde a una etapa previa al monitoreo, la cual, a partir de información secundaria proveniente de los diferentes estudios, planes e instrumentos de calidad de agua sobre la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista se identificaron los principales focos de alteración potencial a la calidad del recurso, ya sean por descargas residuales directas a la corriente o por contaminación difusa de actividades agropecuarias. La segunda, corresponde a una etapa posterior a la ejecución de la primera campaña de monitoreo de calidad de agua, en la cual, de forma paralela, se desarrolló el primer taller de “*Diagnóstico Participativo e Identificación de Conflictos*” con los principales actores del recurso hídrico, logrando identificar conflictos por el uso del agua no contemplados en la primera etapa.

Por lo anterior, la primera campaña de monitoreo de calidad de agua se efectuó de acuerdo con la selección de sitios de muestreo, definiendo 17 estaciones de control de calidad de agua contando con ocho (8) de tipo superficial completo, cinco (5) de tipo básico y cuatro (4) vertimientos (Figura 69 y Tabla 96).

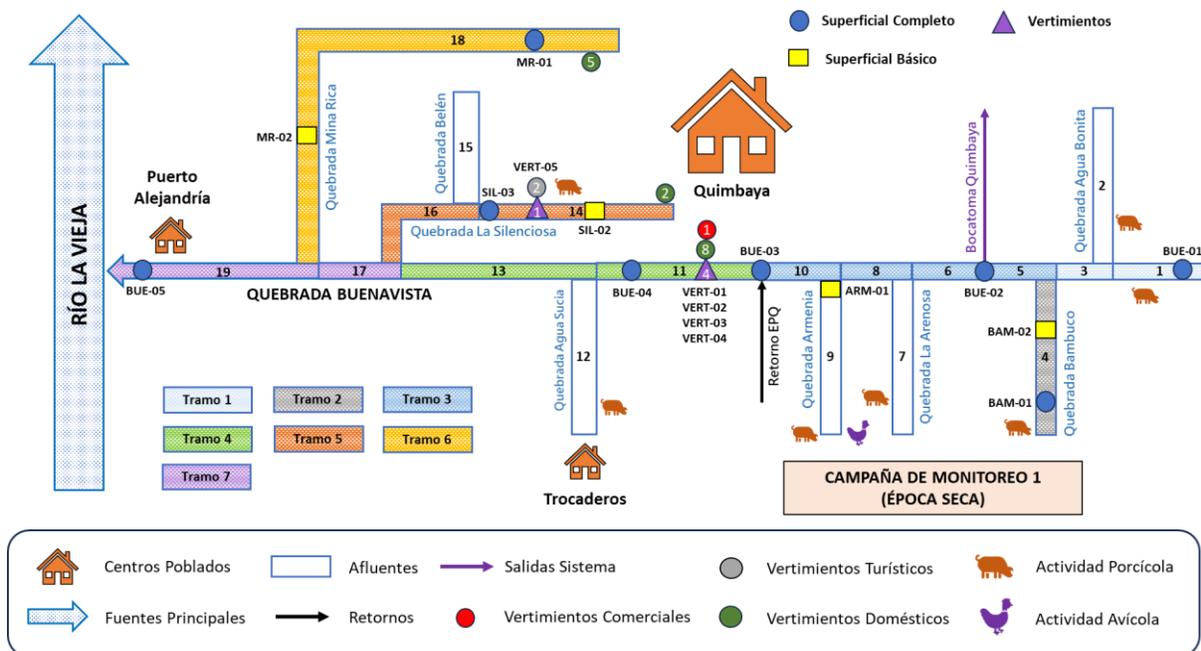


Figura 69. Sitios de monitoreo campaña 1 para el PORH de la quebrada Buenavista

Tabla 96. Puntos de monitoreo para la campaña 1 (época seca) del PORH de la quebrada Buenavista y tributarios priorizados

Tramo	Código	Descripción	Municipio	Tipo Monitoreo	Latitud	Longitud
1	BUE-01	Q. Buenavista (Bocatoma 1) Acueducto Regional Rural de Filandia	Filandia	Superficial Completo	4° 39' 47.532" N	75° 40' 43.479" W
2	BAM-01	Quebrada Bambuco (Bocatoma 2) Acueducto Regional Rural de Filandia	Filandia	Superficial Completo	4° 39' 27.030" N	75° 40' 39.490" W
	BAM-02	Q. Bambuco A. Arriba confluencia a la Q. Buenavista	Filandia	Superficial Básico	4° 38' 17.180" N	75° 43' 4.158" W
3	BUE-02	Q. Buenavista A. Arriba Captación Bocatoma Quimbaya	Filandia	Superficial Completo	4° 37' 54.574" N	75° 44' 9.143" W
	ARM-01	Q. Armenia A. Arriba confluencia a la Q. Buenavista	Quimbaya	Superficial Básico	4° 37' 5.707" N	75° 44' 49.675" W
4	BUE-03	Q. Buenavista A. Arriba CP Quimbaya	Quimbaya	Superficial Completo	4° 37' 6.864" N	75° 45' 5.348" W
	VERT-01	Quebrada La Carmelita	Quimbaya	Vertimiento	4° 37' 8.000" N	75° 45' 39.000" W
	VERT-02	Quebrada Calle 14	Quimbaya	Vertimiento	4° 37' 10.000" N	75° 45' 45.000" W
	VERT-03	Quebrada Calle 18	Quimbaya	Superficial Básico	4° 37' 10.000" N	75° 45' 51.000" W
	VERT-04	Vertimiento Descole Vía Quimbaya-Montenegro	Quimbaya	Vertimiento	4° 36' 56.000" N	75° 46' 12.000" W
	BUE-04	Q. Buenavista A. Abajo CP Quimbaya	Quimbaya	Superficial Completo	4° 36' 44.873" N	75° 46' 24.557" W
5	SIL-02	Q. La Silenciosa A. Arriba Bocatoma Decameron PANACA	Quimbaya	Superficial Básico	4° 36' 37.253" N	75° 48' 55.073" W
	VERT-05	Fincas PANACA (PTAR 1)	Quimbaya	Vertimiento	4° 36' 39.490" N	75° 49' 33.470" W
	SIL-03	Q. La Silenciosa A. Abajo Vertimiento. Decameron PANACA	Quimbaya	Superficial Completo	4° 36' 46.074" N	75° 49' 48.935" W
6	MR-01	Q. Mina Rica A. Abajo CP Quimbaya	Quimbaya	Superficial Completo	4° 37' 52.150" N	75° 47' 10.360" W
	MR-02	Q. Mina Rica A. Arriba confluencia a la Q. Buenavista	Quimbaya	Superficial Básico	4° 37' 21.461" N	75° 48' 43.794" W
7	BUE-05	Q. Buenavista A. Arriba confluencia al R. La Vieja	Quimbaya	Superficial Completo	4° 37' 22.156" N	75° 51' 5.306" W

Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico Quebrada Buenavista
Puntos de Monitoreo Calidad de Agua (Época Seca)

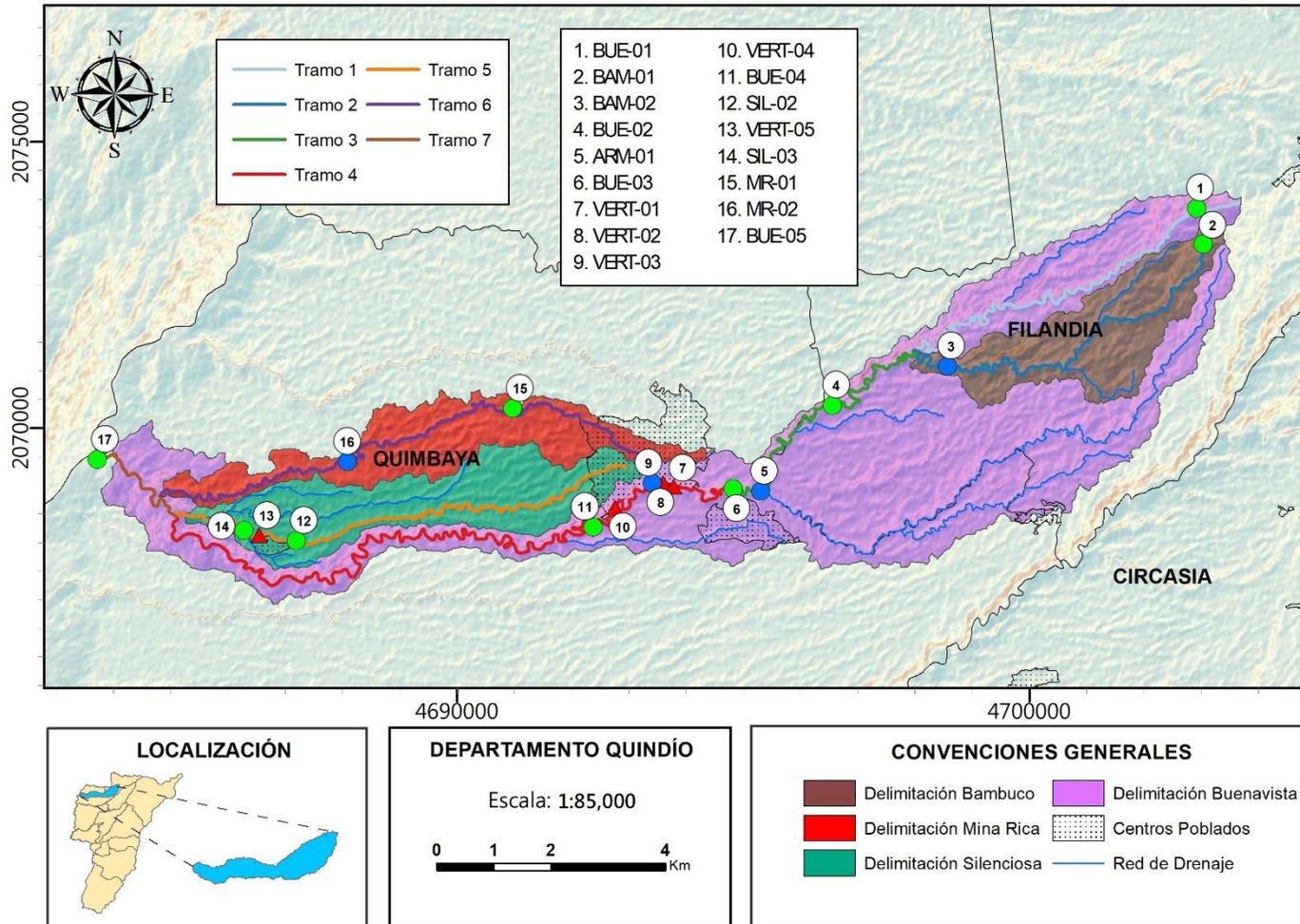


Figura 70. Puntos de monitoreo para la campaña 1 (época seca) definidos para el PORH de la quebrada Buenavista

Por otro lado, la segunda campaña de monitoreo correspondiente a una época húmeda o en transición se efectuó de acuerdo con la selección de sitios de muestreo, acogiendo puntos adicionales producto de conflictos identificados producto de los talleres de diagnóstico participativo desarrollados en los municipios de Filandia y Quimbaya, definiendo así 20 estaciones de control de calidad de agua contando con nueve (9) de tipo superficial completo, cuatro (5) de tipo básico y seis (6) vertimientos (Figura 71 y Tabla 97).

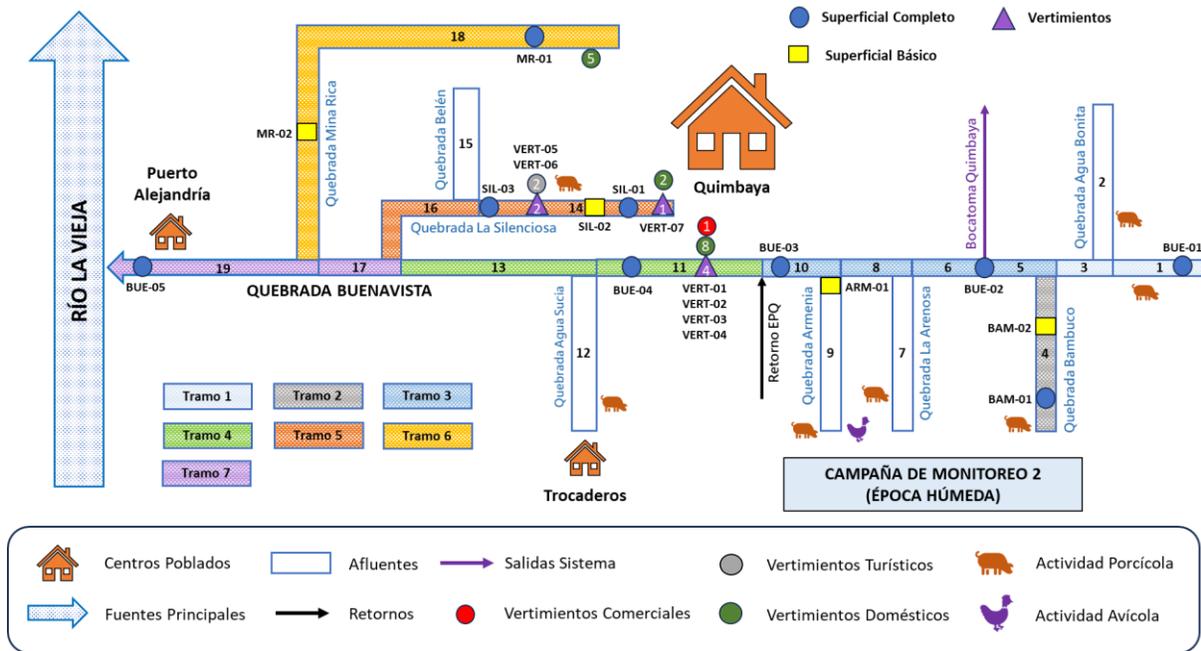


Figura 71. Sitios de monitoreo campaña 2 para el PORH de la quebrada Buenavista

Para esta segunda campaña de monitoreo existen cuatro diferencias respecto a la primera campaña: 1) nuevo vertimiento (VERT-06) correspondiente a la descarga de la PTAR 2 de Fincas PANACA, colectando a su vez las aguas residuales del hotel Decameron; 2) nuevo vertimiento (VERT-07) correspondiente a la descarga de uno de los colectores de agua residual doméstica de Quimbaya sobre la quebrada La Silenciosa a la altura del casco urbano, 3) monitoreo de la bocatoma Decameron-PANACA sobre la quebrada La Silenciosa, y 4) Modificación del punto BUE-03 aguas arriba por afectaciones a la quebrada Buenavista producto de descargas residuales domésticas.

Tabla 97. Puntos de monitoreo para la campaña 2 (época húmeda) del PORH de la quebrada Buenavista y tributarios priorizados

Tramo	Código	Descripción	Municipio	Tipo Monitoreo	Latitud	Longitud
1	BUE-01	Q. Buenavista (Bocatoma 1) Acueducto Regional Rural de Filandia	Filandia	Superficial Completo	4° 39' 47.532" N	75° 40' 43.479" W
2	BAM-01	Quebrada Bambuco (Bocatoma 2) Acueducto Regional Rural de Filandia	Filandia	Superficial Completo	4° 39' 27.030" N	75° 40' 39.490" W
	BAM-02	Q. Bambuco A. Arriba confluencia a la Q. Buenavista	Filandia	Superficial Básico	4° 38' 17.180" N	75° 43' 4.158" W
3	BUE-02	Q. Buenavista A. Arriba Captación Bocatoma Quimbaya	Filandia	Superficial Completo	4° 37' 54.574" N	75° 44' 9.143" W
	ARM-01	Q. Armenia A. Arriba confluencia a la Q. Buenavista	Quimbaya	Superficial Básico	4° 37' 5.707" N	75° 44' 49.675" W
4	BUE-03	Q. Buenavista A. Arriba CP Quimbaya	Quimbaya	Superficial Completo	4° 37' 6.864" N	75° 45' 5.348" W
	VERT-01	Quebrada La Carmelita	Quimbaya	Vertimiento	4° 37' 8.000" N	75° 45' 39.000" W
	VERT-02	Quebrada Calle 14	Quimbaya	Vertimiento	4° 37' 10.000" N	75° 45' 45.000" W
	VERT-03	Quebrada Calle 18	Quimbaya	Vertimiento	4° 37' 10.000" N	75° 45' 51.000" W
	VERT-04	Vertimiento Descole Vía Quimbaya-Montenegro	Quimbaya	Vertimiento	4° 36' 56.000" N	75° 46' 12.000" W
	BUE-04	Q. Buenavista A. Abajo CP Quimbaya	Quimbaya	Superficial Completo	4° 36' 44.873" N	75° 46' 24.557" W
5	VERT-07	Vertimiento Descole Quimbaya - La Silenciosa	Quimbaya	Vertimiento	4° 37' 19.000" N	75° 46' 13.000" W
	SIL-01	Bocatoma Decameron PANACA	Quimbaya	Superficial Completo	4° 36' 53.803" N	75° 47' 31.807" W
	SIL-02	Q. La Silenciosa A. Arriba Bocatoma Decameron PANACA	Quimbaya	Superficial Básico	4° 36' 37.253" N	75° 48' 55.073" W
	VERT-05	Fincas PANACA (PTAR 1)	Quimbaya	Vertimiento	4° 36' 39.490" N	75° 49' 33.470" W
	VERT-06	Fincas PANACA-Decameron (PTAR 2)	Quimbaya	Vertimiento	4° 36' 38.586" N	75° 49' 38.286" W
	SIL-03	Q. La Silenciosa A. Abajo Vertimiento. Decameron PANACA	Quimbaya	Superficial Completo	4° 36' 46.074" N	75° 49' 48.935" W
6	MR-01	Q. Mina Rica A. Abajo CP Quimbaya	Quimbaya	Superficial Completo	4° 37' 52.150" N	75° 47' 10.360" W
	MR-02	Q. Mina Rica A. Arriba confluencia a la Q. Buenavista	Quimbaya	Superficial Básico	4° 37' 21.461" N	75° 48' 43.794" W
7	BUE-05	Q. Buenavista A. Arriba confluencia al R. La Vieja	Quimbaya	Superficial Completo	4° 37' 22.156" N	75° 51' 5.306" W

Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico Quebrada Buenavista
Puntos de Monitoreo Calidad de Agua (Época Húmeda)

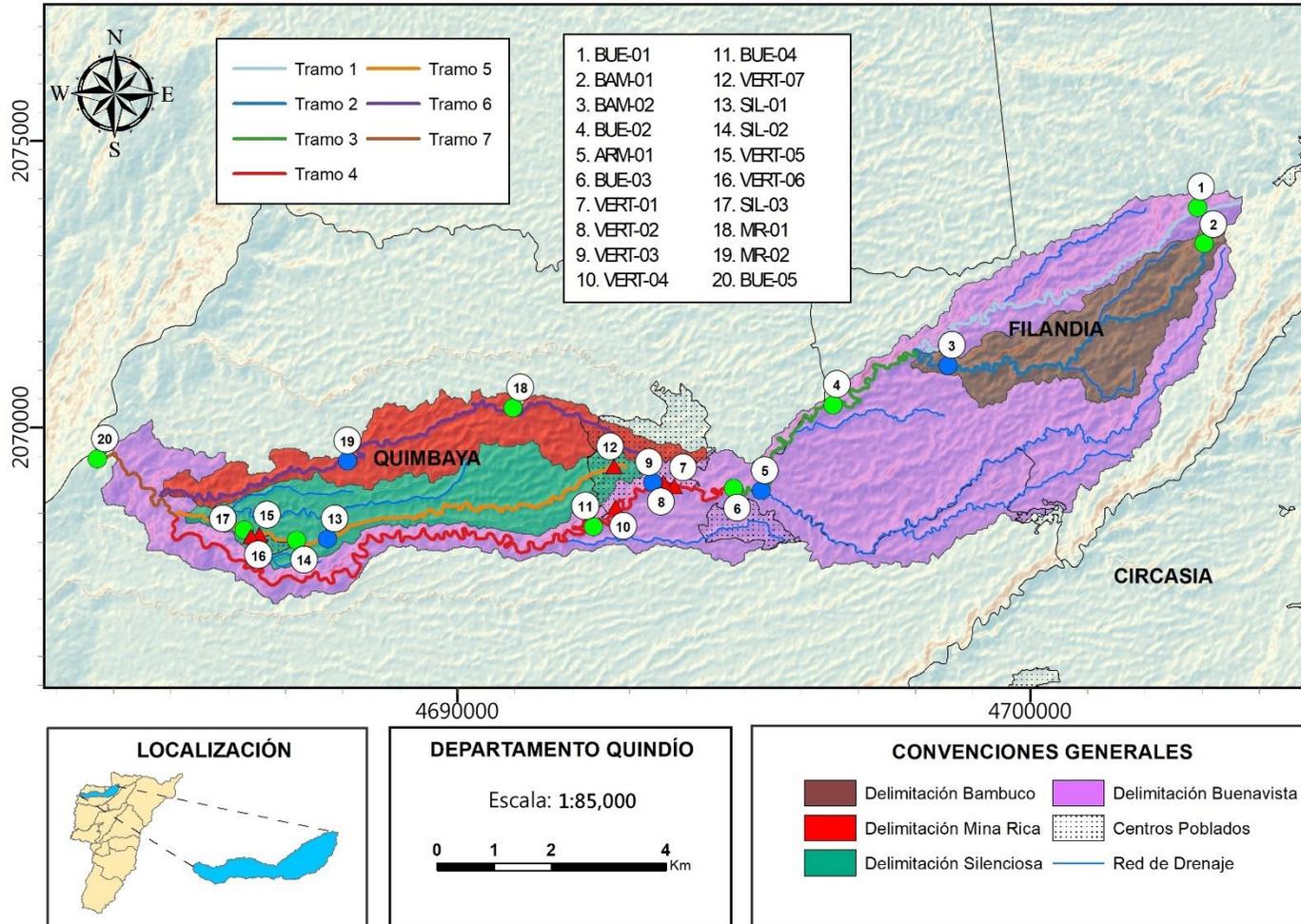


Figura 72. Puntos de monitoreo para la campaña 2 (época húmeda) definidos para el PORH de la quebrada Buenavista

1.10.2.7. Desarrollo de las campañas de monitoreo

Uno de los principales aspectos a tener en cuenta en la evaluación de la calidad del agua en el marco de los PORH es la toma de muestras siguiendo la misma masa de agua desde aguas arriba hacia aguas abajo, considerando los afluentes y vertimientos en orden de confluencia a la corriente principal (MINAMBIENTE, 2018). Para ello, fue necesario realizar el plan de monitoreo de acuerdo con los tiempos de viaje estimados para los puntos de muestreo superficial.

Para estimar los tiempos de viaje se optó por implementar la modelación hidráulica para flujo uniforme a través del modelo hidrodinámico HEC-RAS el cual, a partir de la topobatimetría de las secciones transversales de los sitios de monitoreo, la pendiente, longitud y rugosidad de los tramos, estima las velocidades promedio (m/s) entre las secciones de control. Estas velocidades fueron utilizadas para estimar los tiempos medios de viaje, en los puntos de monitoreo localizados aguas arriba del punto de medición de caudal:

$$T = \frac{L}{U} * 60$$

Siendo T el tiempo de viaje en min, L la longitud entre puntos en m y U la velocidad media en m/s. Con esto, se obtienen los tiempos de viaje entre puntos de monitoreo superficial considerando analizar la misma masa de agua (Figura 73).

Otro aspecto importante considerado fue la longitud de mezcla, definida como la zona técnicamente determinada a partir del sitio de vertimiento, indispensable para que se produzca la mezcla completa de las aguas (Decreto 1076 de 2015, numeral 38 del artículo 2.2.3.3.1.3.). Para determinar la zona o longitud de mezcla se pueden utilizar ensayos de trazadores, aproximaciones empíricas o implementar modelos bidimensionales o tridimensionales de transporte de solutos (i.e. ecuación de advección-dispersión integrada en la profundidad o en tres dimensiones). Para este caso de estudio, se estableció el uso de ecuaciones empíricas, teniendo en cuenta que la extensión de la zona de mezcla depende de la hidráulica y geometría del cuerpo de agua, así como de la forma y localización de una descarga.

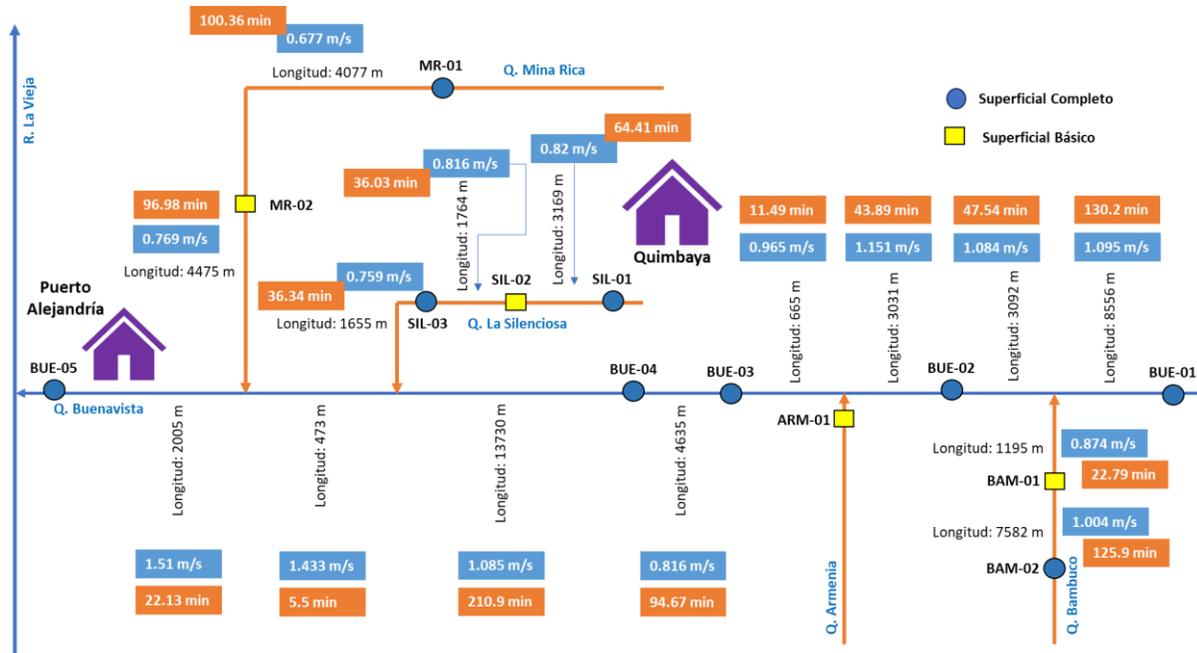


Figura 73. Tiempos de viaje para los sitios de monitoreo en las campañas 1 y 2 para el PORH de la quebrada Buenavista y tributarios priorizados

Así mismo, las condiciones climáticas afectan esta longitud, dado que, generalmente, a mayor velocidad y mayor ancho superficial (los cuales ocurren en época húmeda), la longitud de mezcla es mayor (sin embargo, si el coeficiente de dispersión lateral es muy pequeño, como suele ocurrir en época de aguas bajas, lo anterior no siempre aplica). En particular, se recurrió a las ecuaciones ampliamente utilizadas y reportadas por Fischer et al. (1979) y por Yotsukura (1968), ambas para descarga lateral:

$$L_m = 0.4 * \frac{UB^2}{D_{lat}} \quad D_{lat} = 0.6 * HU_* \quad U_* \cong \sqrt{gS_oH}$$

Siendo L_m la longitud de mezcla en m, U la velocidad media en m/s, B el ancho superficial en metros, H la profundidad media en m calculada como A/B siendo A el área mojada en m^2 , S_o la pendiente longitudinal, D_{lat} el coeficiente de dispersión lateral o transversal en m^2/s , en U^* la velocidad de fricción y g la aceleración de la gravedad igual a 9.81 m/s^2 .

En la Tabla 98 se presentan los resultados de longitud de mezcla de acuerdo con las mediciones efectuadas en las secciones monitoreo sobre las quebradas Buenavista y

Silenciosa por influencia de la quebrada Armenia (BUE-03) y sobre la quebrada La Silenciosa por la influencia de las descargas de Fincas PANACA y Decameron (SIL-03).

Tabla 98. Cálculo de longitudes de mezcla para sitios de monitoreo afectados aguas arriba

Parámetro	Unidades	Puntos Monitoreo		
		BUE-03	SIL-03	
Velocidad media	U	m/s	0.850	0.800
Área	A	m ²	1.730	0.250
Ancho	B	m	6.950	3.840
Profundidad media	H	m	0.248	0.065
Pendiente	So	m/m	0.013	0.063
Gravedad	g	m/s ²	9.810	9.810
Velocidad de fricción	U*	m/s	0.181	0.200
Dispersión lateral	Dlat	m ² /s	0.027	0.007
Longitud de mezcla	Lm	m	604.283	602.203

La toma y análisis de las muestras fisicoquímicas y microbiológicas fue ejecutada por el laboratorio ChemiLab S.A.S, el cual cuenta con acreditación por parte del IDEAM mediante resolución 288 del 19 de marzo del 2019. Se emplearon recipientes adecuados para trasladar las muestras al laboratorio, las cuales fueron preservadas de acuerdo con lo establecido en el Formato de Preservación de aguas para análisis (FOR 04 106) manteniendo la cadena de frío requerida. Así mismo, se realizó el muestro de variables In Situ de Conductividad, Oxígeno Disuelto, pH y Temperatura con equipos calibrados y verificados en campo, mientras los parámetros evaluados al agua en laboratorio se realizaron según los métodos analíticos del Método estándar para el examen de agua y aguas residuales, 23nd, Edición 2017 y el instructivo de toma de muestras de aguas de ChemiLab S.A.S.

Con excepción del oxígeno disuelto, las grasas y aceites y los parámetros microbiológicos, todas las muestras sobre corrientes naturales de agua superficial se realizaron de forma integrada en la sección transversal y en la profundidad. Las muestras de oxígeno disuelto y de los parámetros microbiológicos fueron tomadas de forma puntual en el centro de la corriente. La muestra de oxígeno disuelto se tomó de manera superficial, previniendo cualquier reaireación artificial de la muestra.

Durante la toma de muestras se registraron observaciones referentes a las condiciones del lugar, tal como sugiere MINAMBIENTE (2018):

- Temperatura del aire
- Temperatura del punto de rocío
- Humedad relativa

- Velocidad media del viento
- Porcentaje de cobertura de nubes
- Porcentaje de sombra sobre la superficie del agua en el sitio de monitoreo
- Estado del tiempo (seco, lluvioso) del día de monitoreo
- Estado del tiempo del día anterior al monitoreo
- Eventos meteorológicos
- Color de agua:
- Olores
- Presencia de basuras, obstáculos y/o estructuras hidráulicas
- Espuma
- Presencia de macrófitas
- Tipo de sedimento de fondo (bloques, guijarros, cantos, gravas, arenas, limos, arcillas)
- Cobertura aproximada de sedimentos finos de fondo (%)
- Cobertura aproximada de algas de fondo (macrófitas, y/o perifíticas) (%)

1.10.2.7.1. Primera campaña de monitoreo (época seca):

Se desarrolló en el periodo comprendido del 26 de septiembre al 01 de octubre de 2023, fechas que corresponden a condiciones hidrológicas de tiempo seco en la zona de estudio. Se realizó el seguimiento de la cantidad y calidad del agua en los 17 puntos de monitoreo definidos sobre la quebrada Buenavista y tributarios priorizados (Tabla 96), afluentes, vertimientos y sitios representativos sobre la corriente principal. En dichos puntos se realizaron aforos de caudal líquido, el análisis de diferentes determinantes de la calidad del agua y la descripción de las características propias del entorno de cada punto.

CAMPAÑA DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA # 1 (ÉPOCA SECA)

Monitoreo a Corrientes Superficiales

Fecha: 27/09/23	Hora: 06:40 am	Código: BUE-01 Tipo: Superficial Completo	Sitio: Quebrada Buenavista Bocatoma 1 Acueducto Regional Rural de Filandia (municipio de Filandia)	Municipio: Filandia
			<p> Temperatura del aire (°C): 21.2 Temperatura del punto de rocío (°C): 17.4 Humedad relativa (%): 81.9 Velocidad media del viento (m/s): 0 Cobertura de nubes (%): 10 Sombra sobre el cuerpo de agua (%): 90 Estado del tiempo: Seco Estado del tiempo día anterior: Húmedo Eventos meteorológicos: Ninguno Color de agua: Transparente Olores: Sin olor Presencia de basuras, obstáculos y/o estructuras hidráulicas: Troncos, material vegetal Espuma: No Presencia de macrófitas: No Tipo de sedimento de fondo: Arena Cobertura aproximada de sedimentos finos de fondo (%): 30 Cobertura aproximada de algas de fondo (%): 0 </p>	

Fecha:
27/09/23

Hora: 06:21
am

Código: BAM-01
Tipo: Superficial Completo

Sitio: Quebrada Bambuco Bocatoma
2 Acueducto Regional Rural de
Filandia (municipio de Filandia)

Municipio: Filandia



Temperatura del aire (°C): 21.2

Temperatura del punto de rocío (°C): 17.4

Humedad relativa (%): 81.9

Velocidad media del viento (m/s): 0

Cobertura de nubes (%): 80

Sombra sobre el cuerpo de agua (%): 95

Estado del tiempo: Seco

Estado del tiempo día anterior: Húmedo

Eventos meteorológicos: Ninguno

Color de agua: Transparente

Olores: Sin olor

Presencia de basuras, obstáculos y/o estructuras hidráulicas: No

Espuma: No

Presencia de macrófitas: No

Tipo de sedimento de fondo: Grava, arena y limo

Cobertura aproximada de sedimentos finos de fondo (%): 20

Cobertura aproximada de algas de fondo (%): 0

Fecha:
27/09/23

Hora: 08:37
am

Código: BAM-02
Tipo: Superficial Básico

Sitio: Quebrada Bambuco aguas
arriba confluencia a la quebrada
Buenavista (municipio de Filandia)

Municipio: Filandia



Temperatura del aire (°C): 22.6

Temperatura del punto de rocío (°C): 21.8

Humedad relativa (%): 100

Velocidad media del viento (m/s): 0.5

Cobertura de nubes (%): 20

Sombra sobre el cuerpo de agua (%): 40

Estado del tiempo: Seco

Estado del tiempo día anterior: Húmedo

Eventos meteorológicos: Ninguno

Color de agua: Transparente

Olores: No

Presencia de basuras, obstáculos y/o
estructuras hidráulicas: No

Espuma: No

Presencia de macrófitas: No

Tipo de sedimento de fondo: Cantos, grava,
arena

Cobertura aproximada de sedimentos finos
de fondo (%): 20

Cobertura aproximada de algas de fondo (%):
0

Fecha: 27/09/23

Hora: 09:38 am

Código: BUE-02
Tipo: Superficial Completo

Sitio: Quebrada Buenavista aguas arriba bocatoma Quimbaya (municipio de Filandia)

Municipio: Filandia



Temperatura del aire (°C): 26.8
 Temperatura del punto de rocío (°C): 21.4
 Humedad relativa (%): 76.4
 Velocidad media del viento (m/s): 0.4
 Cobertura de nubes (%): 10
 Sombra sobre el cuerpo de agua (%): 95
 Estado del tiempo: Seco
 Estado del tiempo día anterior: Seco
 Eventos meteorológicos: Ninguno
 Color de agua: Transparente
 Olores: No
 Presencia de basuras, obstáculos y/o estructuras hidráulicas: Materia orgánica
 Espuma: No
 Presencia de macrófitas: No
 Tipo de sedimento de fondo: Rocoso, gravilla, arena
 Cobertura aproximada de sedimentos finos de fondo (%): 5
 Cobertura aproximada de algas de fondo (%): 0

Fecha:
27/09/23

Hora: 10:22
am

Código: ARM-01
Tipo: Superficial Básico

Sitio: Quebrada Armenia aguas
arriba confluencia a la quebrada
Buenavista (municipio de Quimbaya)

Municipio: Filandia



Temperatura del aire (°C): 26.8
 Temperatura del punto de rocío (°C): 21.4
 Humedad relativa (%): 76.4
 Velocidad media del viento (m/s): 0.4
 Cobertura de nubes (%): 10
 Sombra sobre el cuerpo de agua (%): 80
 Estado del tiempo: Seco
 Estado del tiempo día anterior: Seco
 Eventos meteorológicos: Ninguno
 Color de agua: Transparente
 Olores: No
 Presencia de basuras, obstáculos y/o estructuras hidráulicas: No
 Espuma: No
 Presencia de macrófitas: No
 Tipo de sedimento de fondo: Cantos, grava, arena
 Cobertura aproximada de sedimentos finos de fondo (%): 25
 Cobertura aproximada de algas de fondo (%): 0

Fecha:
27/09/23

Hora: 10:34
am

Código: BUE-03
Tipo: Superficial Completo

Sitio: Quebrada Buenavista aguas
arriba del centro poblado de
Quimbaya (municipio de Quimbaya)

Municipio: Quimbaya



Temperatura del aire (°C): 31.9

Temperatura del punto de rocío (°C): 21.6

Humedad relativa (%): 63

Velocidad media del viento (m/s): 0.4

Cobertura de nubes (%): 40

Sombra sobre el cuerpo de agua (%): 20

Estado del tiempo: Seco

Estado del tiempo día anterior: Seco

Eventos meteorológicos: Ninguno

Color de agua: Transparente

Olores: Residual leve

Presencia de basuras, obstáculos y/o
estructuras hidráulicas: Puente, materia
orgánica

Espuma: No

Presencia de macrófitas: No

Tipo de sedimento de fondo: Gravas y arenas

Cobertura aproximada de sedimentos finos
de fondo (%): 20

Cobertura aproximada de algas de fondo (%):
20

Fecha:
27/09/23

Hora: 12:09 pm

Código: BUE-04
Tipo: Superficial Completo

Sitio: Quebrada Buenavista aguas
abajo del centro poblado de
Quimbaya (municipio de Quimbaya)

Municipio: Quimbaya



Temperatura del aire (°C): 30.2
 Temperatura del punto de rocío (°C): 21.5
 Humedad relativa (%): 60.8
 Velocidad media del viento (m/s): 0.6
 Cobertura de nubes (%): 30
 Sombra sobre el cuerpo de agua (%): 90
 Estado del tiempo: Seco
 Estado del tiempo día anterior: Seco
 Eventos meteorológicos: Ninguno
 Color de agua: Grisáceo
 Olores: Residual fuerte
 Presencia de basuras, obstáculos y/o estructuras hidráulicas: Materia orgánica
 Espuma: No
 Presencia de macrófitas: Si
 Tipo de sedimento de fondo: Cantos rodados
 Cobertura aproximada de sedimentos finos de fondo (%): 60
 Cobertura aproximada de algas de fondo (%): 90

Fecha:
27/09/23

Hora: 04:10 pm

Código: BUE-05
Tipo: Superficial Completo

Sitio: Quebrada Buenavista aguas
arriba de su confluencia al río La
Vieja (municipio de Quimbaya)

Municipio: Quimbaya



Temperatura del aire (°C): 30.4

Temperatura del punto de rocío (°C): 24.1

Humedad relativa (%): 62.9

Velocidad media del viento (m/s): 0.3

Cobertura de nubes (%): 5

Sombra sobre el cuerpo de agua (%): 70

Estado del tiempo: Seco

Estado del tiempo día anterior: Seco

Eventos meteorológicos: Ninguno

Color de agua: Transparente

Olores: Materia orgánica en descomposición

Presencia de basuras, obstáculos y/o
estructuras hidráulicas: Puente, tronco

Espuma: No

Presencia de macrófitas: No

Tipo de sedimento de fondo: Rocoso

Cobertura aproximada de sedimentos finos
de fondo (%): 20

Cobertura aproximada de algas de fondo (%):
10

Fecha:
29/09/23

Hora: 10:30
am

Código: SIL-02
Tipo: Superficial Básico

Sitio: Quebrada La Silenciosa aguas
arriba de Fincas Panaca (municipio
de Quimbaya)

Municipio: Quimbaya



Temperatura del aire (°C): 28
 Temperatura del punto de rocío (°C): 20.6
 Humedad relativa (%): 66
 Velocidad media del viento (m/s): 0.4
 Cobertura de nubes (%): 0
 Sombra sobre el cuerpo de agua (%): 60
 Estado del tiempo: Seco
 Estado del tiempo día anterior: Húmedo
 Eventos meteorológicos: Ninguno
 Color de agua: Transparente
 Olores: No
 Presencia de basuras, obstáculos y/o estructuras hidráulicas: Puente, materia orgánica
 Espuma: Si (leve)
 Presencia de macrófitas: Si
 Tipo de sedimento de fondo: Gravas y arenas
 Cobertura aproximada de sedimentos finos de fondo (%): 25
 Cobertura aproximada de algas de fondo (%): 0

Fecha:
29/09/23

Hora: 11:22
am

Código: SIL-03
Tipo: Superficial Completo

Sitio: Quebrada La Silenciosa aguas
abajo de Fincas Panaca (municipio
de Quimbaya)

Municipio: Quimbaya



Temperatura del aire (°C): 30.9
 Temperatura del punto de rocío (°C): 20.7
 Humedad relativa (%): 56.7
 Velocidad media del viento (m/s): 0.7
 Cobertura de nubes (%): 2
 Sombra sobre el cuerpo de agua (%): 1
 Estado del tiempo: Seco
 Estado del tiempo día anterior: Húmedo
 Eventos meteorológicos: Ninguno
 Color de agua: Pardo claro - grisáceo
 Olores: No
 Presencia de basuras, obstáculos y/o estructuras hidráulicas: Materia orgánica
 Espuma: No
 Presencia de macrófitas: No
 Tipo de sedimento de fondo: Limoso - grava
 Cobertura aproximada de sedimentos finos de fondo (%): 50
 Cobertura aproximada de algas de fondo (%): 15

Fecha:
01/10/23

Hora: 08:15
am

Código: MR-01
Tipo: Superficial Completo

Sitio: Quebrada Mina Rica aguas
abajo del centro poblado de
Quimbaya (municipio de Quimbaya)

Municipio: Quimbaya



Temperatura del aire (°C): 25.4

Temperatura del punto de rocío (°C): 21.9

Humedad relativa (%): 78.8

Velocidad media del viento (m/s): 0.3

Cobertura de nubes (%): 100

Sombra sobre el cuerpo de agua (%): 0

Estado del tiempo: Húmedo

Estado del tiempo día anterior: Seco
(tormenta 30 min)

Eventos meteorológicos: Lluvia leve

Color de agua: Grisáceo claro

Olores: Residual leve

Presencia de basuras, obstáculos y/o
estructuras hidráulicas: Puente, materia
orgánica

Espuma: Si

Presencia de macrófitas: Si

Tipo de sedimento de fondo: Rocas medianas

Cobertura aproximada de sedimentos finos
de fondo (%): 80

Cobertura aproximada de algas de fondo (%):
0

Fecha:
01/10/23

Hora: 09:54
am

Código: MR-02
Tipo: Superficial Básico

Sitio: Quebrada Mina Rica aguas
arriba de su confluencia a la
quebrada Buenavista (municipio de
Quimbaya)

Municipio: Quimbaya



Temperatura del aire (°C): 25.5
 Temperatura del punto de rocío (°C): 21.6
 Humedad relativa (%): 80.4
 Velocidad media del viento (m/s): 0
 Cobertura de nubes (%): 100
 Sombra sobre el cuerpo de agua (%): 80
 Estado del tiempo: Húmedo
 Estado del tiempo día anterior: Seco
 Eventos meteorológicos: Ninguno
 Color de agua: Semi transparente
 Olores: Residual muy leve
 Presencia de basuras, obstáculos y/o estructuras hidráulicas: Puente
 Espuma: Si
 Presencia de macrófitas: No
 Tipo de sedimento de fondo: Limoso, rocoso
 Cobertura aproximada de sedimentos finos de fondo (%): 80
 Cobertura aproximada de algas de fondo (%): 0

Monitoreo a Vertimientos Directos

Fecha:
26/09/23

Hora Inicio: 08:22 am
Hora Final: 04:22 pm

Código: VERT-01
Tipo: Vertimiento

Sitio: Vertimiento quebrada La
Carmelita sobre la quebrada
Buenavista.

Municipio: Quimbaya



Fecha:
28/09/23

Hora Inicio: 07:40 am
Hora Final: 03:40 pm

Código: VERT-02
Tipo: Vertimiento

Sitio: Vertimiento quebrada Calle 14
sobre la quebrada Buenavista
(municipio de Quimbaya)

Municipio: Quimbaya



Fecha:
28/09/23

Hora: 03:32 pm

Código: VERT-03
Tipo: Superficial Básico

Sitio: Vertimiento quebrada Calle 18
sobre la quebrada Buenavista
(municipio de Quimbaya)

Municipio: Quimbaya



Fecha:
30/09/23

Hora Inicio: 07:50 am
Hora Final: 03:50 pm

Código: VERT-04
Tipo: Vertimiento

Sitio: Vertimiento descole vía
Quimbaya-Montenegro

Municipio: Quimbaya



Fecha:
29/09/23

Hora Inicio: 08:36 am
Hora Final: 04:36 pm

Código: VERT-05
Tipo: Vertimiento

Sitio: Vertimiento Fincas Panaca
PTAR 1 sobre la quebrada La
Silenciosa (municipio de Quimbaya)

Municipio: Quimbaya



1.10.2.7.2. Segunda campaña de monitoreo (época húmeda):

Esta segunda campaña de monitoreo fue desarrollada del 16 al 22 de diciembre de 2023, correspondiente a una condición hidrológica húmeda o de transición acorde a lo sugerido en la guía de ordenamiento del recurso hídrico (MINAMBIENTE, 2018) para el monitoreo de la calidad del agua en fuentes superficiales. En total se realizó el monitoreo a 20 sitios de control (Tabla 97), 3 sitios más respecto a la campaña de monitoreo en condición hidrológica seca, debido a la identificación de problemas y conflictos asociados al uso del agua sobre la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista durante el desarrollo del trabajo de campo y talleres de diagnóstico.

En dichos puntos se realizaron aforos de caudal líquido, el análisis de diferentes determinantes de la calidad del agua y la descripción de las características propias del entorno de cada sitio.

CAMPAÑA DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA # 2 (ÉPOCA HÚMEDA)

Monitoreo a Corrientes Superficiales

Fecha: 17/12/23	Hora: 07:00 am	Código: BUE-01 Tipo: Superficial Completo	Sitio: Quebrada Buenavista Bocatoma 1 Acueducto Regional Rural de Filandia (municipio de Filandia)	Municipio: Filandia
			<p>Temperatura del aire (°C): 19.5 Temperatura del punto de rocío (°C): 16.9 Humedad relativa (%): 81.7 Velocidad media del viento (m/s): 0 Cobertura de nubes (%): 100 Sombra sobre el cuerpo de agua (%): 85 Estado del tiempo: Húmedo Estado del tiempo día anterior: Húmedo Eventos meteorológicos: Lluvia leve Color de agua: Transparente Olores: Sin olor Presencia de basuras, obstáculos y/o estructuras hidráulicas: Troncos, material vegetal Espuma: No Presencia de macrófitas: No Tipo de sedimento de fondo: Arena, cantos Cobertura aproximada de sedimentos finos de fondo (%): 60 Cobertura aproximada de algas de fondo (%): 0</p>	

Fecha:
17/12/23

Hora: 06:41
am

Código: BAM-01
Tipo: Superficial Completo

Sitio: Q. Bambuco (Bocatoma 2)
Acueducto Regional Rural de
Filandia

Municipio: Filandia



Temperatura del aire (°C): 19.8
 Temperatura del punto de rocío (°C): 17
 Humedad relativa (%): 81.9
 Velocidad media del viento (m/s): 0
 Cobertura de nubes (%): 100
 Sombra sobre el cuerpo de agua (%): 95
 Estado del tiempo: Húmedo
 Estado del tiempo día anterior: Húmedo
 Eventos meteorológicos: Ninguno
 Color de agua: Transparente
 Olores: Sin olor
 Presencia de basuras, obstáculos y/o estructuras hidráulicas: Ninguno
 Espuma: No
 Presencia de macrófitas: No
 Tipo de sedimento de fondo: Grava, arena
 Cobertura aproximada de sedimentos finos de fondo (%): 10
 Cobertura aproximada de algas de fondo (%): 0

Fecha:
17/12/23

Hora: 08:47
am

Código: BAM-02
Tipo: Superficial Básico

Sitio: Q. Bambuco A. Arriba
confluencia a la Q. Buenavista

Municipio: Filandia



Temperatura del aire (°C): 20
 Temperatura del punto de rocío (°C): 17.2
 Humedad relativa (%): 82
 Velocidad media del viento (m/s): 0
 Cobertura de nubes (%): 100
 Sombra sobre el cuerpo de agua (%): 30
 Estado del tiempo: Húmedo
 Estado del tiempo día anterior: Húmedo
 Eventos meteorológicos: Ninguno
 Color de agua: Transparente
 Olores: Sin olor
 Presencia de basuras, obstáculos y/o estructuras hidráulicas: Ninguno
 Espuma: No
 Presencia de macrófitas: No
 Tipo de sedimento de fondo: Cantos, grava, arena
 Cobertura aproximada de sedimentos finos de fondo (%): 20
 Cobertura aproximada de algas de fondo (%): 0

Fecha:
17/12/23

Hora: 09:58
am

Código: BUE-02
Tipo: Superficial Completo

Sitio: Q. Buenavista A. Arriba
Captación Bocatoma Quimbaya

Municipio: Filandia



Temperatura del aire (°C): 22.9
 Temperatura del punto de rocío (°C): 20.1
 Humedad relativa (%): 85.1
 Velocidad media del viento (m/s): 0
 Cobertura de nubes (%): 100
 Sombra sobre el cuerpo de agua (%): 70
 Estado del tiempo: Húmedo
 Estado del tiempo día anterior: Húmedo
 Eventos meteorológicos: Lluvia leve
 Color de agua: Transparente
 Olores: Sin olor
 Presencia de basuras, obstáculos y/o estructuras hidráulicas: Ninguno
 Espuma: No
 Presencia de macrófitas: No
 Tipo de sedimento de fondo: Arena, cantos
 Cobertura aproximada de sedimentos finos de fondo (%): 15
 Cobertura aproximada de algas de fondo (%): 0

Fecha:
17/12/23

Hora: 10:42
am

Código: ARM-01
Tipo: Superficial Básico

Sitio: Q. Armenia A. Arriba
confluencia a la Q. Buenavista

Municipio: Filandia



Temperatura del aire (°C): 21.5
 Temperatura del punto de rocío (°C): 20
 Humedad relativa (%): 85.5
 Velocidad media del viento (m/s): 0
 Cobertura de nubes (%): 95
 Sombra sobre el cuerpo de agua (%): 90
 Estado del tiempo: Húmedo
 Estado del tiempo día anterior: Húmedo
 Eventos meteorológicos: Ninguno
 Color de agua: Gris pardo claro
 Olores: Sin olor
 Presencia de basuras, obstáculos y/o estructuras hidráulicas: Ninguno
 Espuma: No
 Presencia de macrófitas: No
 Tipo de sedimento de fondo: Cantos, grava, arena
 Cobertura aproximada de sedimentos finos de fondo (%): 10
 Cobertura aproximada de algas de fondo (%): 5

Fecha:
17/12/23

Hora: 10:54
am

Código: BUE-03
Tipo: Superficial Completo

Sitio: Q. Buenavista A. Arriba CP
Quimbaya

Municipio: Quimbaya



Temperatura del aire (°C): 22.4
 Temperatura del punto de rocío (°C): 18.6
 Humedad relativa (%): 81.3
 Velocidad media del viento (m/s): 0.9
 Cobertura de nubes (%): 98
 Sombra sobre el cuerpo de agua (%): 0
 Estado del tiempo: Húmedo
 Estado del tiempo día anterior: Húmedo
 Eventos meteorológicos: Ninguno
 Color de agua: Transparente - Verdoso
 Olores: Sin olor
 Presencia de basuras, obstáculos y/o estructuras hidráulicas: Ninguno
 Espuma: No
 Presencia de macrófitas: Si
 Tipo de sedimento de fondo: Gravas y cantos rodados
 Cobertura aproximada de sedimentos finos de fondo (%): 5
 Cobertura aproximada de algas de fondo (%): 0

Fecha:
17/12/23

Hora: 12:29
pm

Código: BUE-04
Tipo: Superficial Completo

Sitio: Q. Buenavista A. Abajo CP
Quimbaya

Municipio: Quimbaya



Temperatura del aire (°C): 27
 Temperatura del punto de rocío (°C): 27
 Humedad relativa (%): 100
 Velocidad media del viento (m/s): 0.4
 Cobertura de nubes (%): 85
 Sombra sobre el cuerpo de agua (%): 89
 Estado del tiempo: Seco
 Estado del tiempo día anterior: Húmedo
 Eventos meteorológicos: Ninguno
 Color de agua: Transparente - Pardo
 Olores: Sin olor
 Presencia de basuras, obstáculos y/o estructuras hidráulicas: Basura leve
 Espuma: No
 Presencia de macrófitas: No
 Tipo de sedimento de fondo: Gravas, arena y cantos
 Cobertura aproximada de sedimentos finos de fondo (%): 5
 Cobertura aproximada de algas de fondo (%): 0

Fecha:
17/12/23

Hora: 02:20
pm

Código: MR-01
Tipo: Superficial Completo

Sitio: Q. Mina Rica A. Abajo CP
Quimbaya

Municipio: Quimbaya



Temperatura del aire (°C): 31.3

Temperatura del punto de rocío (°C): 23.3

Humedad relativa (%): 63.2

Velocidad media del viento (m/s): 0.5

Cobertura de nubes (%): 35

Sombra sobre el cuerpo de agua (%): 80

Estado del tiempo: Seco

Estado del tiempo día anterior: Húmedo

Eventos meteorológicos: Ninguno

Color de agua: Transparente - Grisáceo

Olores: Residual

Presencia de basuras, obstáculos y/o estructuras hidráulicas: No

Espuma: Si

Presencia de macrófitas: Si

Tipo de sedimento de fondo: Rocas y gravilla

Cobertura aproximada de sedimentos finos de fondo (%): 20

Cobertura aproximada de algas de fondo (%): 60

Fecha:
17/12/23

Hora: 04:00
pm

Código: MR-02
Tipo: Superficial Básico

Sitio: Q. Mina Rica A. Arriba
confluencia a la Q. Buenavista

Municipio: Quimbaya



Temperatura del aire (°C): 26.3

Temperatura del punto de rocío (°C): 24

Humedad relativa (%): 86.6

Velocidad media del viento (m/s): 0

Cobertura de nubes (%): 5

Sombra sobre el cuerpo de agua (%): 95

Estado del tiempo: Seco

Estado del tiempo día anterior: Húmedo

Eventos meteorológicos: Ninguno

Color de agua: Transparente

Olores: Residual leve

Presencia de basuras, obstáculos y/o estructuras hidráulicas: No

Espuma: Si

Presencia de macrófitas: No

Tipo de sedimento de fondo: Rocas y arena

Cobertura aproximada de sedimentos finos de fondo (%): 5

Cobertura aproximada de algas de fondo (%): 20

Fecha:
17/12/23

Hora: 04:30
pm

Código: BUE-05
Tipo: Superficial Completo

Sitio: Q. Buenavista A. Arriba
confluencia al R. La Vieja

Municipio: Quimbaya



Temperatura del aire (°C): 27.1

Temperatura del punto de rocío (°C): 25.1

Humedad relativa (%): 89.3

Velocidad media del viento (m/s): 0

Cobertura de nubes (%): 5

Sombra sobre el cuerpo de agua (%): 96

Estado del tiempo: Seco

Estado del tiempo día anterior: Húmedo

Eventos meteorológicos: Ninguno

Color de agua: Transparente grisáceo

Olores: Sin olor

Presencia de basuras, obstáculos y/o estructuras hidráulicas: Puente

Espuma: No

Presencia de macrófitas: No

Tipo de sedimento de fondo: Rocas y gravas

Cobertura aproximada de sedimentos finos de fondo (%): 3

Cobertura aproximada de algas de fondo (%): 0

Fecha:
19/12/23

Hora: 10:16
am

Código: SIL-01
Tipo: Superficial Básico

Sitio: Q. La Silenciosa A. Arriba
Bocatoma Decameron PANACA

Municipio: Quimbaya



Temperatura del aire (°C): 25.2

Temperatura del punto de rocío (°C): 22.2

Humedad relativa (%): 83

Velocidad media del viento (m/s): 0.5

Cobertura de nubes (%): 90

Sombra sobre el cuerpo de agua (%): 30

Estado del tiempo: Húmedo

Estado del tiempo día anterior: Seco

Eventos meteorológicos: Lluvia ligera

Color de agua: Transparente

Olores: Sin olor

Presencia de basuras, obstáculos y/o estructuras hidráulicas: Puente

Espuma: No

Presencia de macrófitas: Si

Tipo de sedimento de fondo: Rocas y limo

Cobertura aproximada de sedimentos finos de fondo (%): 40

Cobertura aproximada de algas de fondo (%): 0

Fecha:
19/12/23

Hora: 10:29
am

Código: SIL-02
Tipo: Superficial Completo

Sitio: Bocatoma Decameron PANACA

Municipio: Quimbaya



Temperatura del aire (°C): 24
 Temperatura del punto de rocío (°C): 23.2
 Humedad relativa (%): 93
 Velocidad media del viento (m/s): 0
 Cobertura de nubes (%): 90
 Sombra sobre el cuerpo de agua (%): 70
 Estado del tiempo: Húmedo
 Estado del tiempo día anterior: Seco
 Eventos meteorológicos: Lluvia ligera
 Color de agua: Transparente
 Olores: Sin olor
 Presencia de basuras, obstáculos y/o estructuras hidráulicas: Guadua
 Espuma: Leve
 Presencia de macrófitas: No
 Tipo de sedimento de fondo: Arenoso
 Cobertura aproximada de sedimentos finos de fondo (%): 90
 Cobertura aproximada de algas de fondo (%): 20

Fecha: 19/12/23

Hora: 10:52 am

Código: SIL-03
Tipo: Superficial Completo

Sitio: Q. La Silenciosa A. Abajo Vert. Decameron PANACA

Municipio: Quimbaya



Temperatura del aire (°C): 28.4
 Temperatura del punto de rocío (°C): 27
 Humedad relativa (%): 93
 Velocidad media del viento (m/s): 0
 Cobertura de nubes (%): 85
 Sombra sobre el cuerpo de agua (%): 10
 Estado del tiempo: Seco
 Estado del tiempo día anterior: Seco
 Eventos meteorológicos: Ninguno
 Color de agua: Grisáceo leve
 Olores: Residual
 Presencia de basuras, obstáculos y/o estructuras hidráulicas: Guadua
 Espuma: No
 Presencia de macrófitas: Si
 Tipo de sedimento de fondo: Arenoso, limoso
 Cobertura aproximada de sedimentos finos de fondo (%): 95
 Cobertura aproximada de algas de fondo (%): 80

Monitoreo a Vertimientos Directos

Fecha:
16/12/23

Hora Inicio: 08:30 am
Hora Final: 04:30 pm

Código: VERT-01
Tipo: Vertimiento

Sitio: Vertimiento quebrada La
Carmelita sobre la quebrada
Buenavista.

Municipio: Quimbaya



Fecha:
16/12/23

Hora Inicio: 08:30 am
Hora Final: 04:30 pm

Código: VERT-02
Tipo: Vertimiento

Sitio: Vertimiento quebrada Calle 14
sobre la quebrada Buenavista
(municipio de Quimbaya)

Municipio: Quimbaya



Fecha:
18/12/23

Hora: 02:30 pm

Código: VERT-03
Tipo: Superficial Básico

Sitio: Vertimiento quebrada Calle 18
sobre la quebrada Buenavista
(municipio de Quimbaya)

Municipio: Quimbaya



Fecha:
18/12/23

Hora Inicio: 08:15 am
Hora Final: 04:15 pm

Código: VERT-04
Tipo: Vertimiento

Sitio: Vertimiento descole vía
Quimbaya-Montenegro

Municipio: Quimbaya



Fecha:
20/12/23

Hora Inicio: 08:30 am
Hora Final: 04:30 pm

Código: VERT-05
Tipo: Vertimiento

Sitio: Vertimiento Fincas Panaca
PTAR 1 sobre la quebrada La
Silenciosa (municipio de Quimbaya)

Municipio: Quimbaya



Fecha:
20/12/23

Hora Inicio: 08:30 am
Hora Final: 04:30 pm

Código: VERT-06
Tipo: Vertimiento

Sitio: Vertimiento Fincas Panaca
PTAR 2 sobre la quebrada La
Silenciosa (municipio de Quimbaya)

Municipio: Quimbaya



Fecha:
22/12/23

Hora Inicio: 08:00 am
Hora Final: 04:00 pm

Código: VERT-07
Tipo: Vertimiento

Sitio: Vertimiento Descole Quimbaya
sobre la Quebrada La Silenciosa

Municipio: Quimbaya



1.10.3. Construcción de la línea base

1.10.3.1. Consolidación de usos existentes del recurso hídrico

A partir de la información de usos actuales recopilada durante el alistamiento institucional y del resultado del censo de usuarios, se consolidaron los usos existentes del recurso hídrico superficial según lo establecido en el artículo 2.2.3.3.2.1. y que se encuentren concesionados, de la Sección 2, Capítulo 3, del Decreto 1076 de 2015 (Tabla 99), modificado parcialmente por el Decreto 703 de 2018. En la Tabla 100 se define el número de concesiones por cada uno de los usos definidos en el Decreto 1076 de 2015 y para cada una de las unidades mínimas de análisis utilizadas para la sectorización de las Quebradas Buenavista, Bambuco, La Silenciosa y Mina Rica (Tabla 94).

Tabla 99. Usos definidos en el Decreto 1076 de 2015

No.	Uso	Color
1	Consumo humano y doméstico.	
2	Preservación de flora y fauna.	Uso No Concesionado por acto administrativo
3	Agrícola.	
4	Pecuario.	
5	Recreativo.	Uso No Concesionado por acto administrativo
6	Industrial.	Uso No Concesionado por acto administrativo
7	Estético.	Uso No Concesionado por acto administrativo
8	Pesca, Maricultura y Acuicultura.	
9	Navegación y Transporte Acuático.	Uso No Concesionado por acto administrativo

De acuerdo con la información obtenida se estableció que el aprovechamiento del recurso en el Unidad Hidrográfica de la Quebrada Buenavista satisface principalmente cuatro (4) actividades de la población (Tabla 99), siendo estas:

- Doméstico (Abastecimiento y consumo Humano).
- Agrícola (Riego y Silvicultura).
- Pecuario (Abrevaderos para cerdos, reses, equinos y aves de corral).
- Acuícola (Pesca).

A continuación, se presenta la distribución de las 26 concesiones identificadas por tipo de uso para cada Unidad Mínima de Análisis (UMA) definidas para el análisis de calidad del agua del presente estudio:

Tabla 100. Usos concesionados actuales para las Unidades mínimas de análisis

Tramo	# UMA	Cuerpo de Agua	UMA	Usos existentes			
				1	3	4	8
1	1	Quebrada Buenavista	Buenavista_01	1			
	2	Quebrada Agua Bonita	ABonita_01		1	1	
2	4	Quebrada Bambuco	Bambuco_01	1	2	3	1
3	5	Quebrada Buenavista	Buenavista_03	2			
	9	Quebrada Armenia	Armenia_01	2	4	5	
4	11	Quebrada Buenavista	Buenavista_07				1
	12	Quebrada Agua Sucia	ASucia_01				1
5	14	Quebrada La Silenciosa	Silenciosa_01	1	1		
6	18	Quebrada Mina Rica	MRica_01			1	

De acuerdo con la información de aprovechamiento del recurso hídrico, se cuantifica el caudal total concesionado para cada uno de los tipos de uso identificados: Doméstico, Agrícola, Pecuario y Acuícola, como se muestra en la Figura 74. Es de destacar que el volumen de agua a utilizar en más de una actividad solicitada por parte del interesado no cuenta con la respectiva distribución, por tanto, hacer análisis de consumo de agua por actividad no fue desarrollado en esos casos.

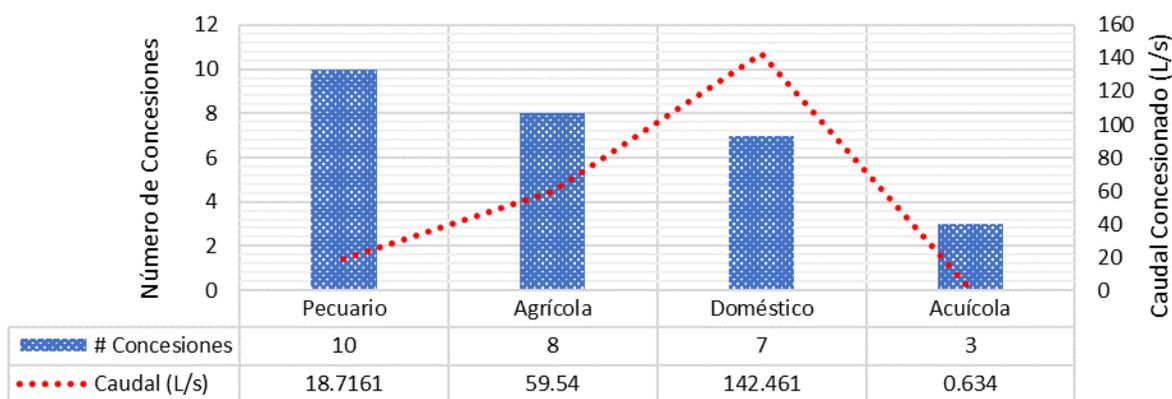


Figura 74. Cantidad de captaciones por actividad y caudal aprovechado

En la Figura 74 se aprecia que la mayor cantidad del recurso es aprovechado para uso doméstico (Abastecimiento y consumo Humano) con un total de 7 puntos de captación los cuales suman un total de 142.461 l/s, siendo las Empresas Públicas del Quindío (EPQ) la de mayor demanda con 130 l/s para la bocatoma que abastece al centro poblado de Quimbaya. Otro de los usos con mayor caudal concesionados es el Agrícola (Riego y Silvicultura) distribuido en 8 captaciones con un total de 59.54 l/s, de los cuales 56.9 l/s son otorgados a la Federación Nacional de Cafeteros del Quindío.

Los usos pecuarios (Abrevaderos para cerdos, reses, equinos y aves de corral) y acuícola (Pesca) corresponden a concesiones de menor caudal con 18.71 l/s repartidas en 10 captaciones y 0.634 l/s para 3 captaciones respectivamente.

1.10.3.2. Elaboración de los perfiles de calidad actual de los cuerpos de agua

A partir de los resultados obtenidos del monitoreo de calidad del agua realizado sobre las corrientes principales de las quebradas Buenavista, Bambuco, Armenia, La Silenciosa y Mina Rica, y de la información histórica existente sobre dichos cuerpos de agua producto de monitoreos anteriores, se realiza un análisis de la variación espacio-temporal de algunos de los parámetros de mayor relevancia dadas las condiciones propias de calidad del sistema y los parámetros requeridos para la modelación en los tramos previamente definidos.

Esta selección de parámetros considerados para la elaboración de los perfiles de calidad se fundamenta en los determinantes adoptados como restrictivos en los objetivos de calidad para el escenario 2029 (CRQ, 2019), definidos a partir de la identificación de los usos potenciales del agua. Para el caso de la unidad hidrográfica de la Quebrada Buenavista, los tramos considerados dentro de los objetivos de calidad corresponden a su tramo principal desde su nacimiento en la parte alta del municipio de Filandia hasta su desembocadura al Río La Vieja, y al cauce principal de la Quebrada Mina Rica desde su nacimiento sobre el casco urbano de Quimbaya hasta su desembocadura sobre la Quebrada Buenavista, siendo estas dos corrientes receptoras de agua residual domésticas (ARD).

Para una mayor comprensión de la evolución de los parámetros a lo largo de las corrientes hídricas, se toman a consideración los segmentos de análisis definidos en la Tabla 101. Dado que sobre las quebradas Bambuco y La Silenciosa no se cuentan con objetivos de calidad definidos, estos serán definidos en la fase de identificación de usos potenciales del PORH, y a efectos de presentar los perfiles de calidad en esta sección se toman los mismo que los definidos para la Quebrada Buenavista, debido a la presencia de captaciones para uso doméstico identificadas sobre estas corrientes. Los parámetros

de calidad definidos por tipo de uso y por corriente hídrica están definidos en la Tabla 46 y Tabla 47 respectivamente, del presente documento.

Tabla 101. Segmentos definidos para la elaboración de los perfiles de calidad actual

Segmento	Descripción
Quebrada Buenavista	Desde el nacimiento de la Quebrada Buenavista hasta su confluencia al Río La Vieja (Puerto Alejandría)
Quebrada Bambuco	Desde el nacimiento de la quebrada Bambuco hasta su confluencia a la Quebrada Buenavista
Quebrada La Silenciosa	Desde el nacimiento de la Quebrada La Silenciosa hasta su confluencia a la Quebrada Buenavista
Quebrada Mina Rica	Desde el nacimiento de la Quebrada Mina Rica hasta su confluencia a la Quebrada Buenavista

Tabla 102. Monitoreos de calidad de agua considerados para la evaluación de los perfiles de calidad del agua

Fuente de Información	Fecha Monitoreo	Entidad Responsable	Fuente Hídrica
Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH) de la Quebrada Buenavista y Tributarios Priorizados	26/09/2023 16/12/2023	CRQ - Universidad del Tolima	Quebradas Buenavista, Bambuco, Armenia, La Silenciosa y Mina Rica
Estudio de Actualización de la Evaluación Regional del Agua (ERA) para el Departamento del Quindío	4/02/2023	CRQ - Universidad del Tolima	Quebradas Buenavista, Armenia, La Silenciosa y Mina Rica
Informe Técnico de Cumplimiento a los Objetivos de Calidad - Vigencia 2021	17/12/2021	CRQ - UTP	Quebradas Buenavista y Mina Rica
	29/04/2021		Quebrada Buenavista (Bocatoma Quimbaya)
	15/02/2022		Quebrada Buenavista (Bocatoma Quimbaya)
Monitoreos de Seguimiento y Control a la Calidad del Agua en Fuentes Superficiales	7/07/2022	CRQ	Quebrada Buenavista
	21/09/2022		Quebrada Buenavista (Bocatoma Quimbaya)
	22/09/2022		Quebrada Mina Rica

Del mismo modo, se consideraron los resultados obtenidos en monitoreos históricos realizados sobre estos segmentos de análisis, provenientes de estudios anteriores o monitoreos de control y seguimiento a la calidad del agua a estas fuentes hídricas por parte de la autoridad ambiental (Tabla 102).

Aunque los objetivos de calidad establecen las concentraciones permisibles por parámetro restrictivo evaluado, estos se ven condicionados al uso potencial identificado a cada tramo o corriente de análisis de acuerdo con los criterios establecidos en el Decreto 1076 de 2015. En consecuencia, el análisis del cumplimiento de los criterios mínimos de calidad exigidos para las fuentes hídricas se limita exclusivamente a aquellos establecidos en los objetivos de calidad.

1.10.3.2.1. Segmento: Quebrada Buenavista

Sobre la corriente principal de la Quebrada Buenavista se cuenta con seis (6) sitios de monitoreo para el análisis del comportamiento de la calidad del agua por parámetro fisicoquímico. Estos sitios se presentan a manera de resumen en la Tabla 103 para su respectiva interpretación espacial en la Figura 75.

Tabla 103. Índice descriptivo para la evaluación de los perfiles de calidad sobre la Quebrada Buenavista

Índice Mapa	Código	Descripción
1	BUE-01	Q. Buenavista (Bocatoma 1) Acueducto Regional Rural de Filandia
2	BUE-02	Q. Buenavista (Bocatoma) Acueducto de Quimbaya
3	ARM-01	Q. Armenia A. Arriba confluencia a la Q. Buenavista
4	BUE-03	Q. Buenavista A. Arriba CP Quimbaya
5	BUE-04	Q. Buenavista A. Abajo CP Quimbaya
6	BUE-05	Q. Buenavista A. Arriba confluencia al R. La Vieja

En cuanto al comportamiento del pH se observa que en general para los sitios de monitoreo evaluados los valores oscilan entre 6.5 y 8.5 unidades de pH, cumpliendo con el objetivo de calidad definido para este parámetro. Aun así, se identificaron tendencias alcalinas (pH mayor que 8) sobre la Quebrada Armenia (ARM-01), la Quebrada Buenavista antes de su paso por la cabecera municipal de Quimbaya (BUE-03) y al final de su tramo (BUE-05) lo cual puede estar relacionado con presencia de sales transportadas por la escorrentía superficial en procesos erosivos o por actividades agropecuarias. Otro aspecto relevante es la caída en pH sobre la Quebrada Buenavista después de su paso por Quimbaya (BUE-04), llegando a ser levemente inferior al límite mínimo definido

como objetivo de calidad (6.5 de pH) para la corriente, situación que requerirá de un control continuo por parte de la autoridad ambiental a fin de garantizar su cumplimiento. En general los valores de pH para la corriente principal de la Quebrada Buenavista presentan un mínimo de 6.48, un máximo de 8.37 y una media de 7.55 unidades de pH para este cuerpo de agua.

Para la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5) se presentan valores inferiores al límite máximo establecido como objetivo de calidad de 10 mg O₂/L indicando características aceptables en relación con la materia orgánica degradable por procesos biológicos. Es de resaltar que, en muchos casos, estos valores son inferiores al límite de cuantificación del método, razón por la cual no se alcanza a distinguir el impacto de diversas alteraciones al parámetro ya sean naturales o antrópicas en los diferentes sitios de monitoreo. Los valores mínimos, máximos y medios de DQO para la corriente son 1.98, 5 y 2.8 mg O₂/L respectivamente, aclarando el efecto de los límites de cuantificación en estos estadísticos.

De igual manera, la Demanda Química de Oxígeno (DQO) presenta valores inferiores al límite máximo de objetivo de calidad de 15 mg O₂/L para todos los sitios de monitoreo con excepción del valor reportado para la bocatoma de Quimbaya (BUE-02) con 51.5 mg O₂/L, debido a un posible efecto de la escorrentía agrícola presente aguas arriba del sitio de captación, arrastrando carga contaminante difusa de contaminantes orgánicos potencialmente dañinos. Del mismo modo, se observa el efecto de las descargas residuales domésticas del casco urbano de Quimbaya sobre la corriente (BUE-04), aumentando los niveles de concentración de oxígeno necesarios por la oxidación de materia orgánica e inorgánica. Otros monitoreos, debido al límite de cuantificación del método elevado (13.5 mg O₂/L), no alcanzan a identificar estas diferencias de concentración. Para el DQO los valores mínimos rondan los 5 mg O₂/L, el máximo de 51.5 mg O₂/L y una media de 11 mg O₂/L para la corriente.

Los Sólidos Suspendidos Totales (SST) muestran una variación inferior a los 20 mg/L exigidos como objetivo de calidad, con excepción del sitio sobre la bocatoma de Quimbaya presentando 27.9 mg/L (BUE-02), esto debido posiblemente a una condición hidrológica húmeda en la cuenca al momento de realizar el monitoreo por efecto de las lluvias, siendo ejecutado para el mes de abril, mes correspondiente generalmente a periodo húmedo. En términos generales, los SST se presentan en bajas concentraciones las cuales pueden ser detectables dependiendo del límite de cuantificación del método, con valores mínimos de 3 mg/L, máximos de 27.9 mg/L y una media de 9.91 mg/L.

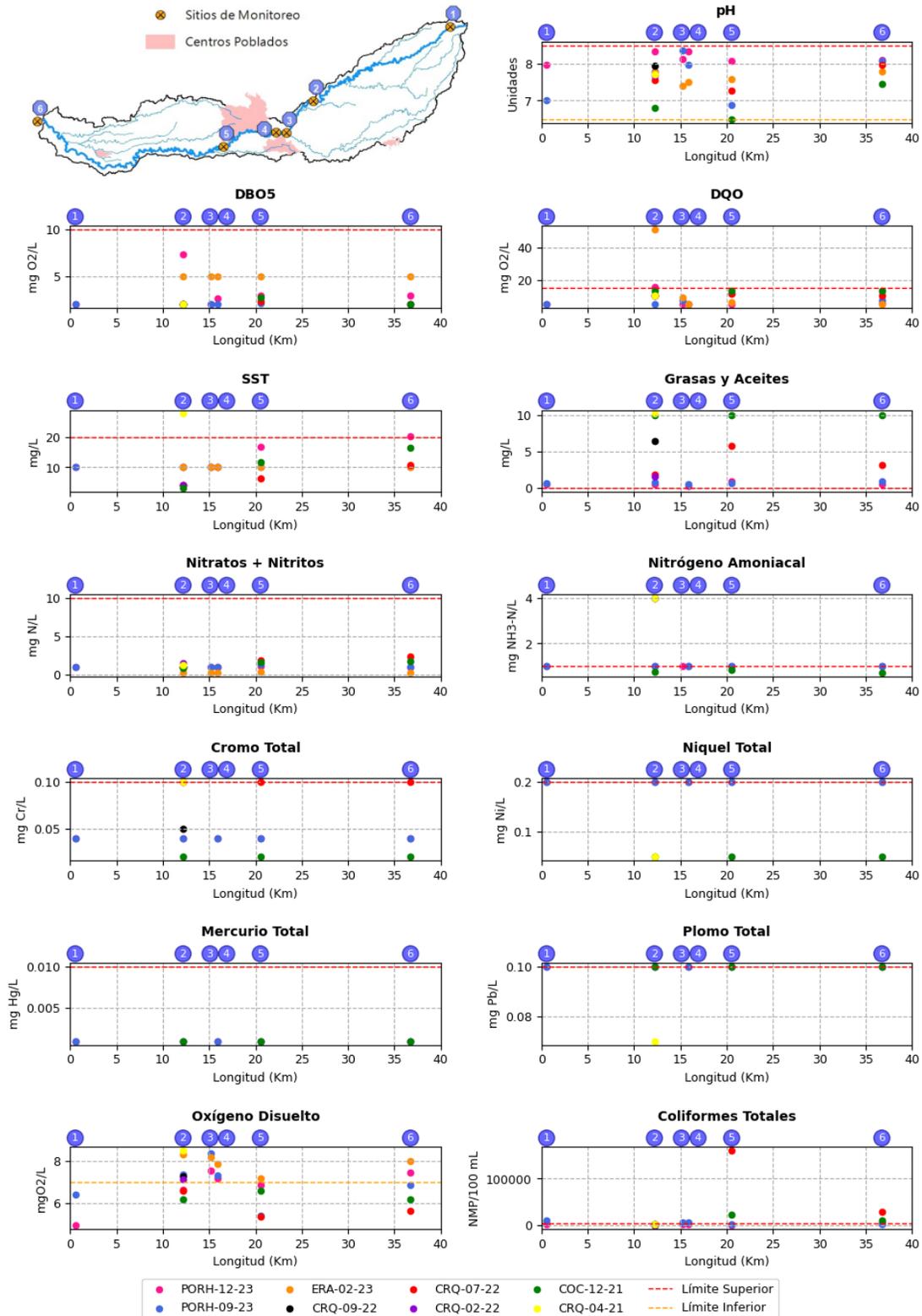


Figura 75. Variación espaciotemporal de los parámetros de calidad del agua sobre el cauce principal de la Quebrada Buenavista

Para las Grasas y Aceites, el objetivo de calidad planteado es la “Ausencia” de estos compuestos, situación que en ninguno de los sitios muestreados se cumple, pero si llegan a valores entre 0.5 y 1 mg/L. Es de resaltar que los altos niveles de grasas y aceites presentes en el monitoreo de seguimiento al cumplimiento de los objetivos de calidad desarrollado en diciembre de 2021 son producto del alto límite de cuantificación del método adoptado, siendo de 10 mg/L. Como valores mínimos de estos compuestos tenemos 0.59 mg/L, máximos de 10.2 mg/L y una media de 4.49 mg/L sobre la corriente principal de la Quebrada Buenavista.

En cuanto a la presencia de nutrientes y compuestos nitrogenados se cuenta con los parámetros de Nitritos + Nitratos y Nitrógeno Amoniacal respectivamente. Tanto la adición Nitritos + Nitratos como el Nitrógeno Amoniacal, presentan valores por abajo del objetivo de calidad, siendo de 10 mg N/L para el primero y 1 mg NH₃-N/L, por lo que se puede atribuir a la baja presencia de nutrientes en la fuente hídrica, inhibiendo el crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas, y favoreciendo a los ecosistemas acuáticos. Para el caso del Nitrógeno Amoniacal, a la altura de la bocatoma de Quimbaya se presentan altas concentraciones de este compuesto, siendo atribuible al límite de cuantificación implementado de 4 mg NH₃-N/L, siendo este insuficiente para su evaluación en contraste con el objetivo de calidad. Para los Nitratos + Nitritos se cuenta con valores mínimos de 0.24 mg N/L, máximos de 2.31 mg N/L y media de 1 mg N/L. Para el caso del Nitrógeno Amoniacal los valores mínimos corresponden a 0.72 mg NH₃-N/L, máximos de 4 mg NH₃-N/L y media de 1.75 mg NH₃-N/L.

Por otro lado, los metales pesados como el Cromo Total, Níquel Total, Mercurio Total y Plomo Total se presentan con leves concentraciones inferiores al objetivo de calidad siendo 0.1 mg Cr/L, 0.2 mg Ni/L, 0.01 mg Hg/L y 0.1 mg Pb/L respectivamente. Es de denotar que, para las concentraciones con valores iguales al objetivo de calidad, se debe principalmente al límite de detección del parámetro, obteniendo resultados menores a dicho límite (< límite de detección), por lo que no representaría riesgo alguno para los ecosistemas acuáticos, el medio ambiente o la salud humana, esta última por captaciones directas del cuerpo de agua o la bioacumulación en los organismos acuáticos que puedan avanzar en la cadena alimenticia.

Las concentraciones de Oxígeno Disuelto y Coliformes Totales sobre la corriente principal de la Quebrada Buenavista, en general presenta valores tanto inferiores como superiores al objetivo de calidad definido, siendo este 7 mg O₂/L para el primero, y 5000 NMP/100 mL para el segundo. Como sitio de interés a resaltar es una de las dos bocatomas del Acueducto Regional Rural del Filandia, ubicada en la parte alta de la Quebrada Buenavista a la altura del municipio de Filandia (BUE-01), la cual presenta concentraciones inferiores de oxígeno disuelto con 6.39 mg O₂/L, respecto al objetivo de calidad. Esto podría deberse a dos principales factores, 1) el impedimento al flujo de

la corriente debido a la presencia de estructuras hidráulicas (bocatoma), las cuales pueden reducir la absorción de oxígeno del aire, 2) la contaminación por efecto de escorrentía pecuaria (ganadería), lo que se evidencia con la presencia de coliformes totales mayores al objetivo de calidad con 9804 NMP/100 mL. Este último, se presenta como una de las principales razones de la baja oxigenación de la corriente, siendo este el peor escenario, conllevando a implementar tratamientos convencionales para mitigar la presencia de estos organismos.

A la Altura de la bocatoma del municipio de Quimbaya (BUE-02), se observa un proceso de recuperación natural y asimilación de agentes contaminantes por parte de la corriente, elevando lo niveles de oxígeno disuelto a 7.38 mg O₂/L y disminuyendo los coliformes totales a 1585 NMP/100 mL. Aun así, se observa que en monitoreos anteriores estos valores son inferiores al objetivo de calidad con 6.2 mg O₂/L. Como afluente de aporte a la corriente principal, se encuentra la Quebrada Armenia (ARM-01), aunque presenta valores altos de oxígeno disuelto con 8.35 mg O₂/L, dispone de elevadas concentraciones de coliformes totales con 6867 NMP/100 mL, indicando una posible afectación por actividades pecuarias aguas arriba de su confluencia a la Quebrada Buenavista.

Tanto aguas arriba (BUE-03) como aguas abajo (BUE-04) del paso de la Quebrada Buenavista por la cabecera municipal de Quimbaya, se evidencia el efecto de las descargas residuales domésticas sobre la corriente. Para la primera estación (BUE-03), se aprecia valores de oxígeno disuelto levemente superiores al objetivo de calidad producto de la capacidad de oxigenación de la corriente 7.31 mg O₂/L, pero altas concentraciones de coliformes totales con 6131 NMP/100 mL, producto de asentamientos humanos ubicados a la rivera de la fuente hídrica con descargas domésticas directas. La segunda estación de monitoreo (BUE-04), se aprecia una disminución sustancial de oxígeno en la corriente con 5.4 mg O₂/L, debido a las descargas directas del casco urbano de Quimbaya. Aunque para este punto de control, los coliformes totales sufren una caída en valor, para anteriores monitoreos se evidencia un aumento en la concentración de este parámetro, llegando a presentar 160000 NMP/100 mL.

Por último, a la altura de su confluencia al Río La Vieja (sector de Puerto Alejandría) (BUE-05), se evidencia una oxigenación de la corriente y una disminución de la contaminación, presentando una tendencia al aumento en las concentraciones de oxígeno disuelto, y una tendencia a la disminución en coliformes totales respecto al punto de monitoreo anterior (BUE-04), pero sin llegar a cumplir con el objetivo de calidad planteado (7 mg O₂/L y 5000 NMP/100 mL respectivamente) para estos parámetros en algunos casos.

1.10.3.2.2. Segmento: Quebrada Bambuco

Para la Quebrada Bambuco, ubicada en la parte alta de la Quebrada Buenavista, no se reportan monitoreos realizados sobre esta corriente, por lo que el análisis de los perfiles de calidad solo considera los resultados obtenidos en el presente estudio.

Sobre la corriente principal de la Quebrada Bambuco se cuenta con dos (2) sitios de monitoreo para el análisis del comportamiento de la calidad del agua por parámetro fisicoquímico. Estos sitios se presentan a manera de resumen en la Tabla 104 para su respectiva interpretación espacial en la Figura 76.

Tabla 104. Índice descriptivo para la evaluación de los perfiles de calidad sobre la Quebrada Bambuco

Índice Mapa	Código	Descripción
1	BAM-01	Quebrada Bambuco (Bocatoma 2) Acueducto Regional Rural de Filandia
2	BAM-02	Q. Bambuco A. Arriba confluencia a la Q. Buenavista

El comportamiento del pH para esta corriente se presentan con tendencia alcalina (pH mayor a 8) para los dos sitios de monitoreo, pero sin llegar a superar el objetivo de calidad definido en 8.5 unidades de pH. Estas tendencias alcalinas es posible que se deba a efectos erosivos a lo largo de la corriente, la presencia de contaminantes o la actividad biológica en el agua. Como valor máximo de pH se cuenta con 8.22 unidades (BAM-02), un mínimo de 8.04 unidades de pH y una media de 8.13 unidades de pH para la corriente.

En cuanto a la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5) se cuenta con bajas concentraciones del parámetro, presentando valores <2 mg O₂/L tanto para la bocatoma de Acueducto Regional Rural de Filandia (BAM-01) como antes de su confluencia a la Quebrada Buenavista (BAM-02). Si bien el límite de cuantificación del método restringe conocer de forma precisa su concentración final, esta está muy por abajo del objetivo de calidad de 10 mg O₂/L. Para la Demanda Química de Oxígeno (DQO), igualmente se cuenta con concentraciones por abajo del objetivo de calidad de 15 mg O₂/L, con 7.39 mg O₂/L en el sector de la bocatoma (BAM-01) y 11.4 mg O₂/L en la parte baja de la corriente (BAM-02), evidenciándose un incremento considerable de 4.01 mg O₂/L, indicando mayor cantidad de oxígeno requerido para oxidar tanto la materia orgánica biodegradable como la no biodegradable en el agua por reacciones químicas. Para este parámetro (DQO) se cuenta con un valor máximo de 11.4 mg O₂/L, un mínimo de 7.39 mg O₂/L y una media de 9.39 mg O₂/L para la corriente.

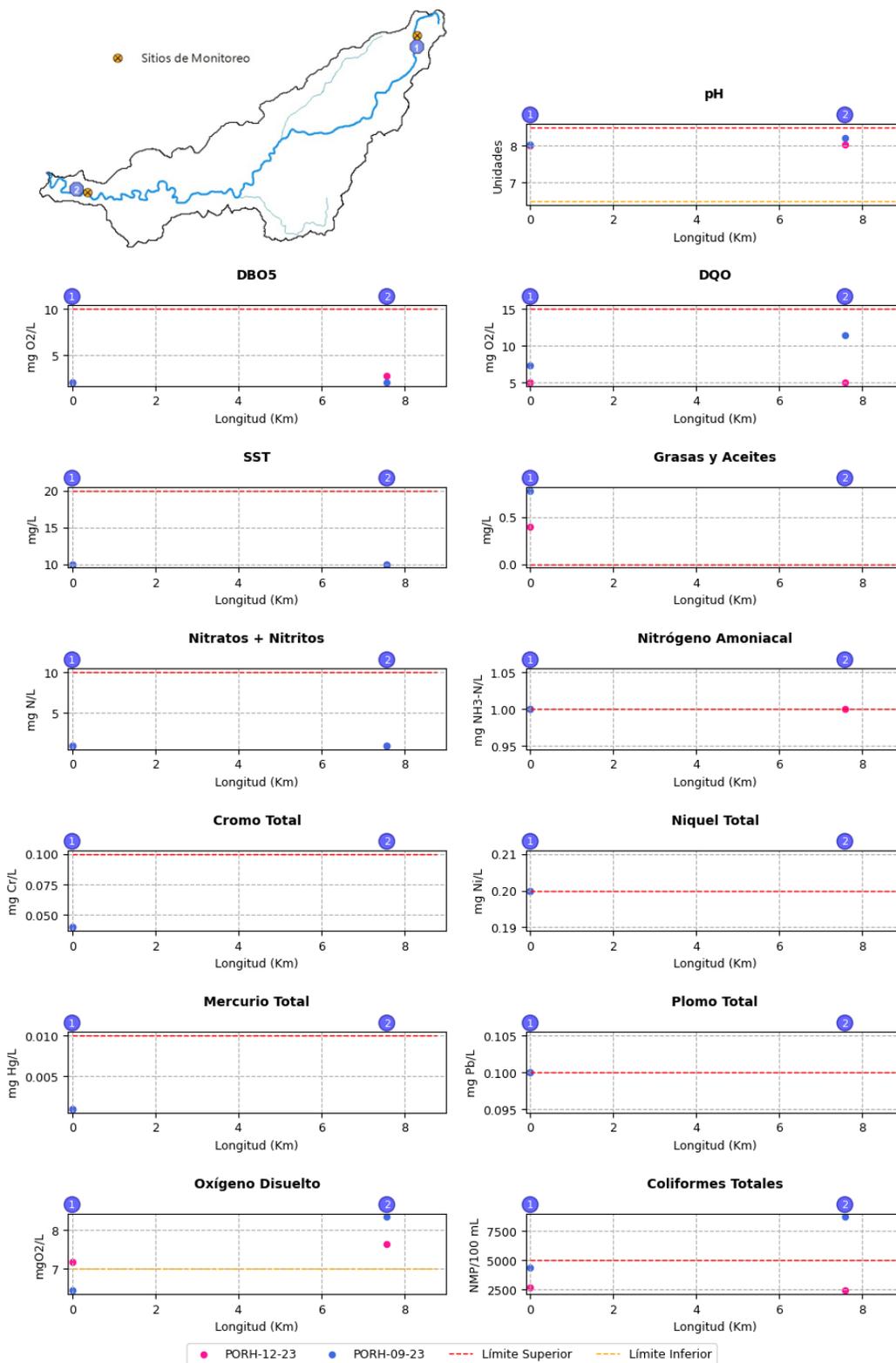


Figura 76. Variación espaciotemporal de los parámetros de calidad del agua sobre el cauce principal de la Quebrada Bamuco

Para los Sólidos Suspendidos Totales (SST) las concentraciones resultantes son < 10 mg/L para los dos sitios de monitoreo (BAM-01 y BAM-02), esto debido al límite de detección del método implementado. Aun así, estos están por abajo del objetivo de calidad de 20 mg/L. Por otro lado, se presentaron bajas concentraciones de Grasas y Aceites a la altura de la bocatoma del Acueducto Regional Rural de Filandia con 0.8 mg/L. Es de resaltar que debido a tipo de monitoreo efectuado en las captaciones para consumo humano (superficial completo) en contraste con los monitoreos realizados en tramos (superficial básico), el primero presenta más parámetros de medición respecto al segundo, siendo las grasas y aceites uno de ellos.

Los nutrientes y compuestos nitrogenados como Nitritos + Nitratos y Nitrógeno Amoniacal, presentan valores por abajo del objetivo de calidad, siendo de 10 mg N/L para el primero y 1 mg NH₃-N/L, atribuible a una baja eutrofización (exceso de nutrientes) en la fuente hídrica favoreciendo a los ecosistemas acuáticos. En cuanto a los Nitritos + Nitratos, se encontraron valores de 1 mg N/L para los dos sitios monitoreados (BAM-01 y BAM-02) y para el Nitrogeno Amoniacal un valor <1 mg NH₃-N/L, dado el límite de detección del método.

Así mismo, los metales pesados como el Cromo Total, Níquel Total, Mercurio Total y Plomo Total se presentan con leves concentraciones inferiores al objetivo de calidad con 0.04 mg Cr/L, 0.2 mg Ni/L, 0.001 mg Hg/L y 0.1 mg Pb/L respectivamente para la bocatoma del Acueducto Regional Rural de Filandia (BAM-01). Las concentraciones con valores iguales al objetivo de calidad, se debe principalmente al límite de detección del parámetro, obteniendo siempre valores inferiores al límite de detección implementado, no representando riesgo alguno a la calidad del agua.

Por último, las concentracones de Oxígeno Disuelto y Coliformes Totales sobre la corriente principal de la Quebrada Bambuco, muestran valores bajos de oxigenación a la altura de la bocatoma del acueducto (BAM-01) respecto al objetivo de calidad, con 6.42 mg O₂/L de los 7 mg O₂/L establecido como meta. Al contrastar estos valores con los obtenidos en coliformes totales se observa altas concentraciones de estos organismos con 4352 NMP/100 mL. Si bien no se excede el objetivo definido de 5000 NMP/100 mL, es importante controlar estos niveles de concentración dado el uso por el que es captado el recurso. Tanto el oxígeno disuelto como los coliformes totales para la Quebrada Bambuco antes de su confluencia a la Quebrada Buenavista (BAM-02) aumentan a 8.34 mg O₂/L y 8664 NMP/100 mL respectivamente, aludiendo la alta capacidad de oxigenación de la corriente debido a las altas pendientes del cauce principal y la influencia directa de actividades de tipo pecuario (ganadería) sobre la calidad de agua. Para el oxígeno disuelto se presentan valores máximo de 8.34 mg O₂/L, mínimos de 6.42 mg O₂/L y una media de 7.38 mg O₂/L. Para los coliformes totales los valores máximos

pueden llegar a los 8664 NMP/100 mL, mínimos de 4352 NMP/100 mL y una media de 6508 NMP/100 mL para la Quebrada Bambuco.

1.10.3.2.3. Segmento: Quebrada La Silenciosa

Sobre la corriente principal de la Quebrada La Silenciosa se cuenta con tres (3) sitios de monitoreo para el análisis del comportamiento de la calidad del agua por parámetro fisicoquímico. Estos sitios se presentan a manera de resumen en la Tabla 105 para su respectiva interpretación espacial en la Figura 77.

Tabla 105. Índice descriptivo para la evaluación de los perfiles de calidad sobre la Quebrada La Silenciosa

Índice Mapa	Código	Descripción
1	SIL-01	Bocatoma Decameron PANACA
2	SIL-02	Q. La Silenciosa A. Arriba Vertimiento Decameron PANACA
3	SIL-01	Q. La Silenciosa A. Abajo Vertimiento Decameron PANACA

Los valores de pH reportados en la Quebrada La Silenciosa, se encuentran dentro del rango definido como objetivo de calidad para esta corriente de 6.5 a 8.5 mg O₂/L. Aún así, se observa una tendencia negativa en pH entre aguas arriba (SIL-02) hacia aguas abajo (SIL-03) de las descargas residuales de Decameron PANACA sobre la corriente principal, esto se debe principalmente a los efectos de dichos vertimientos sobre la calidad del agua, disminuyendo la alcalinidad y estableciendo una condición más neutra, algo que en condiciones más extremas puede llegar a ser perjudicial para los organismos acuáticos. El valor máximo de pH para esta fuente hídrica es de 7.92, un mínimo de 6.86 y una media de 7.39.

En cuanto a la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) se presentan valores inferiores al límite máximo establecido como objetivo de calidad de 10 mg O₂/L para los dos sitios de monitoreo (SIL-02 y SIL-03), denotando un incremento de 2 mg O₂/L (SIL-02) a 3.44 mg O₂/L (SIL-03) producto de las descargas residuales anteriormente mencionadas. En cuanto a la concentración de 5 mg O₂/L reportada en la Evaluación Regional de Agua (ERA) para febrero de 2023, se debe principalmente al límite de detección del método utilizado por parte del laboratorio ambiental. Los valores mínimos, máximos y medios de DQO para la corriente son 5, 2 y 3.8 mg O₂/L respectivamente, aclarando el efecto de los límites de cuantificación en estos estadísticos.

Caso contrario se presenta para la Demanda Química de Oxígeno (DQO) con concentraciones inferiores al límite máximo (15 mg O₂/L) de 5 mg O₂/L (SIL-02) pero de 36.3 mg O₂/L sobre la corriente aguas abajo de la descarga Decameron PANACA (SIL-03), lo que supondría un aumento en el oxígeno requerido para la oxidación química de materia orgánica e inorgánica. Para el monitoreo reportado en ERA de 2023, solo se evidencia el muestreo aguas arriba de esta alteración residual, por lo que no es posible detectar su efecto en la calidad de la corriente. Para el DQO los valores mínimos rondan los 5 mg O₂/L, el máximo de 36.3 mg O₂/L y una media de 15.74 mg O₂/L para la Quebrada La Silenciosa.

Otro parámetro que se refleja alterado producto de esta descarga son los Sólidos Suspendedos Totales (SST), pasando de concentraciones iguales a 10 mg/L (SIL-02) a concentraciones de 73.5 mg/L para la corriente después de recibir estas cargas contaminantes (SIL-03). Esta última, sobrepasa en gran medida el objetivo de calidad definido (20 mg/L), afectando los organismos acuáticos existentes por efecto de sedimentación o colmatación. Las concentraciones máximas de SST para la corriente son de 73.5 mg/L, mínimas de 10 mg/L (dependiendo del límite de detección utilizado) y medias de 31.16 mg/L.

Para las Grasas y Aceites, el objetivo de calidad planteado es la “Ausencia” de estos compuestos, sin embargo, el cumplimiento de esta condición en las corrientes hídricas a menudo no se presenta, situación que no es excepción para el sitio aguas abajo de la descarga (SIL-03) con una concentración de 0.4 mg/L.

Para el caso de los Nitritos + Nitratos y el Nitrógeno Amoniacal, ambos parámetros presentan valores por abajo del objetivo de calidad de 10 mg N/L y 1 mg NH₃-N/L respectivamente, siendo esta condición la más favorable para los ecosistemas acuáticos. En cuanto a los Nitratos + Nitritos los valores reportados son de 1.03 mg N/L para el sitio SIL-02 y de 1.24 mg N/L para SIL-03, reflejándose un aumento leve en la concentración. En cuanto al Nitrógeno Amoniacal se presentan una concentración igual al objetivo de calidad para este parámetro, producto del límite de cuantificación implementado. El valor máximo de Nitratos + Nitritos es de 1.24 mg N/L, un mínimo de 0.24 mg N/L y una media de 0.83 mg N/L.

Así mismo, los metales pesados como el Cromo Total, Níquel Total, Mercurio Total y Plomo Total presentan concentraciones leves inferiores al objetivo de calidad con 0.04 mg Cr/L, 0.2 mg Ni/L, 0.001 mg Hg/L y 0.1 mg Pb/L respectivamente. Las concentraciones con valores iguales al objetivo de calidad, se debe principalmente al límite de detección del parámetro, con resultados menores a dicho límite de detección, siendo favorable a la calidad del agua y por ende a los ecosistemas acuáticos.

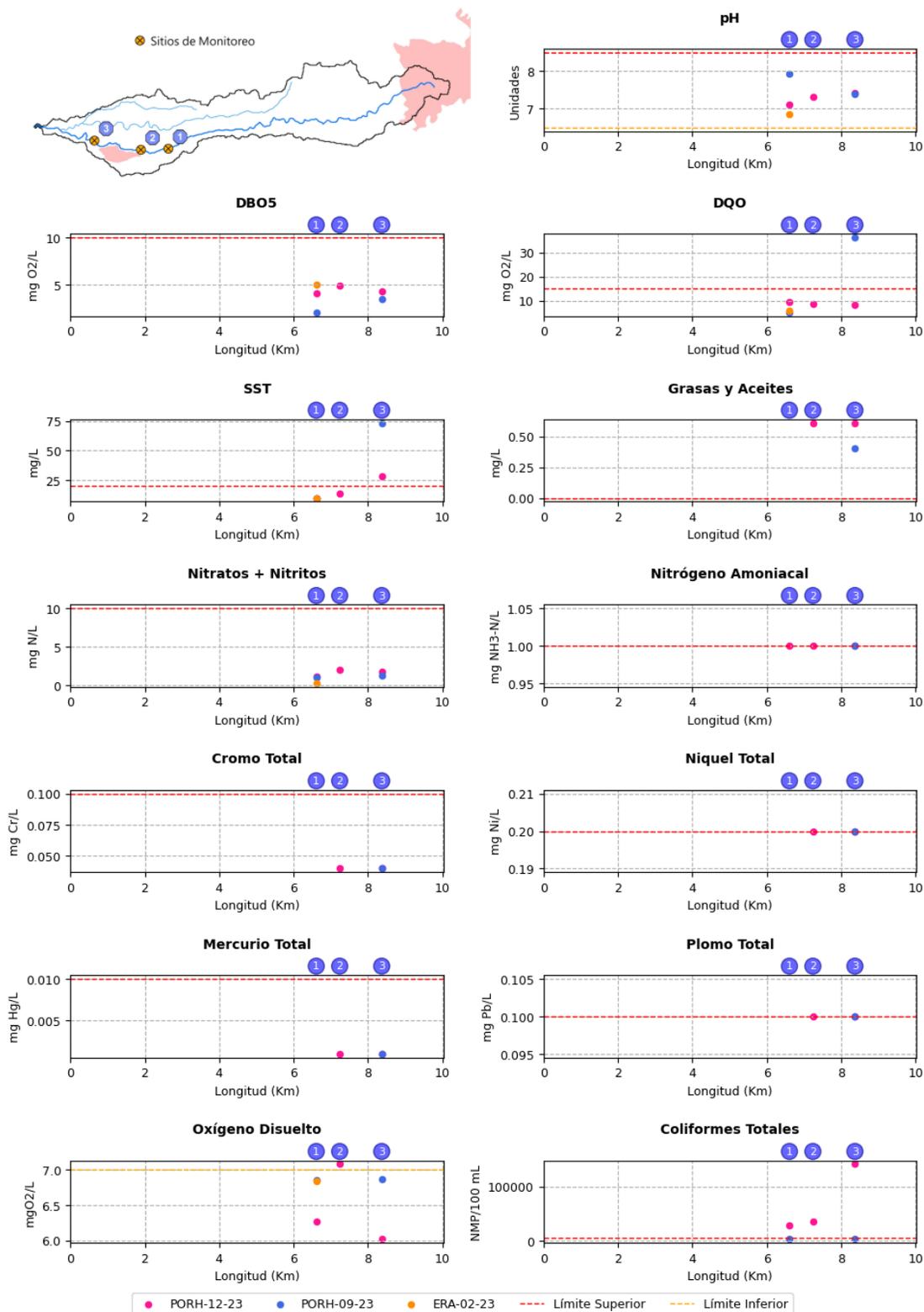


Figura 77. Variación espaciotemporal de los parámetros de calidad del agua sobre el cauce principal de la Quebrada La Silenciosa

Por último, las concentraciones de Oxígeno Disuelto sobre la corriente principal de la Quebrada La Silenciosa, muestran bajas concentraciones con 6.86 mg O₂/L (SIL-02) y 6.87 mg O₂/L (SIL-03), siendo estos valores inferiores al objetivo de calidad (7 mg O₂/L). Al evaluar el comportamiento de este parámetro considerando la descarga presente sobre la corriente hídrica, se observa el efecto del sistema de tratamiento de aguas residuales por parte de Decameron PANACA, reduciendo la carga contaminante tal como se evidencia en las concentraciones de coliformes totales, mostrando un aumento leve de estos organismos de 3076 NMP/100 mL (SIL-02) a 3654 NMP/100 mL (SIL-03). Si bien se presenta un aumento en concentración de coliformes totales, estos no superan el límite objetivo de 5000 NMP/100 mL para la Quebrada La Silenciosa. El valor máximo de Oxígeno Disuelto reportados es de 6.87 mg O₂/L, un mínimo de 6.84 mg O₂/L y una media de 6.85 mg O₂/L. Por otro lado, el valor máximo de coliformes totales reportado es de 3654 NMP/100 mL, un mínimo de 3076 NMP/100 mL y una media de 3365 NMP/100 mL.

1.10.3.2.4. Segmento: Quebrada Mina Rica

Sobre la corriente principal de la Quebrada Mina Rica se cuenta con dos (2) sitios de monitoreo para el análisis del comportamiento de la calidad del agua por parámetro fisicoquímico. Estos sitios se presentan a manera de resumen en la Tabla 106 para su respectiva interpretación espacial en la Figura 78.

Tabla 106. Índice descriptivo para la evaluación de los perfiles de calidad sobre la Quebrada Mina Rica

Índice Mapa	Código	Descripción
1	MR-01	Q. Mina Rica A. Abajo CP Quimbaya
2	MR-02	Q. Mina Rica A. Arriba confluencia a la Q. Buenavista

Como se ha mencionado anteriormente, para la corriente principal de la Quebrada Mina Rica se cuenta con objetivos de calidad definidos con base a los usos portenciales identificados, siendo la Asimilación y Transporte el uso proyectado al que se han proyectado estos criterios de calidad mínimo para el escenario 2029.

El pH encontrado en los monitoreos realizados muestra que estos valores se encuentran dentro del rango establecido como objetivo para la corriente de acuerdo al uso proyectado de 5 a 9 unidades de pH para los dos sitios de monitoreo (MR-01 y MR-02). En general, no se observa una tendencia clara al aumento o al descenso de este parámetro manteniendo una condición más inclinada al neutro (valores cercanos a 7)

siendo 7.8 unidades de pH el máximo reportado, un mínimo de 6.76 unidades de pH y una media de 7.13 unidades de pH para esta corriente.

Para la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5) esta se encuentra por abajo de la concentración máxima objetivo de 30 mg O₂/L con valores de 3.78 mg O₂/L para el tramo aguas abajo del casco urbano de Quimbaya (MR-01) y de 4.53 mg O₂/L antes de su confluencia a la Quebrada Buenavista (MR-02). El máximo valor de DBO5 encontrado es de 5 mg O₂/L, un mínimo de 2 mg O₂/L y una media de 3.8 mg O₂/L.

En cuanto a la Demanda Química de Oxígeno (DQO), aguas abajo de la influencia del casco urbano de Quimbaya (MR-01) se observan niveles de concentración cercanos al límite objetivo de 30 mg O₂/L con 24 mg O₂/L, producto de las descargas residuales domésticas vertidas sobre esta corriente en la parte alta. Caso particular se presenta sobre la Quebrada Mina Rica en su tramo final, mostrando altas concentraciones de 63.5 mg O₂/L, muy por encima del objetivo de calidad establecido. Al contrastar los resultados obtenidos con los reportados en monitoreos anteriores sobre este punto de control, se observan concentraciones más bajas, lo cual podría indicar algún tipo de contaminación de materia orgánica o inorgánica de forma periódica o intermitente. Dentro de las posibles fuentes de contaminación a la corriente son las aguas residuales industriales, aguas residuales domésticas, escorrentía agrícola o la descomposición natural de materia orgánica, entre otras. El valor máximo reportado para la Quebrada Mina Rica es de 63.5 mg O₂/L, un mínimo de 7.39 mg O₂/L y una media de 24.7 mg O₂/L.

Para los Sólidos Suspendidos Totales (SST) no se reportan niveles de concentración altos para los dos sitios de monitoreo (MR-01 y MR-02) con respecto al objetivo de 50 mg/L, siendo estos inferiores al límite de cuantificación del método de 10 mg/L. Por otro lado, las Grasas y Aceites en el agua presenta una concentración baja aguas abajo del casco urbano de Quimbaya (MR-01) con 0.86 mg/L a excepción de los monitoreos de control realizados por la CRQ para septiembre de 2022, con valores elevados de 6.5 mg/L (MR-01) y 74 mg/L (MR-02) para estos dos sitios. La presencia de estas altas concentraciones de grasas y aceites pueden deberse a descargas industriales, escorrentía urbana, descargas residuales domésticas o actividades agrícolas desarrolladas aguas arriba del sitio de monitoreo. Como valor máximo de grasas y aceites se cuenta con 7.4 mg/L, un mínimo de 0.86 mg/L y una media de 4.92 mg/L para la corriente.

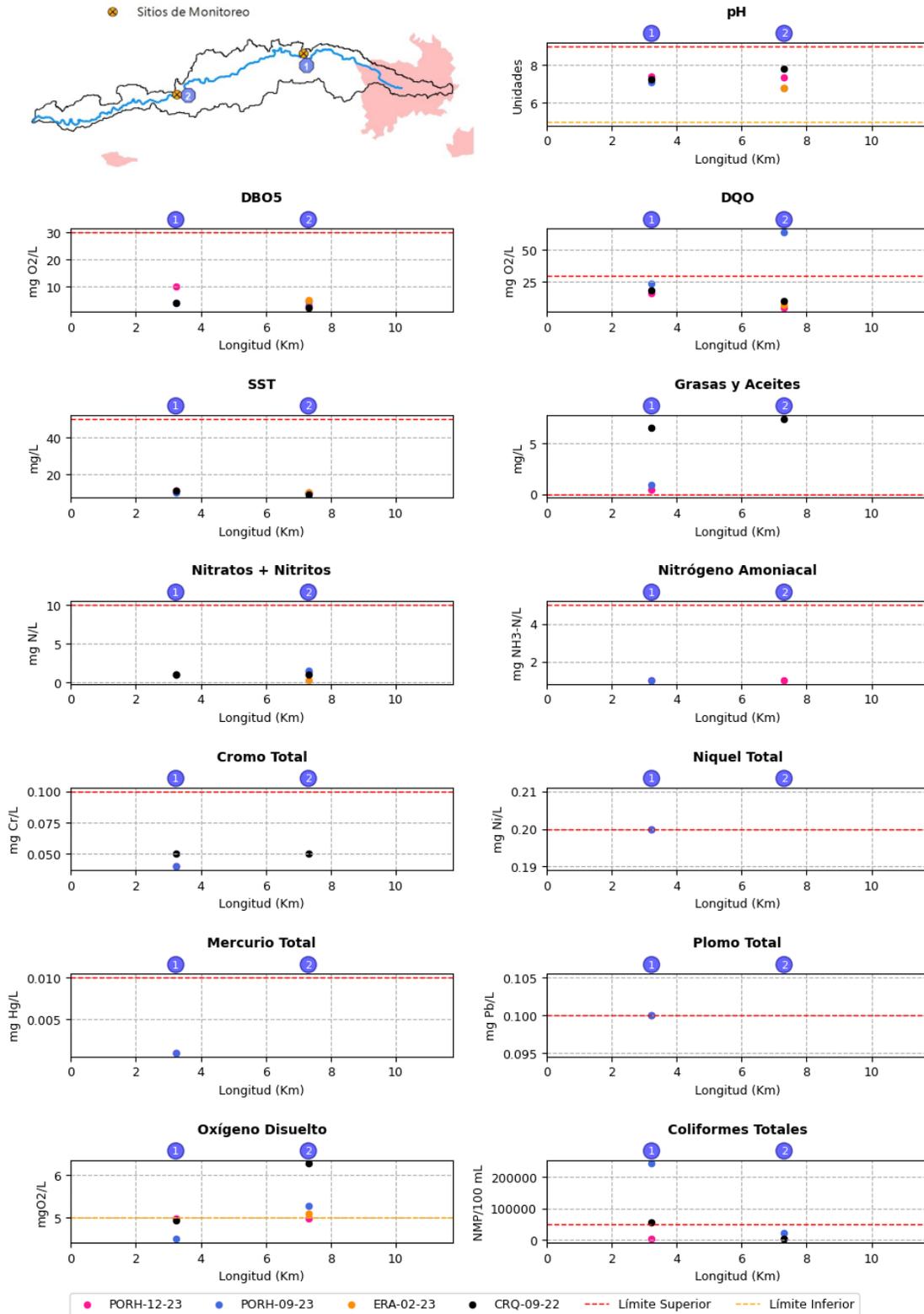


Figura 78. Variación espaciotemporal de los parámetros de calidad del agua sobre el cauce principal de la Quebrada Mina Rica

En cuanto a la presencia de nutrientes y compuestos nitrogenados como los Nitritos + Nitratos y el Nitrógeno Amoniacal, se presentan concentraciones inferiores a sus límites máximos establecidos de 10 mg N/L y 5 mg NH₃-N/L respectivamente. Esta baja presencia de nutrientes y de compuesto nitrogenados indican, por un lado, la baja eutrofización de la corriente (exceso de nutrientes) lo cual inhibe el crecimiento de excesivo de algas y plantas acuáticas, por el otro, favorecer los ecosistemas. Para los Nitratos + Nitritos se cuenta con valores máximos de 1.6 mg N/L, mínimos de 0.3 mg N/L y media de 1 mg N/L. Para el caso del Nitrógeno Amoniacal debido a que solo se reporta un valor de concentración para este parámetro se cuenta con 1 mg NH₃-N/L.

Metales pesados como el Cromo Total, Níquel Total, Mercurio Total y Plomo Total se presentan con leves concentraciones inferiores al objetivo de calidad con 0.04 mg Cr/L, 0.2 mg Ni/L, 0.001 mg Hg/L y 0.1 mg Pb/L respectivamente. Las concentraciones con valores iguales al objetivo de calidad, se debe principalmente al límite de detección del parámetro, no representando riesgo alguno para los ecosistemas acuáticos.

Por otro lado, las concentraciones de Oxígeno Disuelto muestran la capacidad de oxigenación de la corriente luego de recibir las descargas domésticas de Quimbaya, partiendo de 4.5 mg O₂/L en la parte alta de la corriente (MR-01) a 5.28 mg O₂/L en la parte baja (MR-02), siendo el primero inferior al límite de calidad definido de 5 mg O₂/L. Esta capacidad de oxigenación de la corriente va ligada transversalmente con su capacidad de asimilación y autodepuración de agentes contaminantes, condición que se identifica al observar las concentraciones de coliformes totales presentes en los dos sitios de monitoreo, pasando de 241960 NMP/100 mL en la parte alta (MR-01) a 20120 NMP/100 mL en la parte baja de la corriente (MR-02). De igual manera, al comparar estas concentraciones con las definidas en el objetivo de calidad de 50000 NMP/100 mL, se evidencia la gran influencia de las descargas residuales domésticas de Quimbaya sobre la Quebrada Mina Rica, con concentraciones muy altas en relación con el límite máximo de calidad aguas debajo de dichas descargas. Para el oxígeno disuelto se presentan valores máximos de 6.27 mg O₂/L, mínimos de 4.5 mg O₂/L y una media de 5.21 mg O₂/L. Para los coliformes totales se cuentan con concentraciones máximas de 241960 NMP/100 mL, mínimas de 2000 NMP/100 mL y un valor medio de 79520 NMP/100 mL.

1.10.3.3. Estimación de índice de calidad fisicoquímica

A partir de los reportes de calidad obtenidos para las campañas de monitoreo realizadas, se estimó el Índice de Calidad del Agua - ICA- siguiendo la metodología propuesta en los Lineamientos Conceptuales y Metodológicos para la Evaluación Regional del Agua - ERA - (IDEAM, 2013) tal como sugiere la Guía para el Ordenamiento del Recurso Hídrico Continental Superficial (MADS, 2018).

1.10.3.3.1. Características generales del Índice de Calidad del Agua - ICA

El ICA es un indicativo de las condiciones de calidad física, química y biológica de los cuerpos de agua, permitiendo identificar problemas de contaminación en un punto determinado, para un intervalo de tiempo específico. Así mismo, permite representar el estado en general del agua y las posibilidades o limitaciones para determinados usos en función de variables seleccionadas, mediante ponderaciones y agregación de variables representativas (IDEAM, 2010).

Se presenta como un valor numérico que califica en una de cinco categorías (muy mala, mala, regular, aceptable y buena) la calidad del agua de un cuerpo de agua o tramo de análisis, con base en las mediciones obtenidas para un conjunto de cinco (5) a siete (7) variables, registradas en una estación de monitoreo j en el tiempo t (IDEAM, 2013b), En tal sentido, el ICA es una expresión agregada y simplificada, sumatoria aritmética equiponderada de varias variables.

Metodológicamente la determinación del ICA con cinco (5) variables considera variables representativas tales como demanda química de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos totales (SST), porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (PSOD), conductividad eléctrica del agua (CE) y pH (IDEAM, 2010). Igualmente, para la implementación de seis (6) variables se añade una variable más definida como la relación nitrógeno total y fósforo total NT/PT, y para siete (7) variables se adiciona la variable coliformes termotolerantes/fecales como indicadores de contaminación bacteriológica.

Para el presente estudio se realiza el cálculo del ICA utilizando la metodología de siete (7) variables de acuerdo con la disponibilidad de determinantes de calidad por sitio de monitoreo. Debido a que no hay reportado un lineamiento por parte del IDEAM para definir los pesos en la determinación del ICA de siete (7) variables, en este estudio se incluyen los coliformes termotolerantes/fecales tomando como referencia la metodología propuesta por Cude (2001).

En la Tabla 107, se relaciona la ponderación de las variables físicas, químicas y microbiológicas variando en función de la relevancia para análisis específicos de condiciones de calidad de Aguas y el número de variables consideradas.

Tabla 107. Pesos para las variables del ICA

Variable	Unidad	Número de Variables		
		5	6	7
		Peso	Peso	Peso
Oxígeno disuelto - OD	% saturación	0,2	0,17	0,16
Sólidos Suspendidos Totales - SST	mg/L	0,2	0,17	0,14
Demanda Química de Oxígeno - DQO	mg/L	0,2	0,17	0,14
Conductividad eléctrica	µS/cm	0,2	0,17	0,14
pH	Unidades de pH	0,2	0,15	0,14
Relación N total/P total	(mg/L) /(mg/L)		0,17	0,14
Coliformes termotolerantes/fecales	UFC/100 mL*			0,14

*IDEAM (2013) asignan como unidades de los coliformes fecales las UFC/100 ml, el subíndice de los coliformes fecales se expresa en NMP/100ml.

1.10.3.3.2. Construcción de las curvas funcionales

De acuerdo con IDEAM (2010), para los parámetros de calidad del agua seleccionados se construyen relaciones o curvas funcionales (ecuaciones), en las que los niveles de calidad de 0 a 1 se representan en las ordenadas de cada gráfico y los distintos niveles (o intensidades) de cada variable en las abscisas, generando curvas representativas de la variación de la calidad del agua con respecto a la magnitud de cada contaminante.

La aplicación de las curvas funcionales o ecuaciones expresan el subíndice para cada parámetro, los cuales se utilizan para transformar las variables a una escala adimensional, ya que éstas se expresan en diferentes unidades (µS/cm, mg/L, porcentaje, unidades, etc.), para permitir su posterior agregación. A continuación, se muestran las ecuaciones de referencia para cada una de las variables involucradas en el cálculo del ICA a nivel regional.

1.10.3.3.2.1 Oxígeno Disuelto (OD)

El oxígeno gaseoso disuelto en el agua es vital para la existencia de la mayoría de biota acuática. La concentración de oxígeno disuelto (DO) es un indicador de la calidad ecológica del agua, y condiciona la presencia o ausencia de biota en el ecosistema acuático. El nivel de saturación de oxígeno corresponde al nivel máximo esperado para ciertas condiciones de temperatura, salinidad y presión. Este nivel puede estimarse

debido a que existe una relación entre la concentración en la atmósfera y en el cuerpo de agua (Ley de Henry).

El porcentaje de saturación consiste en dividir la concentración en mg/L O₂, sobre el nivel de saturación de dicho cuerpo de agua, a la misma salinidad, y temperatura y presión del aire. Considerando que los cuerpos analizados son de agua dulce, se presentan las siguientes ecuaciones que permiten determinar el nivel de saturación de oxígeno, a partir de la temperatura del aire expresada en °C (USEPA, 1995; Cole & Wells, 2013) y con la presión, la cual, a su vez, está relacionada con la elevación sobre el nivel del mar.

Corrección por temperatura:

$$DO_{ST} = \frac{468}{31.57 + T}$$

Corrección por Presión:

$$DO_{SP} = O_s(1 - 0,1148 \times E)$$

Oxígeno de Saturación:

$$\%SatOD = \frac{OD (medido)}{DOD_{STP}} \times 100$$

Donde:

DO_{ST} , es el oxígeno de saturación corregido por Temperatura del aire.

T , es la temperatura del aire expresada en °C.

DO_{SP} , es el oxígeno de saturación corregido por la presión parcial en el aire, o por la elevación.

E , es la elevación expresada en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m).

$\%SatOD$, porcentaje de saturación del oxígeno disuelto, relación entre el oxígeno disuelto medido y el nivel de saturación corregido por presión y temperatura.

Para calcular el Subíndice del porcentaje de saturación de oxígeno se aplica la siguiente ecuación:

$$I_{\%satOD} = 1 - (1 - 0.01 * \%SatOD)$$

En los casos que el porcentaje de saturación de OD sea mayor a 100%, se utiliza la siguiente ecuación:

$$I_{\%satOD} = 1 - (1 - 0.01 * \%SatOD - 1)$$

1.10.3.3.2.2 Sólidos Suspendedos Totales (SST)

La presencia de sólidos en suspensión en los cuerpos de agua puede deberse a condiciones naturales propias de los procesos del ciclo de sedimentos o puede corresponder a la ocurrencia de alteraciones de dicho ciclo por procesos erosivos inducidos, extracción o disposición de materiales, vertimientos industriales, entre otros. Esta variable tiene una relación directa con la turbiedad. El subíndice de calidad para sólidos suspendidos se calcula de acuerdo con las siguientes ecuaciones (ENA, 2010):

$$I_{SST} = 1 - \left(-0.02 + 0.003 * SST \frac{mg}{L} \right)$$

$$Si SST \leq 4.5, entonces I_{SST} = 1$$

$$Si SST \geq 320, entonces I_{SST} = 0$$

1.10.3.3.2.3 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Esta variable refleja la presencia de sustancias químicas susceptibles de ser oxidadas a condiciones fuertemente acidas y alta temperatura, como la materia orgánica, ya sea biodegradable o no, y la materia inorgánica. El subíndice para DQO se estima siguiendo las siguientes expresiones:

$$Si DQO \leq 20, entonces I_{DQO} = 0.91$$

$$Si 20 < DQO \leq 25, entonces I_{DQO} = 0.71$$

$$Si 25 < DQO \leq 40, entonces I_{DQO} = 0.51$$

$$Si 40 < DQO \leq 80, entonces I_{DQO} = 0.26$$

$$Si DQO > 80, entonces I_{DQO} = 0.125$$

1.10.3.3.2.4 Conductividad Eléctrica (C.E.)

Esta variable refleja la mineralización, presencia de sales, conjugando cationes y aniones disueltos. Incrementos en la misma pueden darse por vertimientos domésticos de grandes asentamientos humano, tratamiento químico de aguas, vertimientos de corredores industriales, empleo de fertilizantes en la actividad agrícola, influencia

volcánica o por la composición natural del suelo (IDEAM, 2010). El subíndice para C.E. se estima siguiendo las siguientes ecuaciones:

$$I_{CE} = 1 - 10^{(-3.26+1.34*\text{Log}_{10}CE)}$$

$$\text{Si } I_{CE} < 0, \text{ entonces } I_{CE} = 0$$

1.10.3.3.2.5 Nitrógeno Total/Fósforo Total (NT/PT)

Esta variable refleja niveles de intervención antrópica que pueden estar degradando el ecosistema acuático, expresada como una forma de aplicar el concepto de saprobiedad. Es decir, la posibilidad de la fuente de asimilar carga orgánica. Las fórmulas para calcular el subíndice de calidad para NT/PT son:

$$\text{Si } NT/PT \geq 15, \text{ entonces } I_{N/P} = 0.8$$

$$\text{Si } 10 < NT/PT < 15, \text{ entonces } I_{N/P} = 0.6$$

$$\text{Si } 5 < NT/PT \leq 10, \text{ entonces } I_{N/P} = 0.35$$

$$\text{Si } NT/PT \leq 5, \text{ entonces } I_{N/P} = 0.15$$

1.10.3.3.2.6 pH

El pH es un indicador de la acidez o alcalinidad del agua. Valores extremos de acidez pueden afectar la biota acuática. El subíndice se puede estimar de acuerdo con la hoja metodológica del IDEAM de la siguiente forma:

$$\text{Si } pH < 4, \text{ entonces } I_{pH} = 0.1$$

$$\text{Si } 4 \leq pH \leq 7, \text{ entonces } I_{pH} = 0.02628419 * e^{(pH*0.520025)}$$

$$\text{Si } 7 < pH \leq 8, \text{ entonces } I_{pH} = 1$$

$$\text{Si } 8 < pH \leq 11, \text{ entonces } I_{pH} = 1 * e^{((pH-8)-0.5187742)}$$

$$\text{Si } pH > 11, \text{ entonces } I_{pH} = 0.1$$

1.10.3.3.2.7 Coliformes Termotolerantes/Fecales

Las coliformes son una familia de bacterias que se encuentran comúnmente en el suelo y seres vivos (aves silvestres y heces fecales de seres de sangre caliente). Su

presencia puede ser un reflejo de aguas contaminadas por aguas residuales o presencia de desechos en descomposición. Generalmente, las coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos de fondo de los cuerpos de agua (Munn, 2004).

El grupo de bacterias coliformes totales comprende todos los bacilos Gramnegativos aerobios o anaerobios facultativos, no esporulados, que fermentan la lactosa con producción de gas en un lapso máximo de 48 h a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Este grupo está conformado por 4 géneros principalmente: Enterobacter, Escherichia, Citrobacter y Klebsiella. El grupo de coliformes fecales, está constituido por bacterias Gramnegativas capaces de fermentar la lactosa con producción de gas a las 48 h de incubación a $44,5 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$. Por otro lado, los coliformes termotolerantes son bacterias coliformes que pueden sobrevivir y crecer en altas temperaturas. Este grupo incluye a la bacteria Escherichia coli (E. coli), que es un subconjunto de coliformes fecales.

En resumen, todos los coliformes termotolerantes son coliformes fecales, pero no todos los coliformes fecales son termotolerantes. La detección de coliformes termotolerantes es más preocupante desde el punto de vista de la salud pública, ya que es más probable que estos indiquen la presencia de patógenos fecales potencialmente dañinos. Por lo anterior, el subíndice de coliformes fecales adopta los coliformes termotolerantes tal como se expresa en Cude (2001) de la siguiente manera:

$$\text{Si } CF < 50/10 \text{ mL, entonces } I_{CF} = 0.98$$

$$\text{Si } 50/100 \text{ mL} < CF < 1600/100 \text{ mL, entonces } I_{CF} = 0.98 * e^{((CF-50)*-9.917754E-4)}$$

$$\text{Si } CF \geq 1600/100 \text{ mL, entonces } I_{CF} = 0.1$$

1.10.3.3.3. Metodología para el Cálculo del ICA

Para calcular el ICA se utilizó una suma lineal ponderada de los subíndices (I_i) de cada una de las variables. Estas agregaciones se expresan matemáticamente de la siguiente manera:

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

Donde,

ICA_{njt} , es el índice de calidad del agua de una determinada corriente superficial en la estación de monitoreo de la calidad del agua j en el tiempo t, evaluado con base en n variables.

W_i , es el ponderador o peso relativo asignado a la variable de calidad i .

I_{ikjt} , es el valor calculado de la variable i (obtenido de aplicar la curva funcional o ecuación correspondiente), en la estación de monitoreo j , registrado durante la medición realizada en el trimestre k , del período de tiempo t .

n , es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador; n es igual a 7 a nivel regional

La solución de la anterior sumatoria es como sigue:

$$ICA_{njt} = (W_{i\%satOD} * I_{\%satOD}) + (W_{iSST} * I_{SST}) + (W_{iDQO} * I_{DQO}) + (W_{iCE} * I_{CE}) + (W_{iN/P} * I_{N/P}) \\ + (W_{iPH} * I_{PH}) + (W_{iCF} * I_{CF})$$

De acuerdo con IDEAM (2010), el ICA define una clasificación descriptiva de la calidad del agua en cinco (5) categorías: buena, aceptable, regular, mala o muy mala (Tabla 108), las cuales se representan gráfica o espacialmente en una escala de colores determinada.

Tabla 108. Descriptores de la calidad del agua a partir del ámbito numérico del ICA

Descriptores	Ámbito numérico	Color
Muy malo	0 - 0,25	Rojo
Malo	0,26 - 0,50	Naranja
Regular	0,51 - 0,70	Amarillo
Aceptable	0,71 - 0,90	Verde
Bueno	0,91 - 1,00	Azul

1.10.3.3.4. Resultados del Índice de Calidad del Agua (ICA)

A continuación, se presentan los resultados del ICA, obtenidos a partir de los monitoreos realizados en el marco de la formulación del presente PORH para la Quebrada Buenavista y tributarios priorizados. En la Tabla 109 se detalla: el código de identificación del punto de monitoreo, la descripción del sitio, el municipio en jurisdicción, ubicación geográfica (latitud y longitud), tipo de monitoreo, subíndices de calidad estimados por punto de monitoreo (oxígeno disueltos, sólidos suspendidos totales, demanda química de oxígeno, conductividad eléctrica, relación nitrógeno total/fosforo total, pH, coliformes fecales/termotolerantes), resultado numérico del ICA y su descriptor cualitativo.

Tabla 109. Resultados de ICA determinados para los sitios de monitoreo en corrientes superficiales

Código	Descripción	Época	Latitud	Longitud	Tipo Monitoreo	I%sa tOD	ISST	IDQO	IC.E .	IN/P	IpH	ICF	ICA	Descriptor Final
BUE-01	Q. Buenavista (Bocatoma 1) Acueducto Regional Rural de Filandia	Seca	4.663	-75.679	Superficial Completo	0.84	0.99	0.91	0.64	0.35	1	0.1	0.69	Regular
		Húmeda				0.65	0.99	0.91	0.95	0.35	1	0.87	0.81	Acceptable
BAM-01	Quebrada Bambuco (Bocatoma 2) Acueducto Regional Rural de Filandia	Seca	4.658	-75.678	Superficial Completo	0.85	0.99	0.91	0.87	0.35	0.98	0.3	0.75	Acceptable
		Húmeda				0.96	0.99	0.91	0.94	0.35	0.99	0.77	0.85	Acceptable
BAM-02	Q. Bambuco A. Arriba confluencia a la Q. Buenavista	Seca	4.638	-75.718	Superficial Básico	0.92	0.99	0.91	0.83	0.35	0.89	0.1	0.72	Acceptable
		Húmeda				0.99	0.99	0.91	0.9	0.6	0.98	0.86	0.89	Acceptable
BUE-02	Q. Buenavista A. Arriba Captación Bocatoma Quimbaya	Seca	4.632	-75.736	Superficial Completo	0.97	0.99	0.91	0.76	0.35	1	0.63	0.8	Acceptable
		Húmeda				0.85	0.99	0.91	0.93	0.6	0.85	0.81	0.85	Acceptable
ARM-01	Q. Armenia A. Arriba confluencia a la Q. Buenavista	Seca	4.618	-75.747	Superficial Básico	0.89	0.99	0.91	0.99	0.8	0.83	0.58	0.86	Acceptable
		Húmeda				0.99	0.99	0.91	0.88	0.8	0.94	0.91	0.92	Bueno
BUE-03	Q. Buenavista A. Arriba CP Quimbaya	Seca	4.619	-75.751	Superficial Completo	0.95	0.99	0.91	0.83	0.6	1	0.1	0.77	Acceptable
		Húmeda				0.94	0.99	0.91	0.92	0.6	0.84	0.77	0.85	Acceptable
BUE-04	Q. Buenavista A. Abajo CP Quimbaya	Seca	4.612	-75.773	Superficial Completo	0.71	0.99	0.91	0.83	0.35	0.94	0.1	0.69	Regular
		Húmeda				0.9	0.97	0.91	0.9	0.6	0.96	0.98	0.89	Acceptable
SIL-01	Q. La Silenciosa A. Arriba Bocatoma Decameron PANACA	Seca	4.61	-75.815	Superficial Básico	0.89	0.99	0.91	0.59	0.6	1	0.84	0.83	Acceptable
		Húmeda				0.83	0.99	0.91	0.46	0.35	1	0.1	0.67	Regular
SIL-02	Bocatoma Decameron - PANACA	Húmeda	4.61	-75.820	Superficial Completo	0.96	0.98	0.91	0.52	0.8	1	0.1	0.76	Acceptable

PLAN DE ORDENAMIENTO DEL
RECURSO HÍDRICO DE LA QUEBRADA
BUENAVISTA Y TRIBUTARIOS
PRIORIZADOS

SIL-03	Q. La Silenciosa A. Abajo Vert. Decameron PANACA	Seca	4.613	-75.83	Superficial Completo	0.97	0.8	0.51	0.09	0.15	1	0.81	0.63	Regular
		Húmeda				0.81	0.94	0.91	0.33	0.35	1	0.1	0.64	Regular
MR-01	Q. Mina Rica A. Abajo CP Quimbaya	Seca	4.631	-75.786	Superficial Completo	0.6	0.99	0.71	0	0.35	1	0.1	0.54	Regular
		Húmeda				0.68	0.99	0.91	0.27	0.6	1	0.67	0.73	Aceptable
MR-02	Q. Mina Rica A. Arriba confluencia a la Q. Buenavista	Seca	4.623	-75.812	Superficial Básico	0.7	0.99	0.26	0.14	0.8	0.9	0.1	0.56	Regular
		Húmeda				0.67	0.99	0.91	0.45	0.6	1	0.72	0.76	Aceptable
BUE-05	Q. Buenavista A. Arriba confluencia al R. La Vieja	Seca	4.623	-75.851	Superficial Completo	0.93	0.99	0.91	0.68	0.6	0.97	0.1	0.74	Aceptable
		Húmeda				0.97	0.96	0.91	0.78	0.6	0.95	0.64	0.83	Aceptable

Los resultados de ICA muestran que en la parte alta de la corriente principal, a la altura de la bocatoma del Acueducto Regional Rural de Filandia (BUE-01), se presenta un índice de calidad “Regular” (ICA = 0.69) en época seca, producto de valores bajos en los subíndices de Nitrógeno Total/Fosforo Total (IN/T = 0.35) característico de un cuerpo de agua en eutrofización y el subíndice de coliformes fecales/termotolerantes (ICF = 0.1), siendo este último el de mayor relevancia en la afectación de la calidad del agua, posiblemente influenciada por el desarrollo de actividades pecuarias (ganadería). Para época húmeda, la calidad del cuerpo de agua mejora sustancialmente a “Aceptable” (ICA = 0.81) producto de la posible dilución en concentración de coliformes fecales/termotolerantes (ICF = 0.87) por efecto de las lluvias sobre la corriente hídrica.

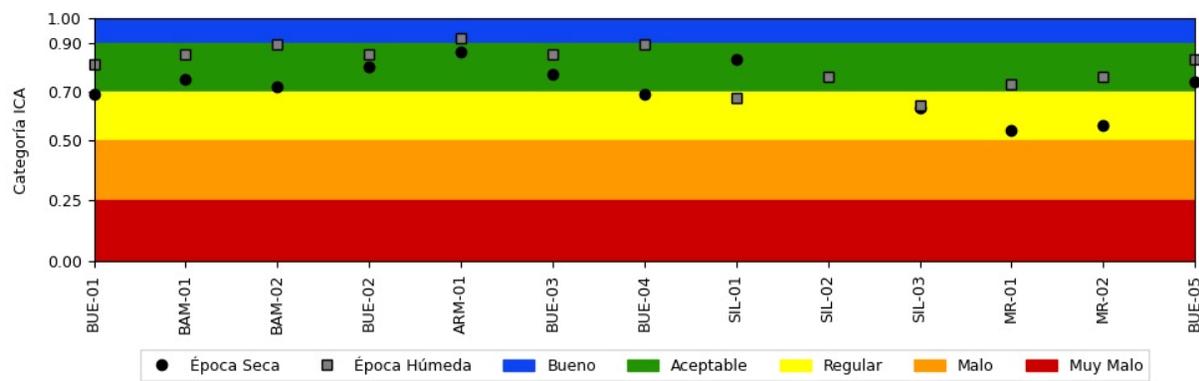


Figura 79. Descriptor del ICA por punto de monitoreo en corrientes superficiales

Por su parte, sobre la Quebrada Bambuco la calidad del agua tanto en la parte alta (BAM-01) como en la parte baja de la corriente (BAM-02) muestra una condición “Aceptable” con ICA entre el 0.72 para época seca y 0.89 en época húmeda. En época seca, los índices no son lo suficientemente altos, situación que se ve reflejada con la baja relación de nutrientes (IN/P = 0.35) y la presencia de coliformes fecales/termotolerantes encontrados en los muestreos (ICF = 0.3 y ICF = 0.1).

Sobre el sitio de captación de la bocatoma para el acueducto del centro poblado de Quimbaya (BUE-02) se cuenta con un índice de calidad “Aceptable” en temporada seca y húmeda, evidenciándose la capacidad de autodepuración y asimilación de agentes contaminantes por parte de la corriente principal, situación favorable dado el uso para el cual es demandado el recurso (uso doméstico y consumo humano). Es de resaltar el valor bajo en el subíndice de relación NT/PT (IN/P = 0.35 en época seca y IN/P = 0.6 en época húmeda), lo cual sugiere una posible afectación aguas arriba del sitio de captación por la presencia de actividades agrícolas por efecto de aporte en carga de forma difusa.

Como afluente aportante a la corriente principal de la Quebrada Buenavista se encuentra la Quebrada Armenia (ARM-01), la cual presenta un índice de calidad “Aceptable” (ICA = 0.86) en época seca con un mediano grado de afectación con la presencia de coliformes fecales/termotolerantes (ICF = 0.58), situación que sugiere algún foco de contaminación de origen doméstico o pecuario en la corriente principal. Esta condición de calidad mejora en época húmeda producto de una posible dilución en carga contaminante por efecto de las lluvias (ICF = 0.91) con una calidad “Bueno” (ICA = 0.92) para la corriente. Antes de su paso por el casco urbano de Quimbaya (BUE-03), la Quebrada Buenavista presenta índices de calidad “Aceptables” para ambas condiciones hidrológicas con ICA = 0.77 en época seca y ICA = 0.85 en época húmeda. La calidad de la corriente en este sector se encuentra en declive debido al efecto de expansión urbana, lo cual aumenta las descargas directas a la corriente principal, alterando significativamente la calidad del recurso.

En el punto de control de calidad sobre la Quebrada Buenavista aguas abajo del casco urbano de Quimbaya (BUE-04), se evidencia el impacto negativo en calidad que tiene esta corriente al recibir las descargas de agua residual doméstica proveniente del casco urbano de Quimbaya, mostrando una calidad “Regular” en época seca y “Aceptable” en época húmeda. Dentro de los parámetros de mayor afectación en periodos de estiaje de la corriente son la presencia de coliformes fecales/termotolerantes (ICF = 0.1), la relación de nutrientes en el agua (IN/P = 0.35) y el mediano grado de oxigenación de la corriente (IsatOD = 0.71). Por el contrario, en periodos húmedos la corriente presenta una recuperación de su calidad en “Aceptable” con un ICA = 0.89 producto de la dilución de la carga contaminante aportada por el sector doméstico aguas arriba del sitio de monitoreo.

Para la Quebrada La Silenciosa, la calidad del agua arriba de la bocatoma Decameron - PANACA (SIL-01) es “Aceptable” en época seca y “Regular” en época húmeda, reflejando una degradación en el sistema hídrico natural de la corriente por efecto de las lluvias, al generarse un posible escurrimiento superficial de aguas residuales domésticas provenientes del casco urbano de Quimbaya. Lo anterior se sustenta en altas concentraciones de coliformes fecales/termotolerantes (ICF = 0.1), una alta conductividad eléctrica (ICE = 0.46) y la desequilibrada disponibilidad de nutrientes en el agua (IN/P = 0.35) en época húmeda, situación que se presenta más atenuada en época seca (ICF = 0.83, ICE = 0.59 y IN/P = 0.6).

En cuanto al sitio de monitoreo sobre la bocatoma Decameron - PANACA (SIL-02), se cuenta con una condición de calidad “Aceptable” para época húmeda. Dada su cercanía espacial al sitio SIL-01, presenta una afectación directa por el escurrimiento superficial de aguas residuales domésticas del casco urbano de Quimbaya, contando con una alta concentración de coliformes fecales/termotolerantes (ICF = 0.1) y alta conductividad

eléctrica ($ICE = 0.52$). El aumento en la disponibilidad de nutrientes en la corriente ($IN/P = 0.8$), repercute de forma positiva en la calidad de esta, aun así, es importante señalar que dado el uso al cual se asocia la corriente (consumo humano y doméstico), es necesario generar medidas de control y saneamiento aguas arriba del sitio de captación que garanticen las condiciones mínimas de calidad.

Sobre el sitio SIL-03 ubicado aguas abajo de las descargas por parte de Decameron PANACA y Fincas PANACA, se observa una calidad “Regular” tanto en época seca como húmeda. Si bien estas descargas directas a la corriente cuentan con medidas de tratamiento, se presentan una alteración en la disponibilidad de nutrientes ($IN/P = 0.15$), alta presencia de iones disueltos ($ICE = 0.09$) y una alta demanda de oxígeno necesario para los procesos de oxidación de la materia orgánica e inorgánica en el agua en el agua ($IDQO = 0.51$) en época seca, situación que desmejora en época húmeda por el escurrimiento superficial de las aguas residuales domésticas del casco urbano de Quimbaya.

Por otro lado, sobre la Quebrada Mina Rica tanto en la parte alta (MR-01) como en la parte baja (MR-02) su condición de calidad es “Regular” en época seca con ICA de 0.54 y 0.56 respectivamente. Esta condición de calidad se ve afectada principalmente por las descargas residuales domésticas del casco urbano de Quimbaya, aportando altas concentraciones de coliformes fecales/termotolerantes ($ICF = 0.1$) y altas conductividades eléctricas ($ICE = 0$ y $ICE = 0.14$, respectivamente). Igualmente, el aumento de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) sobre la corriente, sugiere una posible afectación de origen industrial. En época húmeda, su condición de calidad mejora a “Aceptable” para los dos sitios de monitoreo sobre la Quebrada Mina Rica, notando el efecto de dilución de las aguas lluvias sobre el cuerpo hídrico, disminuyendo la concentración en carga con el aumento del caudal.

Por último, en el tramo final de la Quebrada Buenavista (BUE-05), se presenta una condición “Aceptable” de calidad del agua con un ICA igual a 0.74 en temporada seca y de 0.83 en temporada húmeda. En temporada de estiaje, la corriente se ve directamente afectada por la presencia de coliformes fecales/termotolerantes en el agua ($ICF = 0.1$), la disposición de iones disueltos en el agua ($ICE = 0.68$) y la disponibilidad de nutrientes ($IN/P = 0.6$) producto de posibles descargas residuales de tipo doméstico o pecuario, y la presencia de actividades agrícolas en la parte baja de la cuenca. En temporada húmeda, la calidad de la corriente mejora a “Aceptable” con un ICA = 0.83, con una dilución sustancial de coliformes fecales/termotolerantes ($ICF = 0.64$) en la corriente hídrica. En la Figura 80 y Figura 81 se representa la distribución espacial de los resultados categóricos del ICA en época seca y húmeda respectivamente, estimados para los puntos de monitoreo desarrollados en el marco del presente proyecto.

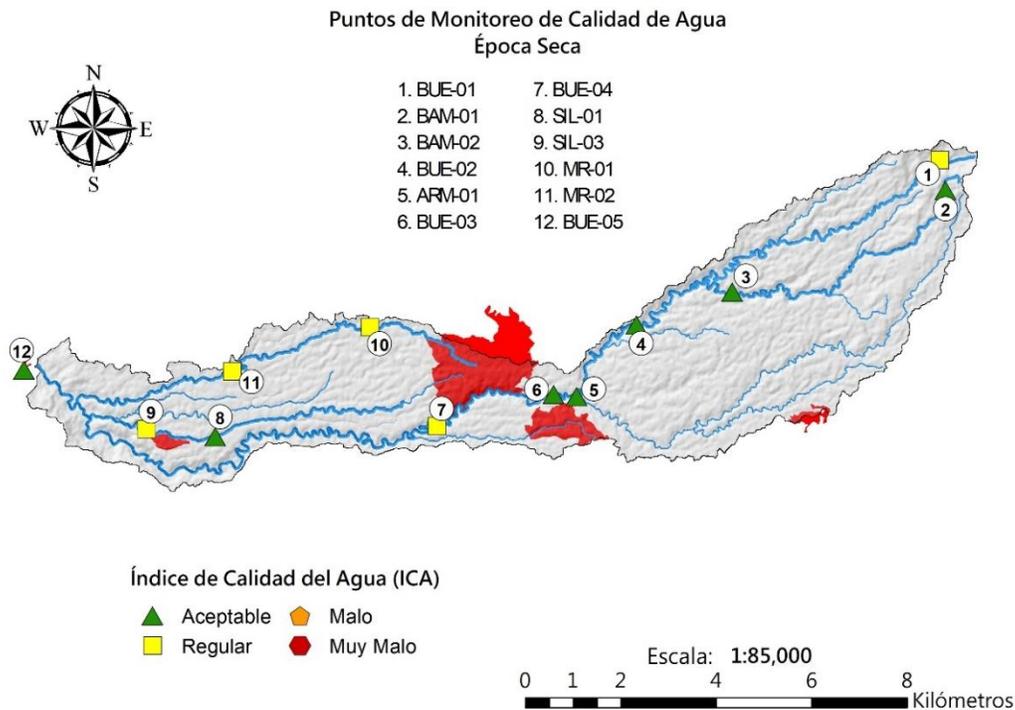


Figura 80. Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) en Época Seca para los puntos de monitoreo

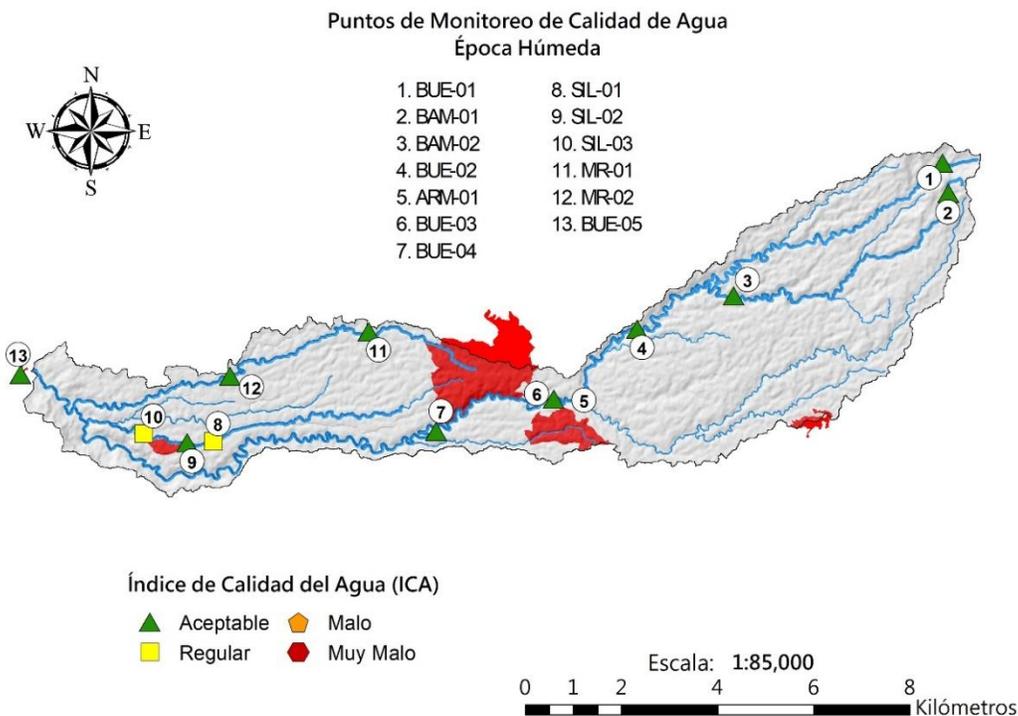


Figura 81. Índice de Calidad del Agua Superficial (ICA) en Época Húmeda para los puntos de monitoreo

1.10.4. Estimación de la vulnerabilidad, amenaza y Riesgos

Se implementó un análisis del riesgo asociado a la oferta hídrica disponible y los usos actuales y potenciales, a partir de los resultados del índice de calidad físico químico (ICA) en la condición hidrológica más restrictiva, que para este caso corresponde a la época seca. El análisis se realizó para cada uno de los siete Tramos definidos, comprendiendo cuatro Tramos sobre la corriente principal (Tramos 1, 3, 4 y 7) y tres Tramos sobre tres corrientes priorizadas como los son: las Quebradas Bambuco (Tramo 2), La Silenciosa (Tramo 5) y Mina Rica (Tramo 6).

1.10.4.1. Vulnerabilidad

En la Ley 1523 de 2012, que establece la política nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, se describe la Vulnerabilidad como la susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional de una comunidad para ser afectada o sufrir consecuencias adversas ante la ocurrencia de un evento físico peligroso. Se entiende la vulnerabilidad como la predisposición a sufrir pérdidas o daños en los seres humanos, sus medios de subsistencia y en sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que puedan ser impactados por eventos físicos peligrosos.

Según la Guía para el Ordenamiento del Recurso Hídrico Continental Superficial (MINANBIENTE, 2018), la evaluación de la vulnerabilidad se lleva a cabo identificando los usos del agua. Las captaciones de agua para abastecimiento doméstico se clasifican como de **Vulnerabilidad Alta**, mientras que las tomas para usos agrícolas y pecuarios se consideran de **Vulnerabilidad Media**. Los demás usos se categorizan como de **Vulnerabilidad Baja**. En los tramos donde no se encuentran captaciones de agua, se consideran **No Vulnerables**.

Las categorías de Vulnerabilidad para los diferentes tramos definidos para las Quebradas Buenavista, Bambuco, La Silenciosa y Mina Rica se determinaron a partir del análisis realizado en la consolidación de los usos existentes del recurso hídrico (Figura 82).

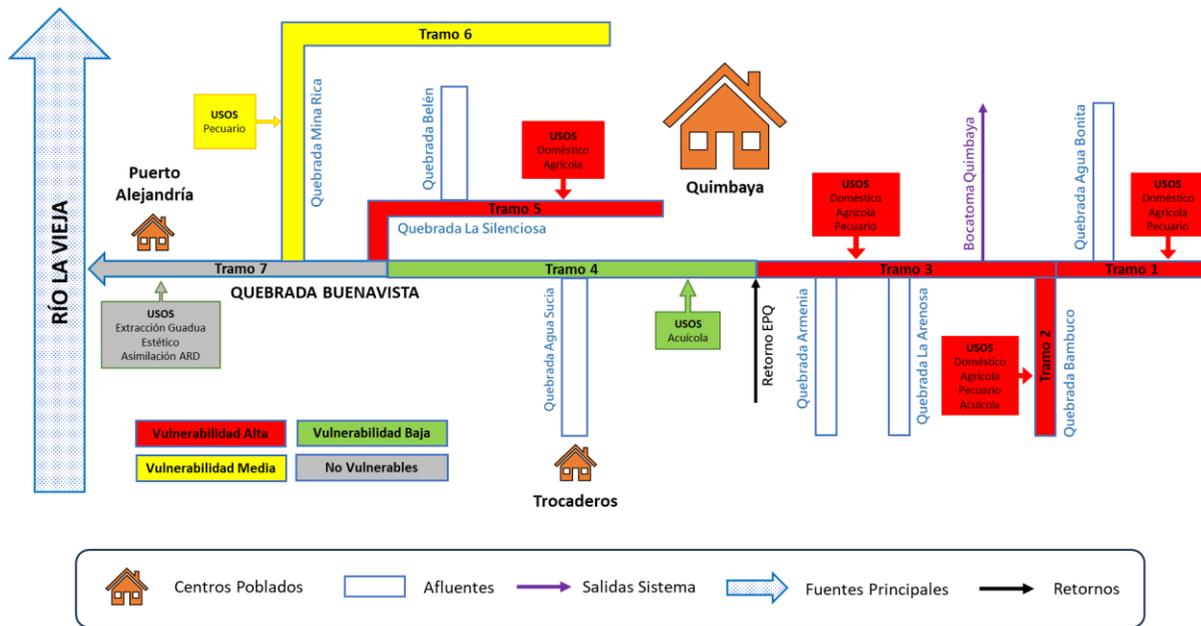


Figura 82. Esquema conceptual con las categorías de Vulnerabilidad en los Tramos definidos para el PORH de la Quebrada Buenavista y Tributarios Priorizados

Como resultado de la clasificación de Vulnerabilidad en los Tramos de análisis respecto al tipo de uso actual del recurso hídrico, se presentan los Tramo 1, 2, 3 y 5 como en “Vulnerabilidad Alta”, debido a la presencia de captaciones para Consumo humano y uso doméstico tales como: el Acueducto Regional Rural de Filandia (Tramo 1 y 2), la bocatoma del municipio de Quimbaya (Tramo 3) y la bocatoma del Decameron PANACA (Tramo 5).

De igual manera, en el Tramo 4 se adopta una “Vulnerabilidad Baja” con la presencia de captaciones para uso Acuícola, y en el Tramo 6 una “Vulnerabilidad Media” con captaciones para uso Pecuario. El Tramo 7, no presenta concesiones identificadas en las bases de datos de la CRQ, por lo cual se presenta como “No Vulnerable”. Aun así, sobre este tramo se identificó la presencia de actividades como la extracción de guadua, siendo este uso al igual que el estético y la asimilación de aguas residuales los de importancia para este tramo.

1.10.4.2. Amenaza

El concepto de amenaza se define en la Ley 1523 de 2012 del Congreso de la República de Colombia, como: “Peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como

también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales”

De acuerdo con la guía, la calidad aceptable corresponderá a una **Amenaza Baja**, la calidad Regular a una **Amenaza Media** y la Calidad Mala a un **Amenaza Alta**. De forma complementaria se asigna en el presente estudio la calidad Muy Mala a la **Amenaza Alta** y la Calidad Buena a la **Amenaza Baja** (Tabla 110). Debido a que se dispone de varios valores del ICA por cada tramo o sector de los principales cuerpos de agua (Quebradas Buenavista, Bambuco, La Silenciosa y Mina Rica), se escogió el valor más bajo del ICA para la determinación de la Amenaza.

Tabla 110. Determinación de la categoría de Amenaza a partir del ICA

ICA	Amenaza
Muy Mala	Alta
Mala	
Regular	Media
Aceptable	Baja
Buena	

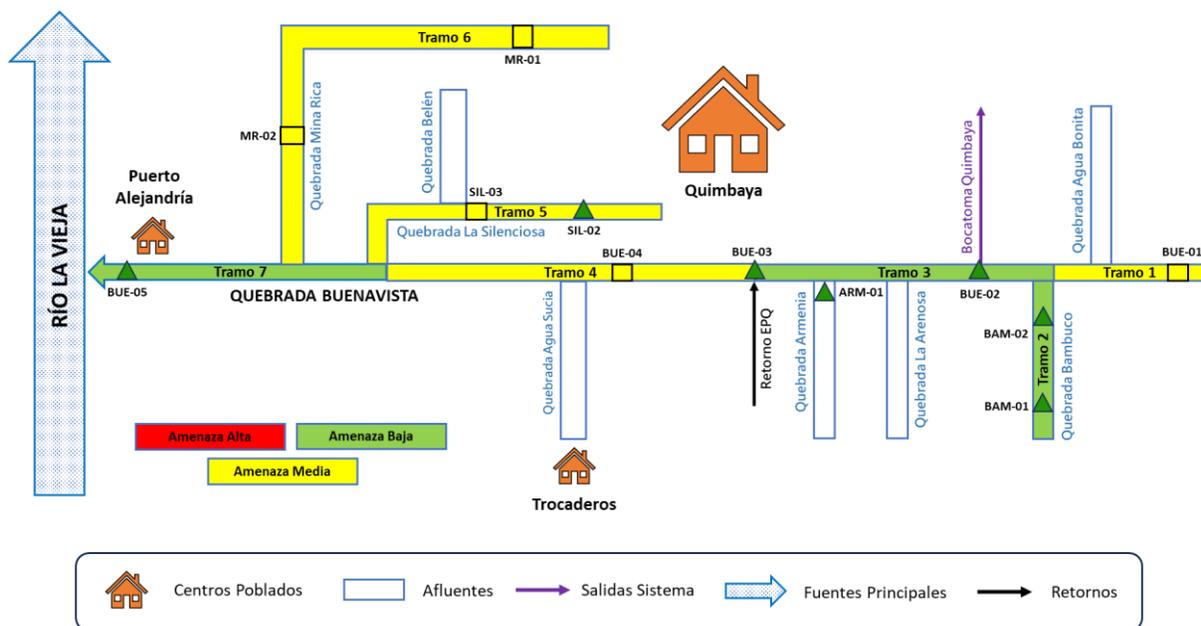


Figura 83. Esquema conceptual con las categorías de Amenaza en los Tramos definidos para el PORH de la Quebrada Buenavista y Tributarios Priorizados

A partir de los resultados del ICA para cada tramo de análisis y la metodología descrita en la Tabla 110, se determinó que los Tramo 1, 4, 5 y 6 presenta un grado de “Amenaza Media” debido a índices de calidad “Regular” sobre las corrientes de las Quebradas Buenavista (parte alta), Buenavista (parte media), La Silenciosa y Mina Rica. Por otro lado, para los Tramo 2, 3 y 7 se presenta un grado de “Amenaza Baja” correspondientes a índices de calidad “Aceptables” encontrados para dichos tramos.

Dado que para los resultados del ICA no se encontraron categorías de calidad “Mala” o “Muy Mala” sobre las corrientes hídricas (pero si en vertimientos), no se presentó ningún tramo con un grado de “Amenaza Alta”, por lo cual no se evidencia peligro inminente debido al mal estado de la calidad del agua para los tramos en estudio.

1.10.4.3. Riesgo

El Análisis y Evaluación del Riesgo implica la consideración de las causas y fuentes del riesgo, sus consecuencias y la probabilidad de que dichas consecuencias puedan ocurrir. Es el modelo mediante el cual se relaciona la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos sociales, económicos y ambientales y sus probabilidades (Ley 1523 de 2012).

El análisis de riesgo se basa en que éste es el resultado de la concurrencia de una amenaza y de la vulnerabilidad de los elementos amenazados (elementos expuestos). Por consiguiente, tomando en cuenta esta combinación de factores, el análisis de riesgos apunta a estimar y evaluar las posibles consecuencias de fenómenos naturales y/o antrópicos en un determinado grupo poblacional y en sus bases de vida. Se trata tanto de efectos o consecuencias a nivel social, como también económico y ambiental (Guía Técnica para la formulación de POMCAS, 2014).

Para la determinación del riesgo asociado a la disponibilidad del recurso hídrico (por calidad) se consideraron los resultados de la clasificación de la Amenaza (a partir del ICA) y de la Vulnerabilidad (a partir de los usos actuales). De acuerdo con la Guía, la categoría del Riesgo corresponderá a la condición más crítica entre la Amenaza y la Vulnerabilidad, tal como se presenta en la Tabla 111.

Al relacionar las categorías de Vulnerabilidad y Amenaza para cada tramo de análisis se obtiene que los Tramos 1, 2, 3 y 5 presentan un grado de “Riesgo Alto” debido principalmente a la presencia de captaciones para consumo Humano y Uso Doméstico, siendo estos tramos clave para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos que ayuden a preservar las condiciones de calidad de los cuerpos de agua.

Los tramos identificados como en “Riesgo Medio” corresponden a los Tramo 4 y 6, debido a las cargas contaminantes recibidas por parte del casco urbano de Quimbaya las cuales repercuten de forma negativa a la calidad del agua para estos tramos.

Tabla 111. Categorización del Riesgo

Amenaza	Vulnerabilidad	Riesgo
Alta	Alta	Alto
Alta	Media	Alto
Alta	Baja	Alto
Media	Alta	Alto
Baja	Alta	Alto
Media	Media	Medio
Media	Baja	Medio
Baja	Media	Medio
Baja	Baja	Bajo

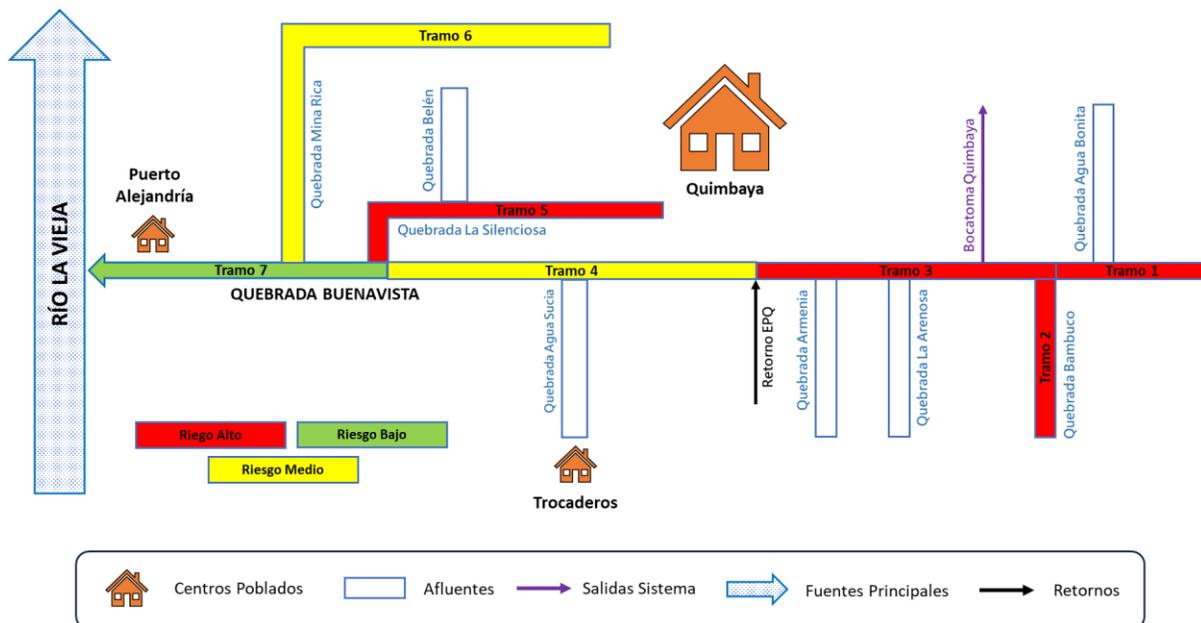


Figura 84. Figura 37. Esquema conceptual con las categorías de Riesgo en los Tramos definidos para el PORH de la Quebrada Buenavista y Tributarios Priorizados

1.11. Estado de calidad hidrobiológica del agua

1.11.1. Área de estudio

Se realizó el estudio de la diversidad y composición del componente hidrobiológico (perifiton, macroinvertebrados acuáticos y peces) de la Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), en los municipios de Filandia y Quimbaya en el departamento de Quindío. Para ello, se seleccionaron diez (10) sitios de muestreo con base en la cartografía y la salida preliminar de reconocimiento en campo, tomando en cuenta aspectos como el área de la cuenca, rango altitudinal, caudal, impactos naturales y antropogénicos y accesibilidad como factores predominantes. Se desarrollaron dos campañas de monitoreo (época húmeda y seca) y en cada sitio de monitoreo se realizó la medición in situ de pH, potencial óxido reducción, porcentaje de oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, temperatura del agua, caudal, área, velocidad y sólidos totales disueltos.

Los puntos evaluados se encuentran en los municipios de Filandia y Quimbaya, ubicados en el departamento de Quindío. Las estaciones comprenden un rango altitudinal que oscila entre los 962 m hasta los 1479 m, cada punto se georreferenció empleando un receptor GPS (Tabla 1, Figura 85). El área de monitoreo incluye 10 puntos, E1: Quebrada Bambuco aguas arriba (Figura 86), E2: Quebrada Buenavista (Figura 87), E3: Quebrada Buenavista después de la bocatoma (Figura 88), E4: Quebrada Armenia (Figura 89), E5: Quebrada Buenavista después de la confluencia con la Quebrada Armenia (Figura 90), E6: Quebrada Buenavista aguas abajo Quimbaya (Figura 91), E7: Quebrada La Silenciosa (Figura 92), E8: Quebrada Mina Rica parte alta (Figura 93), E9: Quebrada Mina Rica (Figura 94), E10: Quebrada Buenavista antes de la confluencia con el Río La Vieja (Figura 95).

Las estaciones se caracterizaron por ser cuerpos de agua pequeños y medianos entre los 1.16 y 13.9 metros de ancho, con una profundidad promedio de 39 cm, el caudal es moderado-alto, presenta un abundante bosque ripario, en la parte alta, donde está mejor conservada, allí se presenta un acueducto local, la parte media se encuentra más alterada, presentándose puntos con presencia de guaduales en la orilla y cercanos a áreas como restaurantes, viviendas, fincas, cultivos y centros turísticos, se encontraron sustratos como roca, grava, hojarasca, troncos y arena. Finalmente, las afectaciones principales la agricultura, captación de agua y la urbanización.

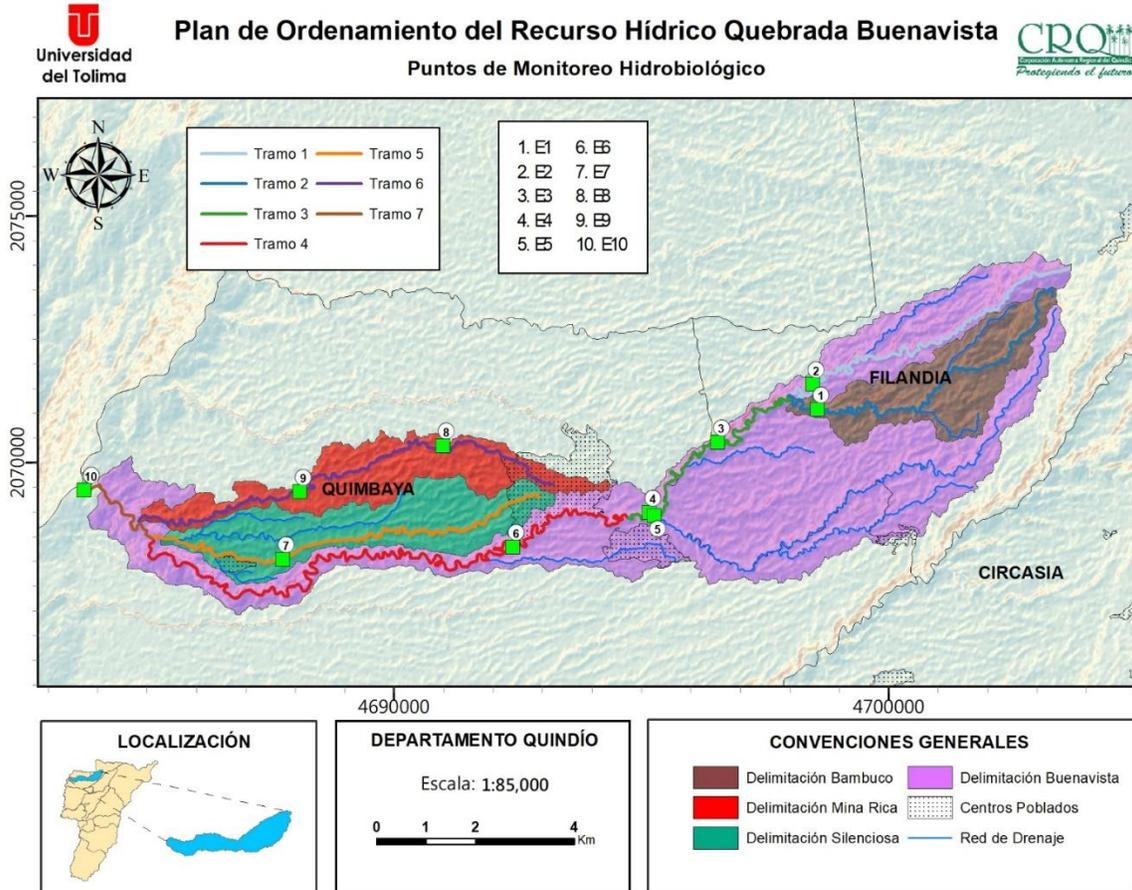


Figura 85. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo para el monitoreo hidrobiológico en la Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica). Fuente: Autores (2023).



Figura 86. Quebrada Bambuco aguas arriba de confluencia con quebrada Buenavista (E1). Fuente: Autores (2023).



*Figura 87. Quebrada Buenavista aguas arriba de confluencia con quebrada Bambuco (E2).
Fuente: Autores (2023).*

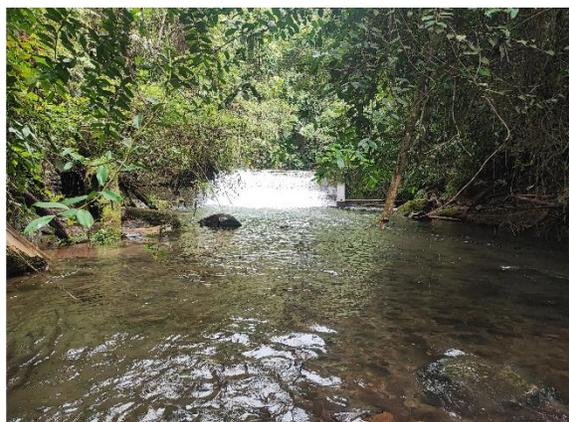
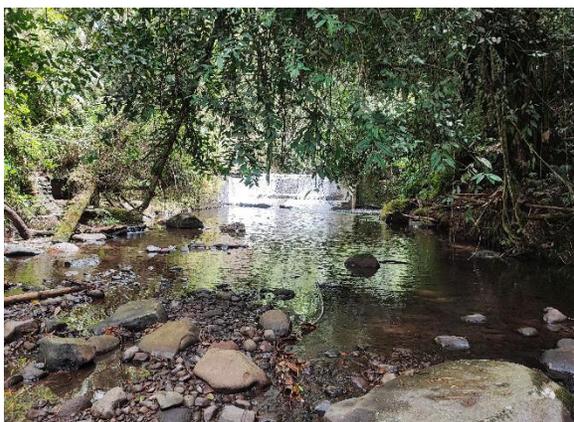


Figura 88. Quebrada Buenavista después de la bocatoma (E3). Fuente: Autores (2023).

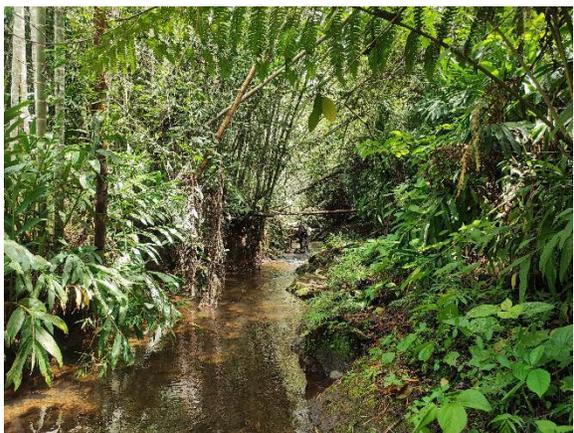
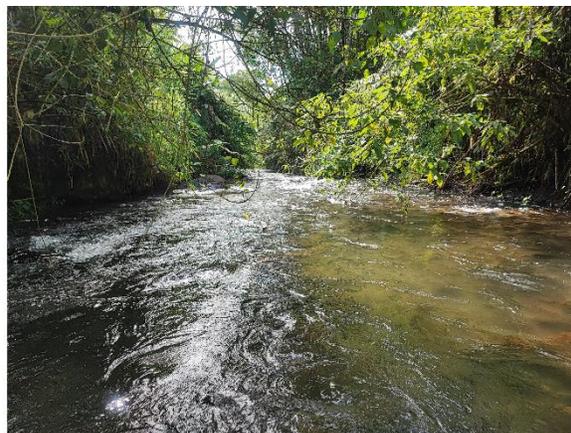


Figura 89. Quebrada Armenia (E4). Fuente: Autores (2023).



*Figura 90. Quebrada Buenavista después de la confluencia con la Quebrada Armenia (E5).
Fuente: Autores (2023).*



Figura 91. Quebrada Buenavista aguas abajo Quimbaya (E6). Fuente: Autores (2023).



Figura 92. Quebrada La Silenciosa (E7). Fuente: Autores (2023).

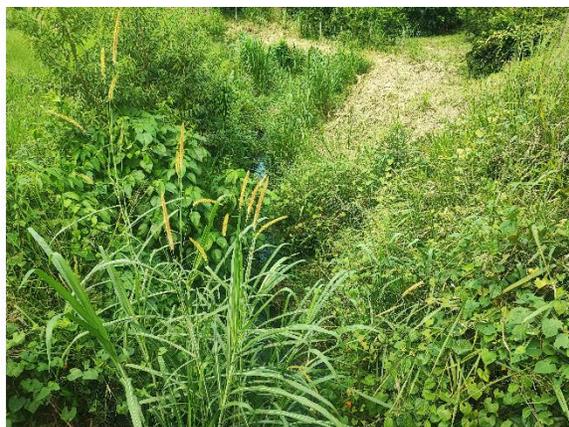


Figura 93. Quebrada Mina Rica parte alta (E8). Fuente: Autores (2023).

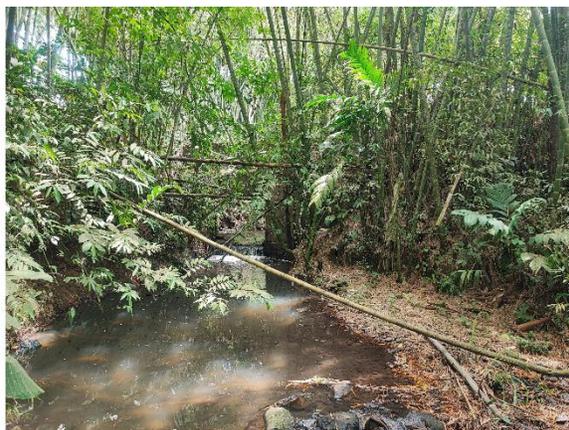


Figura 94. Quebrada Mina Rica (E9). Fuente: Autores (2023).



Figura 95. Quebrada Buenavista antes de la confluencia con el Río La Vieja (E10). Fuente: Autores (2023).

Como se mencionó anteriormente, las estaciones evaluadas abarcan un rango altitudinal desde los 962 a los 1479 msnm (Tabla 112). La mayoría de las estaciones muestran un alto grado de conservación, con presencia de vegetación riparia, gran cantidad de microhábitats, caudal moderado y una profundidad media, todos estos factores apropiados para el establecimiento de las comunidades biológicas dentro de un ecosistema acuático (Roldán y Ramírez, 2008). Sin embargo, se observan ciertas afectaciones de origen antrópico, dentro de estaciones en específico, entre las que se resalta la recepción de aguas servidas, turismo, agricultura, además del uso del recurso hídrico para para acueductos, entre otros.

Tabla 112. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreo en la Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica).

Sigla	Estación	N	W	Altitud(msnm)
E1	Quebrada Bambuco aguas arriba	04°38'17.24"	75°43'4.12"	1479
E2	Quebrada Buenavista	04°38'33.66"	75°43'7.40"	1475
E3	Quebrada Buenavista después de la bocatoma	04°37'55.19"	75°44'9.41"	1384
E4	Quebrada Armenia	04°37'8.66"	75°44'54.30"	1327
E5	Quebrada Buenavista después de la confluencia con la Quebrada Armenia	04°37'6.43"	75°44'51.22"	1309
E6	Quebrada Buenavista aguas abajo Quimbaya	04°36'45.52"	75°46'23.99"	1239
E7	Quebrada La Silenciosa	04°36'36.93"	75°48'54.96"	1178
E8	Quebrada Mina Rica parte alta	04°37'52.19"	75°47'10.13"	1224
E9	Quebrada Mina Rica	04°37'21.46"	75°48'43.79"	1185
E10	Quebrada Buenavista antes de la confluencia con el Río La Vieja	04°37'22.13"	75°51'5.19"	962

Fuente: Autores (2023).

Los muestreos se realizaron durante los meses de septiembre (30) y octubre (01) para el primer muestreo (M1) y noviembre (25 y 26) (M2) (Tabla 113), se presentó un aumento considerable en las precipitaciones, siendo el muestreo 1 las bajas lluvias y el muestreo 2 altas lluvias.

Tabla 113. Fechas de los muestreos sobre las estaciones evaluadas en la Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica).

Sigla	Estación	Muestreo 1	Muestreo 2
E1	Quebrada Bambuco aguas arriba	01/10/2023	26/11/2023
E2	Quebrada Buenavista	01/10/2023	26/11/2023
E3	Quebrada Buenavista después de la bocatoma	01/10/2023	26/11/2023
E4	Quebrada Armenia	01/10/2023	26/11/2023
E5	Quebrada Buenavista después de la confluencia con la Quebrada Armenia	01/10/2023	26/11/2023
E6	Quebrada Buenavista aguas abajo Quimbaya	01/10/2023	25/11/2023
E7	Quebrada La Silenciosa	30/09/2023	25/11/2023
E8	Quebrada Mina Rica parte alta	30/09/2023	25/11/2023
E9	Quebrada Mina Rica	30/09/2023	25/11/2023
E10	Quebrada Buenavista antes de la confluencia con el Río La Vieja	30/09/2023	25/11/2023

Fuente: Autores (2023).

1.11.2. Métodos de Campo y Laboratorio

1.11.2.1. Protocolo de monitoreo comunidad Perifítica

El estudio de la comunidad perifítica se realizó en diez estaciones ubicadas en la Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica). En cada punto de muestreo se seleccionaron cuatro tipos de sustratos naturales (roca, canto rodado, hojarasca y tronco), en un transecto aproximado de 150m. Se realizaron raspados de la superficie en un área de 10 cm² de cada sustrato con la ayuda de cepillos plásticos de cerda suave (Tümping y Friedrich, 1999) (Figura 96).

El material obtenido se almacenó en recipientes plásticos con capacidad de 100 ml y se fijaron con solución transeau en proporción 6:3:1 (agua destilada, alcohol y formol). Posteriormente, se transportaron al Laboratorio del Grupo de Investigación en Zoología de la Universidad del Tolima (GIZ-UT) para su análisis y determinación taxonómica.



Figura 96. Colecta de la comunidad perifítica en la Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), para los muestreos del año 2023. Fuente: Autores (2023).

Métodos de laboratorio

Se realizó el montaje y cuantificación de las algas de la comunidad perifítica con la ayuda de un microscopio invertido OLYMPUS CKX41 (40X) y la cámara de conteo Sedgwick-Rafter (SR), la cual limita el área y volumen, y permite calcular las densidades poblacionales después de un periodo prolongado de asentamiento, mediante un conteo en diferentes campos. La densidad de individuos por unidad de área se calculó siguiendo la fórmula:

$$\frac{\text{Individuos}}{\text{cm}^2} = \frac{N * At * Vt}{Ac * Vs * As}$$

Dónde:

N = Número de individuos contados

At = Área total de la cámara (cm²)

Vt= Volumen total de la muestra en suspensión

Ac= Área contada (bandas/campos) (cm²)

Vs=Volumen usado en la cámara (ml)

As= Área del sustrato o superficie raspada (cm²)

Para la determinación taxonómica se siguieron claves específicas y generales, además de descripciones taxonómicas de autores como Bicudo y Menezes (2006), Bellinger y Sigeo (2010), Tremarin (2005), Tremarin et al., 2010, Novelo (2011a-d), entre otros. Adicionalmente como respaldo a la determinación taxonómica se emplearon bases de datos electrónicas como AlgaeBase y Diatombase (Guiry y Guiry, 2024; Kociolek, et al., 2016).

Análisis de datos

Para evaluar la composición y diversidad de la comunidad ficoperifítica se emplearon los siguientes cálculos y análisis estadísticos.

Densidad relativa. La densidad relativa se calculó a partir del número de individuos colectados para cada taxón o grupo taxonómico (phylum, clase, orden, familia y/o género) de la comunidad perifítica, estaciones y sustratos evaluados, y su relación con el número total de individuos de la muestra; esto con el fin de establecer la importancia y proporción particular con respecto al total comunidad total. a densidad relativa se define como:

$$DR = \frac{n^1}{N} * 100$$

Dónde:

DR= Densidad relativa del taxón

n¹= El número de individuos capturados u observados del taxón

N = El número total de individuos capturados u observados

Representatividad del muestreo. La representatividad del muestreo de la comunidad perifítica, se estimó mediante una curva de acumulación de especies usando el programa estadístico EstimateS versión 9.1.0 (Colwell, 2013) para calcular los valores de los estimadores de riqueza: ACE, ICE y Chao1 (Colwell, 2013), empleándose 100 aleatorizaciones en todos los cálculos. Adicionalmente se incluyeron las curvas de los taxones raros: Singletons (Singulares: taxones con un solo individuo en la muestra) y Doubletons (Dobles: taxones con dos individuos).

Diversidad. La diversidad alfa de los géneros de la comunidad perifítica en cada estación se estimó mediante el número efectivo de especies, utilizando los números de Hill, que permiten tener una aproximación más clara de la diversidad, en términos de riqueza (q0), abundancia equitativa de todos los taxones (q1) y dominancia de las especies (q2). Con el fin de realizar comparaciones entre las estaciones evaluadas, se empleó la metodología de interpolación y extrapolación de diversidad de especies propuesta por Chao et al., (2014).

Análisis de correspondencia canónica (ACC). Se empleó un análisis de ordenación con el propósito de analizar la posible relación entre la comunidad perifítica, las variables fisicoquímicas y las estaciones muestreadas. Para este análisis se utilizó el programa Canoco versión 4.5 (Braak y Smilauer, 2004).

1.11.2.2. Protocolo de monitoreo Macroinvertebrados acuáticos

La colecta del material biológico se realizó a través de una red Surber (0,09 m²) en cuatro sustratos (roca, grava, arena y hojarasca), siguiendo la metodología propuesta por Wantzen y Rueda (2009), donde para cada sustrato se tomaron al azar tres submuestras en diferentes zonas del *cuerpo de agua* para conformar una muestra compuesta (Figura 97). El material se almacenó en frascos plásticos debidamente etiquetados y se fijó con Formol (10%).



Figura 97. Colecta de macroinvertebrados acuáticos en la Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), para los muestreos del año 2023. Fuente: Autores (2023).

Métodos de laboratorio

En el Laboratorio de Investigación en Zoología se realizó la limpieza y separación de los organismos por medio de un estereomicroscopio Motic SMZ-168 (10X). Se determinará el material biológico hasta el mínimo nivel taxonómico posible empleando las claves taxonómicas de Posada y Roldán (2003), Merrit et al. (2008), Domínguez y Fernández (2009); Thorp y Covich (2014), entre otros. Finalmente, los organismos se almacenaron en alcohol (70%) y fueron ingresados a la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima, sección macroinvertebrados acuáticos (CZUT-Ma).

Análisis de datos

Representatividad del muestreo. Con el fin de determinar la representatividad del muestreo, se calcularon los estimadores de diversidad Chao 1, ACE y Cole, los cuales

son utilizados para datos de abundancia y permiten establecer si la muestra es representativa del atributo medido (Álvarez et al., 2006). Para el cálculo fue utilizado el paquete estadístico EstimateS (Colwell, 2013).

Abundancia. Se determinó la abundancia relativa a partir del número de individuos colectados de cada familia y su relación con el número total de individuos de la muestra. Se calcula con el fin de determinar la importancia y proporción en la cual se encuentra cada uno de los géneros con respecto a la comunidad en los diferentes cuerpos de agua.

La abundancia relativa se definió como:

$$AR = \frac{n^1}{N} * 100$$

Dónde:

AR= Abundancia relativa del taxón

n¹= El número de individuos colectados

N = El número total de individuos colectados

Diversidad. La diversidad alfa fue evaluada mediante el número efectivo de especies, utilizando los números de Hill, que permiten una aproximación más clara de la diversidad, en términos de riqueza (q0), abundancia equitativa de todos los taxones (q1) y la dominancia de los géneros (q2); a partir de índices base como riqueza específica (número de géneros), Shannon-Wiener (H') y el recíproco de Dominancia de Simpson (1-D). Para realizar comparaciones entre las estaciones evaluadas, se empleó la metodología de interpolación y extrapolación de diversidad propuesta por Chao et al., (2014).

Ensamblaje de especies: Con relación a la diversidad beta o variación en la composición de la comunidad en las diferentes estaciones de muestreo, se emplearon los coeficientes de similitud de Jaccard con el fin de determinar el porcentaje de especies compartidas en las estaciones de muestreo.

Relación de la comunidad biótica con las variables ambientales. Con el fin de identificar la posible influencia de las variables ambientales en la estructura de la comunidad biótica, se utilizó el análisis de correspondencia canónica (ACC). Este permite relacionar la matriz de las variables ambientales (Físicoquímicos) con la matriz de los datos biológicos y así poder identificar las variables ambientales que podrían influir de forma significativa en la estructura de la comunidad. Estos análisis se realizaron en R, utilizando la librería Vegan.

Índice de Calidad Ambiental. Con el fin de determinar la calidad del agua de los ecosistemas evaluados se aplicó el índice de bioindicación BMWP/Col (Roldán y Ramírez, 2008) (Tabla 114).

Tabla 114. Interpretación del BMWP/Col.

Clase	Calidad	BMWP/Col	Significado	Color
I	Buena	>100	Aguas muy limpias	Blue
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	Green
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Yellow
IV	Critica	16-35	Aguas muy contaminadas	Orange
V	Muy Critica	<16	Aguas fuertemente contaminadas	Red

Fuente: Roldán y Ramírez (2008).

1.11.2.3. Protocolo de monitoreo ictiofauna

El muestreo fue realizado a través de electropesca en dirección aguas arriba, abarcando distintos tipos de hábitats (rápidos, remansos) y sustratos (roca, grava, arena, hojarasca), a lo largo de un transecto de 100 m de largo y ancho variable, con un esfuerzo de muestreo de una hora por estación. Simultáneamente, este método se complementó con redes de arrastre (5 m x 1,5 m con ojo de malla de 0,05 m) extendidas aguas abajo del paso de la electropesca, con el fin de optimizar las capturas (Figura 98).



Figura 98. Colecta de la ictiofauna en la Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), para los muestreos del año 2023. Fuente: Autores (2023).

Una vez capturados los ejemplares, se depositaron en bolsas plásticas de sello hermético, con la correspondiente etiqueta de campo, y se fijaron en una solución de

formol al 10%, evitando así la descomposición de tejidos. Los peces con tallas mayores de 15 cm se inyectaron con formol en la cavidad abdominal y en la musculatura de los costados. Posteriormente, fueron transportados en canecas plásticas al Grupo de Investigación en Zoología (GIZ) de la Universidad del Tolima para su determinación taxonómica.

Método de laboratorio

Determinación taxonómica. Después de un tiempo de fijación del material, los especímenes colectados fueron lavados y preservados en etanol al 70 %. Posteriormente, fueron determinados empleando claves de identificación y descripciones taxonómicas disponibles para cada grupo, entre ellas se destacan (Maldonado-Ocampo, Ortega-Lara, Usma-Oviedo, Galvis Vergara, Villa-Navarro, Vásquez Gamboa, Prada-Pedrerros, & Ardila-Rodriguez, 2005; Ortega-Lara et al., 2022). Finalmente, se ingresaron a la Colección Zoológica de la Universidad del Tolima, sección Ictiología (CZUT-IC).

Medición y Pesaje. Para la toma de medidas se utilizó un calibrador digital, con una resolución de 0.01 mm, y el peso de los ejemplares se registró con una balanza de precisión de 0.001 g.

Análisis de datos

Representatividad del muestreo. Con el fin de determinar la representatividad del muestreo, se estimó el número de especies esperadas por medio de la curva de acumulación de especies, empleando los estimadores Chao 1, ACE y Cole mediante el programa EstimateS 9.1.0 (Colwell, 2013).

Abundancia relativa. Para determinar la importancia y proporción de los órdenes, familias y especies con respecto a la comunidad, se calculó la abundancia relativa usando la razón matemática a partir del número de individuos de cada especie en la muestra y el número total de individuos en la muestra. De acuerdo con la siguiente ecuación:

$$AR = \frac{\text{No de individuos de cada especie en la muestra}}{\text{No total de individuos en la muestra}} \times 100$$

Diversidad alfa. Con el fin de determinar la diversidad Alfa de la comunidad de peces, fueron estimados los descriptores Shannon-Wiener (H'), Margalef (DMg) y dominancia de Simpson (λ). El análisis fue realizado empleando paquete estadístico PAST 4.03 (Hammer et al., 2001).

Índice de Riqueza de Margalef (DMg). Se halló mediante la siguiente fórmula,

$$DMg = S-1 / \ln (N)$$

Donde:

DMg = índice de riqueza

S= número de especies

N= tamaño de la muestra

Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'). Se halló mediante la siguiente fórmula,

$$H' = -\sum (p_i \ln p_i)$$

Donde,

$P_i = n_i/N$

n_i = número de individuos de la especie i

N = número total de individuos en la muestra

Índice de Simpson (λ). Se halló mediante la siguiente fórmula,

$\lambda = \sum p_i^2$

Diversidad Beta (β). La diversidad beta fue evaluada con el índice de Bray-Curtis. Este índice es una medida de similitud que hace énfasis en la importancia de las especies que se tienen en común entre los sitios muestreados (Pielou, 1984) y operacionalmente se estima con el siguiente algoritmo:

$$B = \frac{\sum_{i=1}^S (X_{ij} - X_{ik})}{\sum_{i=1}^S (X_{ij} + X_{ik})}$$

Dónde,

B = medida de Bray-Curtis entre las muestras j y k ,

X_{ij} = número de individuos de la especie i en la muestra j ,

X_{ik} = número de individuos de la especie i en la muestra k y,

S = número de especies.

Los valores de esta medida de disimilitud oscilan de cero a uno y puede ser transformada como una medida de similitud, utilizando el complemento de Bray-Curtis ($1-\beta$).

Especies de interés y categorías de amenaza

Utilizando la información disponible para peces dulceacuícolas de Colombia (Donascimento et al., 2021; Mojica et al., 2012; Ortega-Lara, 2016; Zapata & Usma, 2013), se determinó el uso como ornamentales o pesca, hábitos migratorios, endemismo y/o grado de amenaza. Los tipos de migraciones se definieron basados en Zapata & Usma (2013), donde se incluyen tres categorías: cortas (< 100 km), medianas (100 - 500 km) y grandes (>500 km). La categoría de amenaza siguió el Libro Rojo de Peces de Colombia (Mojica et al., 2012) y UICN.

1.11.3. Resultados y Discusión

1.11.3.1. Comunidad perifítica

1.11.3.1.1. Composición y abundancia

Teniendo en cuenta la revisión del material colectado en las estaciones de la Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), se registró una densidad de 3869.24 individuos/cm². La biota perifítica estuvo distribuida en cinco (5) filo, siete (7) clases, 21 órdenes, 31 familias y 36 géneros (Tabla 115). Los géneros *Navicula*, *Encyonema* y *Melosira* fueron los que presentaron la mayor densidad relativa durante el primer muestreo, representando el 55.05%, mientras que, para el segundo muestreo, los géneros más representativos fueron *Navicula*, *Melosira* y *Synedra*, con el 75.01% de la densidad relativa (Figura 99).

Géneros como *Navicula* presentan una tolerancia muy alta a las variaciones ambientales dentro de su hábitat (Montoya y Aguirre, 2013), lo que podría explicar su gran abundancia durante los dos periodos de monitoreo. Por otra parte, en el departamento de Quindío se reporta alta abundancia de este género, además de otros géneros como *Melosira* y *Synedra* (Bustamante-Toro et al., 2009). Otros géneros reportados como *Achnanthes*, *Frustulia*, *Treubaria* y *Coelastrum*, a pesar de ser géneros ampliamente distribuidos, obtuvieron las densidades más bajas (Figura 99) los géneros *Coelastrum*, y *Ceratium* se reportan mayormente asociados con hábitats eutróficos y mesotróficos (Janse Vaan Vuren, 2006).

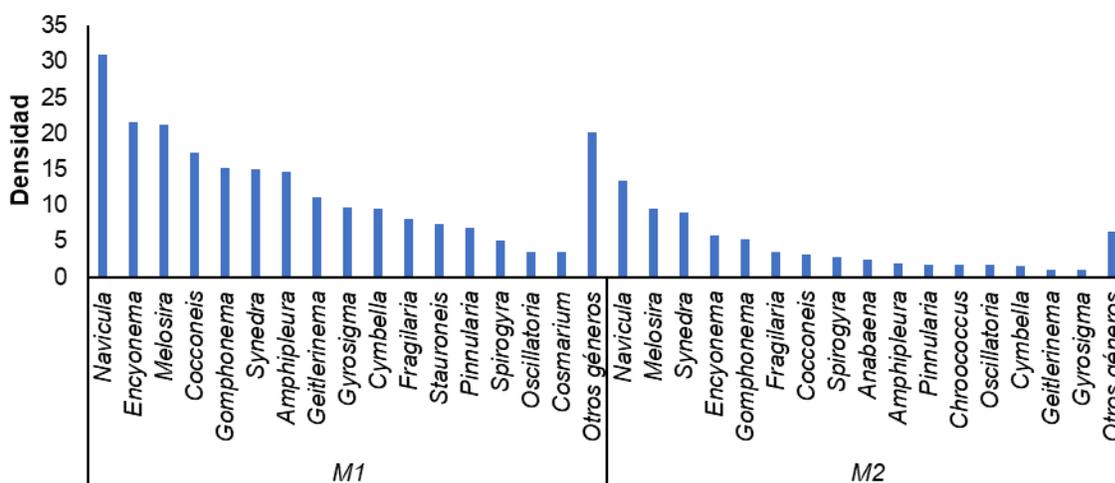


Figura 99. Densidad de los géneros del perifiton colectados en la Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), durante el primer y segundo muestreo (M1 y M2). Fuente: Autores (2023).

Tabla 115. Composición de la comunidad ficoperifítica en la Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica) durante septiembre, octubre (M1) y noviembre (M2) del 2023.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	M1	M2
Charophyta	Zygnematophyceae	Desmidiiales	Closteriaceae	Closterium	2.87	0.94
			Desmidiaceae	Cosmarium	11.78	
		Spirogyrales	Spirogyraceae	Spirogyra	25.14	7.85
		Zygnematales	Zygnemataceae	Mougeotia	0.60	0.15
Chlorophyta	Chlorophyceae	Chaetophorales	Chaetophoraceae	Stigeoclonium	0.82	
		Oedogoniales	Oedogoniaceae	Oedogonium		0.51
		Sphaeropleales	Scenedesmaceae	Coelastrum		0.01
			Treubariaceae	Treubaria		0.03
Cyanobacteriota	Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	Chroococcus	8.84	2.87
			Microcystaceae	Merismopedia	3.32	
		Geitlerinematales	Geitlerinemataceae	Geitlerinema	122.70	1.14
		Nostocales	Aphanizomenonaceae	Anabaena		6.01
		Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	Oscillatoria	12.23	2.83
				Phormidium		0.20
		Spirulinales	Spirulinaceae	Spirulina	0.91	0.16
Dinoflagellata	Dinophyceae	Gonyaulacales	Ceratiaceae	Ceratium	0.89	
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnanthes			0.20
			Cocconeidaceae	Cocconeis	299.18	9.89
		Cymbellales	Cymbellaceae	Cymbella	89.74	2.54
			Gomphonemataceae	Encyonema	462.93	32.44
				Gomphonema	232.05	27.12
		Fragilariales	Fragilariaceae	Fragilaria	65.53	12.63
				Synedra	224.91	80.02
		Licmophorales	Ulnariaceae	Hannaea	1.44	
		Naviculales	Amphipleuraceae	Amphipleura	212.89	3.33
				Frustulia		0.11
			Diadesmidaceae	Diadesmis	3.73	0.05
			Diploneidaceae	Diploneis	1.00	0.04
			Naviculaceae	Gyrosigma	94.59	0.99
				Navicula	961.71	177.96
			Pinnulariaceae	Pinnularia	46.71	3.07
			Stauroneidaceae	Stauroneis	55.00	0.18
		Surirellales	Surirellaceae	Surirella	4.72	0.35
		Thalassiosiphysales	Catenulaceae	Amphora	0.94	0.06
	Coscinodiscophyceae	Melosirales	Melosiraceae	Melosira	449.72	90.50
	Mediophyceae	Anaulales	Anaulaceae	Terpsinoë	7.75	0.42
TOTAL					3404.64	464.60

Fuente: Autores (2023).

Dentro de las clases reportadas en las estaciones evaluadas se reporta a la clase Bacillariophyceae como la más abundante (Figura 100), la cual constituye un componente relevante dentro de la comunidad perifítica, esto debido a que pueden desarrollarse en una amplia variedad de hábitats, considerándose organismos muy comunes y abundantes dentro de los sistemas lóticos (Taboada et al., 2018). La presencia de estructuras especializadas les confiere resistencia ante diferentes factores principalmente asociados a los cambios de la corriente por el aumento de las precipitaciones, factores que explicarían su mayor densidad y diversificación dentro de las estaciones evaluadas.

Por otra parte, la clase Dinophyceae, con el único género *Ceratium* fue la que presentó la menor riqueza y densidad, esta clase se reporta principalmente dentro de la columna de agua como fitoplancton, es decir, no adherido a un sustrato (Janse Vaan Vuren, 2006), sin embargo, este género en particular corresponde al género más común de dinoflagelados, por lo que ha sido reportado en bajas densidades en este tipo de estudios (Montoya-Moreno y Aguirre, 2013).

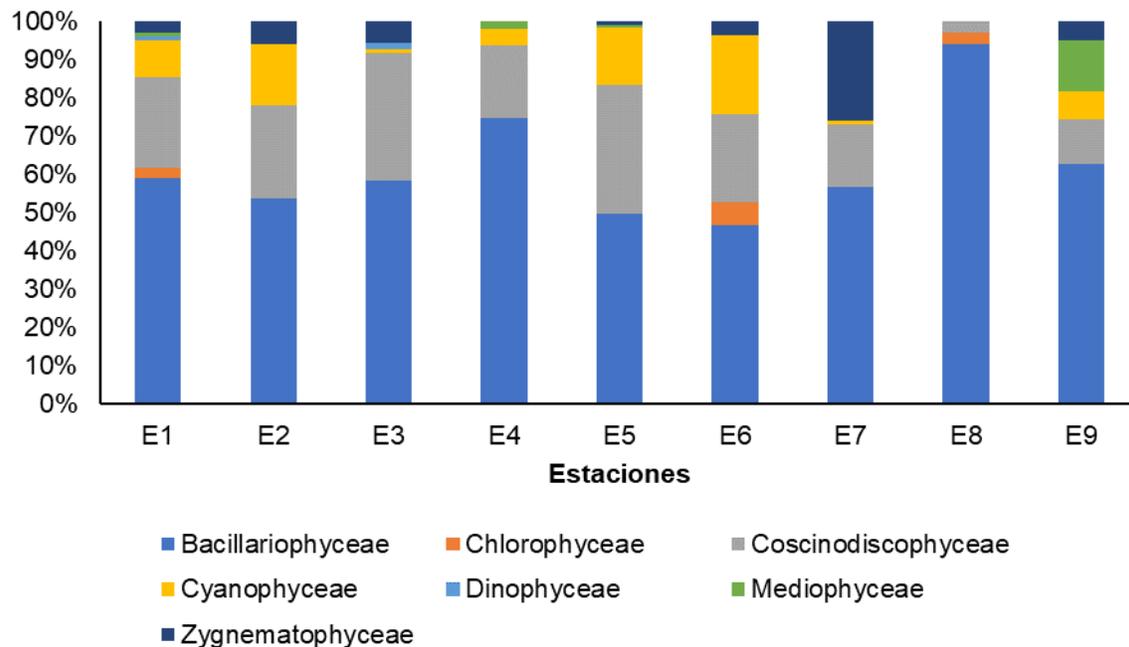


Figura 100. Composición taxonómica (clases) del perifiton de la Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica) durante el 2023. Fuente: Autores (2023).

1.11.3.1.2. Riqueza y densidad asociada a los sustratos evaluados

Por otra parte, en términos de densidad por sustratos evaluados, se observó que, el sustrato roca obtuvo la densidad más alta (Figura 101), de forma general este sustrato de tipo inorgánico se considera estable dentro de los ecosistemas acuáticos (Roldán y Ramírez, 2008), por lo que se encontraría más disponible para la colonización de la comunidad perifítica. Sin embargo, el sustrato tronco, un sustrato orgánico, obtuvo una densidad alta (Figura 101), esto asociado a que la mayoría de las estaciones cuenta con una buena cobertura, aumentando la disponibilidad para la colonización en este tipo de sustratos, contrario al sustrato hojarasca (Figura 101), que a pesar de permanecer disponible, obtuvo una densidad baja, esto debido a que por sus características físicas se reporta menos estable en las estaciones, al ser afectado por el arrastre de las corrientes y por ende, observándose menos estable durante el aumento de las precipitaciones (Roldán y Ramírez, 2008).

La riqueza obtuvo un comportamiento similar, siendo el sustrato roca el que concentró el mayor número de géneros (25 géneros), sin embargo, la riqueza estuvo distribuida de forma más equitativa por sustratos, oscilando entre 21 géneros para el sustrato cantos rodados, hasta los 25 géneros para roca (Figura 101).

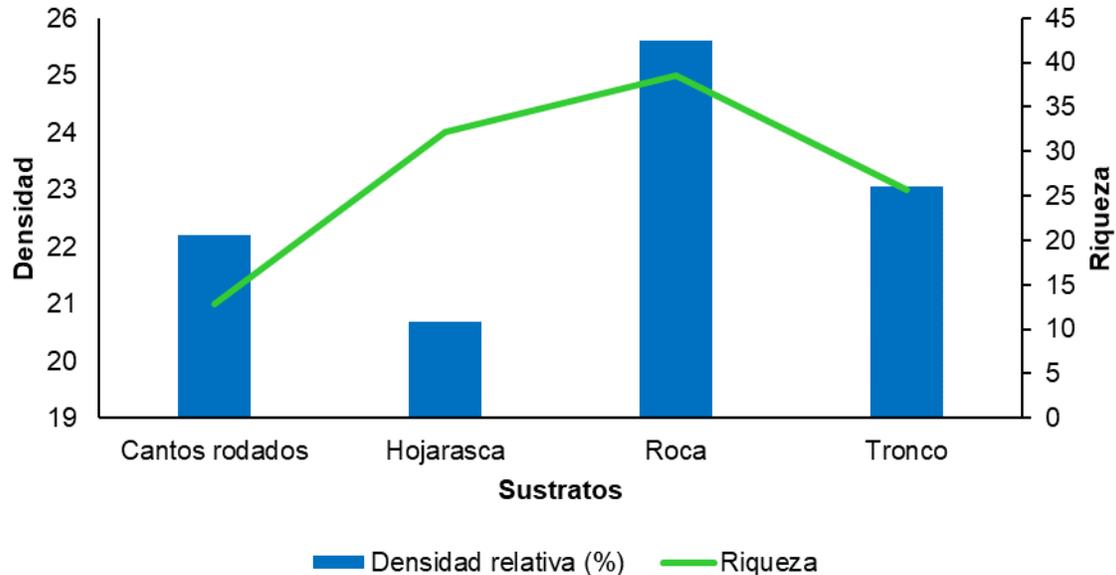


Figura 101. Densidad relativa de los géneros de la comunidad perifítica, colectados en la Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica) durante el 2023. Fuente: Autores (2023).

1.11.3.1.3. Distribución espacio temporal de la comunidad perifítica

Con respecto a la distribución espaciotemporal, la comunidad perifítica reportó que durante el muestreo 1 (M1- bajas lluvias), se observó de forma general una mayor densidad en comparación con el segundo muestreo, en el que se presentó un aumento en las precipitaciones (M2- altas lluvias) (Figura 102). La estación E6 (Quebrada Buenavista aguas abajo Quimbaya) obtuvo la densidad más alta (916.6 individuos/cm²) durante el primer muestreo (M1), al igual que la estación E3 (Quebrada Buenavista después de la bocatoma) para el segundo muestreo (M2) (246.2 individuos/cm²), observándose una mayor densidad para las estaciones durante el M1.

Sin embargo, la estación E8 (Quebrada Mina Rica parte alta) obtuvo la densidad más baja para ambos muestreos, esto se asoció principalmente con la baja disponibilidad de sustratos para la colonización de la comunidad perifítica, adicionalmente, factores como ancho del cuerpo de agua, la poca cobertura arbórea y la baja disponibilidad de luz, factores importantes en el desarrollo y colonización de la comunidad perifítica (Ramírez, 2001). En términos de riqueza, la estación E1 (Quebrada Bambuco aguas arriba) se mantuvo como la estación con la riqueza más alta durante el monitoreo (M1 y M2), condiciones dentro de esta estación podrían permitir el establecimiento y colonización de una comunidad más estable, mientras que, nuevamente la estación E8, se reporta con un número bajo de géneros (7 géneros en promedio), por lo que las condiciones dentro de ésta no serían las más favorables para la diversificación dentro de esta, en comparación con otras estaciones evaluadas.

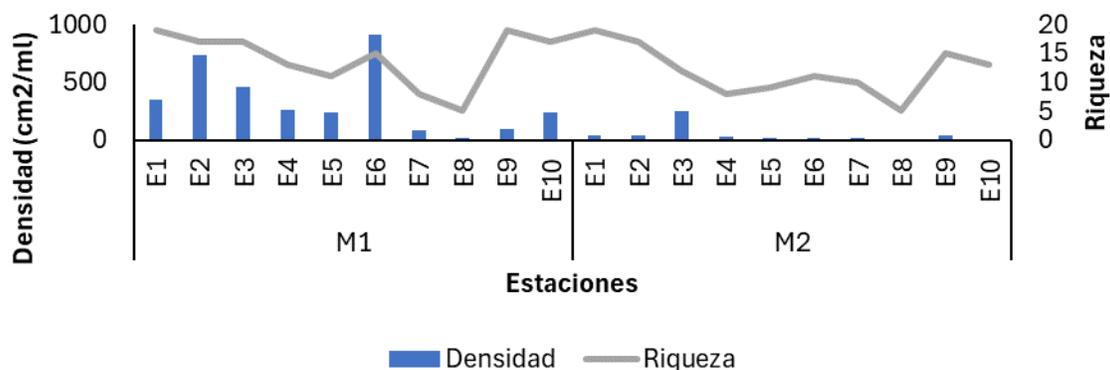


Figura 102. Riqueza y densidad espacio temporal de la comunidad perifítica de la quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), durante el M1 y M2 del 2023. Fuente: Autores (2023).

1.11.3.1.4. Estimaciones de representatividad del monitoreo

La representatividad de los muestreos realizados en la quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica) estuvo por encima del 88%, ICE con 88.7%, ACE con 97% y finalmente Chao 1 con 99% (Figura 103).

Tanto Chao 1 como ACE son estimadores basados en abundancia, siendo altamente sensibles a géneros o especies con pocos individuos o raras (Cultid et al., 2012), lo que es importante en este tipo de datos, dado que los resultados evidencian géneros con unas densidades bajas; por otra parte, se complementó la estimación de la representatividad de los muestreos con el estimador ICE, el cual tiene como base datos de presencia/ausencia.

Estos análisis permitieron obtener información acertada sobre la representatividad de la comunidad perifítica, ya que, según lo establecido por Jiménez y Hortal (2003), valores por encima del 70% son el resultado de un muestreo adecuado, en términos de esfuerzo de muestreo, lo que se traduciría en información robusta sobre la composición de la comunidad perifítica presente en la quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica).

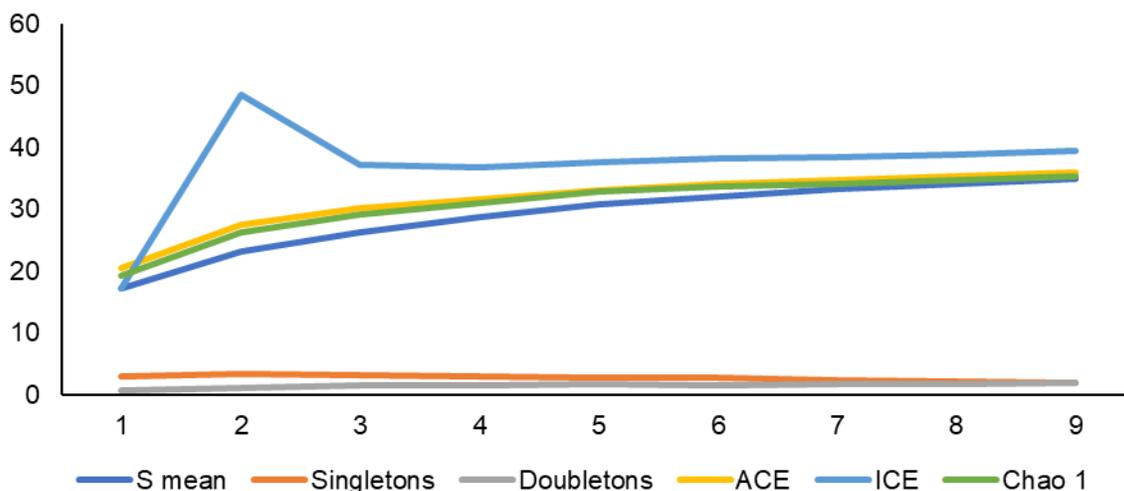


Figura 103. Curva de acumulación de los géneros de la comunidad perifítica presente en las estaciones de la quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica) durante el 2023. Fuente: Autores (2023).

1.11.3.1.5. Diversidad alfa

La diversidad alfa, se estimó por medio de los números de Hill. En términos de riqueza (q_0), no se reportaron diferencias estadísticamente significativas entre las estaciones evaluadas (Figura 104), sin embargo, la estación E8 (Quebrada Mina Rica parte alta), obtuvo una riqueza más baja en comparación con las demás estaciones evaluadas (8 géneros), además de la abundancia más baja, esto teniendo en cuenta la ausencia de sustratos disponibles para la colonización, una menor cobertura vegetal en comparación con las demás estaciones evaluadas y descarga de aguas provenientes de vertimientos, factores que podrían estar afectando la colonización de la comunidad perifítica. La estación E1 (Quebrada Bambuco aguas arriba) mostró la riqueza más alta, sin embargo, teniendo en cuenta los resultados, la extrapolación de los resultados mostrarían un pequeño aumento en el número de géneros, contrario a las estaciones restantes, las cuales mantuvieron una riqueza más uniforme con la implementación de este análisis (Figura 104).

Order $q = 0$

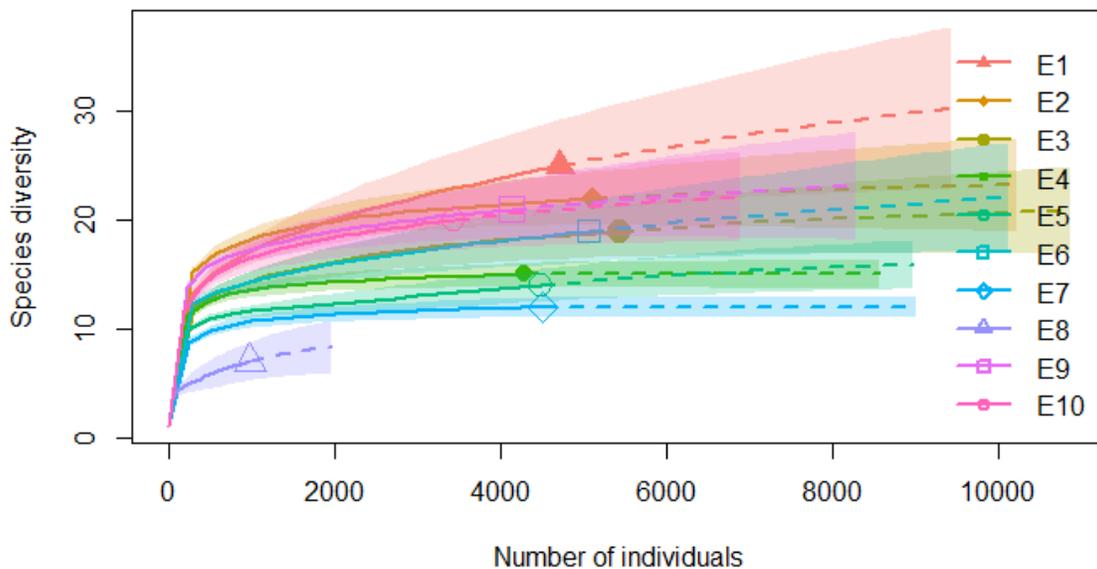


Figura 104. Diversidad de Orden q_0 , del perifiton registrado en las estaciones de la quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), durante el 2023. Fuente: Autores (2023).

La diversidad de orden $q=1$ mostró diferencias estadísticamente significativas para las estaciones E8 (Quebrada Mina Rica parte alta), E5 (Quebrada Buenavista después de la confluencia con la Quebrada Armenia) Quebrada Armenia, E2 (Quebrada Buenavista) y E6 (Quebrada Buenavista aguas abajo Quimbaya)(Figura 105), nuevamente la estación E8 (Quebrada Mina Rica parte alta) corresponde a la

estación con la diversidad más baja, además de un número menor de géneros comunes, mientras que la estación E6 (Quebrada Buenavista aguas abajo Quimbaya) obtuvo la mayor diversidad, con un número más alto de géneros con abundancias por encima de las demás estaciones, de forma general, estos resultados muestran una distribución de la diversidad heterogénea, lo cual se asocia a las diferentes condiciones en las estaciones evaluadas, las cuales modularían la composición y estructura de la comunidad perifítica.

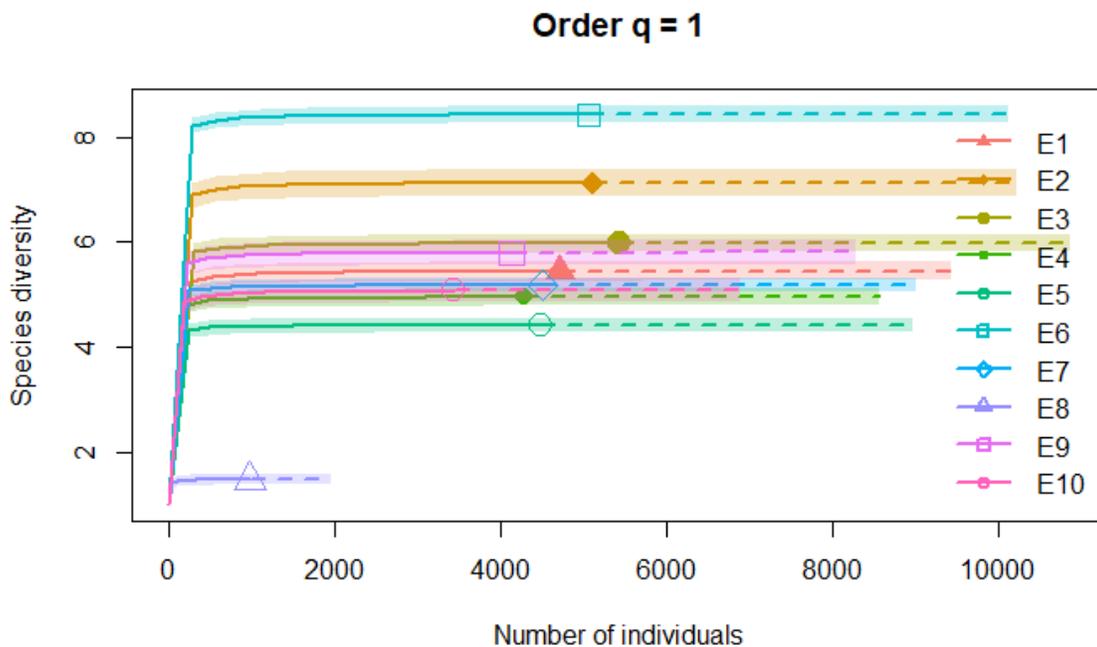


Figura 105. Diversidad de Orden $q=1$, del perifiton registrado en las estaciones de la quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), durante el 2023. Fuente: Autores (2023).

Con respecto a la diversidad de orden $q=2$, es decir la dominancia, se evidenció que la estación E6 (Quebrada Buenavista aguas abajo Quimbaya) obtuvo el valor más alto (Figura 106), esto debido a la mayor abundancia de géneros como *Navicula*, *Melosira*, *Gomphonema*, *Synedra*, *Cocconeis*, *Encyonema*, *Geitlerinema* y *Chroococcus*, logrando dominar a la comunidad perifítica. Dentro de la estación E8 (Quebrada Mina Rica parte alta) se observó una baja diversidad de orden $q=1$, esto asociado a la mayor dominancia del género *Navicula*, el cual obtuvo el 91.7% de la abundancia en comparación con los demás géneros reportados.

El género *Navicula* mostró la mayor dominancia para todas las estaciones, esto debido a que es un género de rápida colonización y hábitos cosmopolitas, adicionalmente, este género posee la capacidad de segregar tallos de mucilago, lo que le permite adherirse a los diferentes sustratos y sobrevivir a diferentes alteraciones de la corriente de forma más eficiente, otro factor que explica la mayor densidad del grupo de las diatomeas (Montoya-Moreno y Aguirre, 2013).

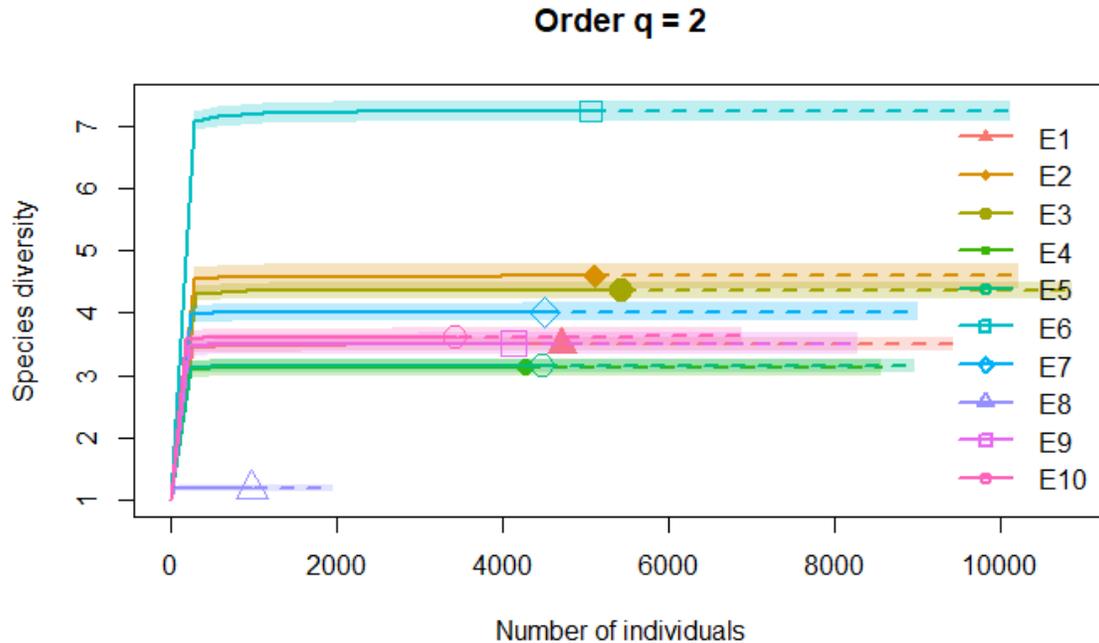


Figura 106. Diversidad de Orden $q=2$ del perifiton en las estaciones de la quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), durante el 2023. Fuente: Autores (2023).

1.11.3.1.6. Diversidad beta

El índice de disimilaridad beta, mostró nuevamente a la estación E8 (Quebrada Mina Rica parte alta) como la estación con los datos más atípicos en comparación con las demás estaciones evaluadas, con más del 60% de disimilaridad (Figura 107), mientras que, las estaciones E3 y E5 obtuvieron la disimilaridad más baja, con 20% aproximadamente, estas estaciones se presentaron en un rango altitudinal similar, adicionalmente, son estaciones cercanas espacialmente, por lo que es posible que la composición y abundancia se mantenga, la estación E4 (Quebrada Armenia) no se encuentra directamente relacionada con una estación en particular. Las estaciones E1 (Quebrada Bambuco aguas arriba) y E2 (Quebrada Buenavista) corresponden a las estaciones con las alturas más altas (1479 y 1475 respectivamente), por lo que la composición podría estar asociada a las características espaciales dentro de éstas.

Finalmente, la estación E10 (Quebrada Buenavista antes de la confluencia con el Río La Vieja), mostró un 50% de disimilaridad, nuevamente, factores como la altura podrían asociarse con la distribución de la comunidad perifítica, dado que esta estación tiene la altura más baja evaluada (962 m), además se encuentra antes de la confluencia con el río La Vieja, por lo que podría compartir géneros con la misma, presentando cambios en la composición con respecto a las demás estaciones evaluadas.

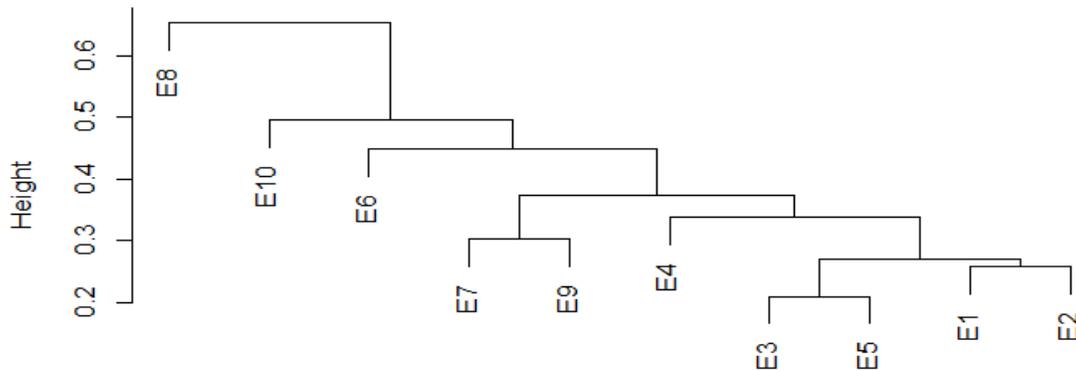


Figura 107. Índice de disimilaridad Beta de Bray Curtis del perifiton colectado en las estaciones de la quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), en el 2023. Fuente: Autores (2023).

1.11.3.1.7. Aspectos ecológicos

El análisis de correspondencia Canónica (ACC) (Figura 108) no evidenció variables con factores condicionantes según el test de Monte Carlo (Tabla 116), sin embargo, Salas-Tovar et al. (2011), afirman que existe una relación inversa entre la comunidad ficoperifítica y la conductividad eléctrica, ya que, al aumentar, la comunidad ficoperifítica se ve afectada, disminuyendo su riqueza y abundancia, lo cual se evidenció en la estación E8 (Quebrada Mina Rica parte alta), ya que la conductividad se presentó con valores muy por encima de las demás estaciones (M1: 514 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y M2:240 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Otras variables como la temperatura se reportan como uno de los factores que modulan a la comunidad perifítica, dado que existen rangos entre los cuales dichas algas se desarrollan más efectivamente. Dentro de los resultados, las algas predominantes fueron las diatomeas, las cuales poseen un rango de temperatura propicio que oscila entre los 5 a 20°C, es decir temperaturas medias a bajas (DeNicola, 1996; Ramírez, 2001).

Finalmente, el pH se reportó entre los 6.5 y 8, esto concuerda con lo reportado por De la Parra y Rodelo (2012), quienes afirman que este rango es el indicado para el correcto desarrollo de la comunidad perifítica, teniendo en cuenta que su establecimiento es una mezcla de factores que se define según el grupo desarrollado. Por otra parte, muchos factores relacionados con los cambios en el pH se asocian con los minerales del suelo, materia orgánica, productos de la fotosíntesis de plantas acuáticas, dióxido de carbono, además de otras sustancias que ingresan a los cuerpos de agua con las lluvias y en los desechos (por ejemplo, aguas servidas).

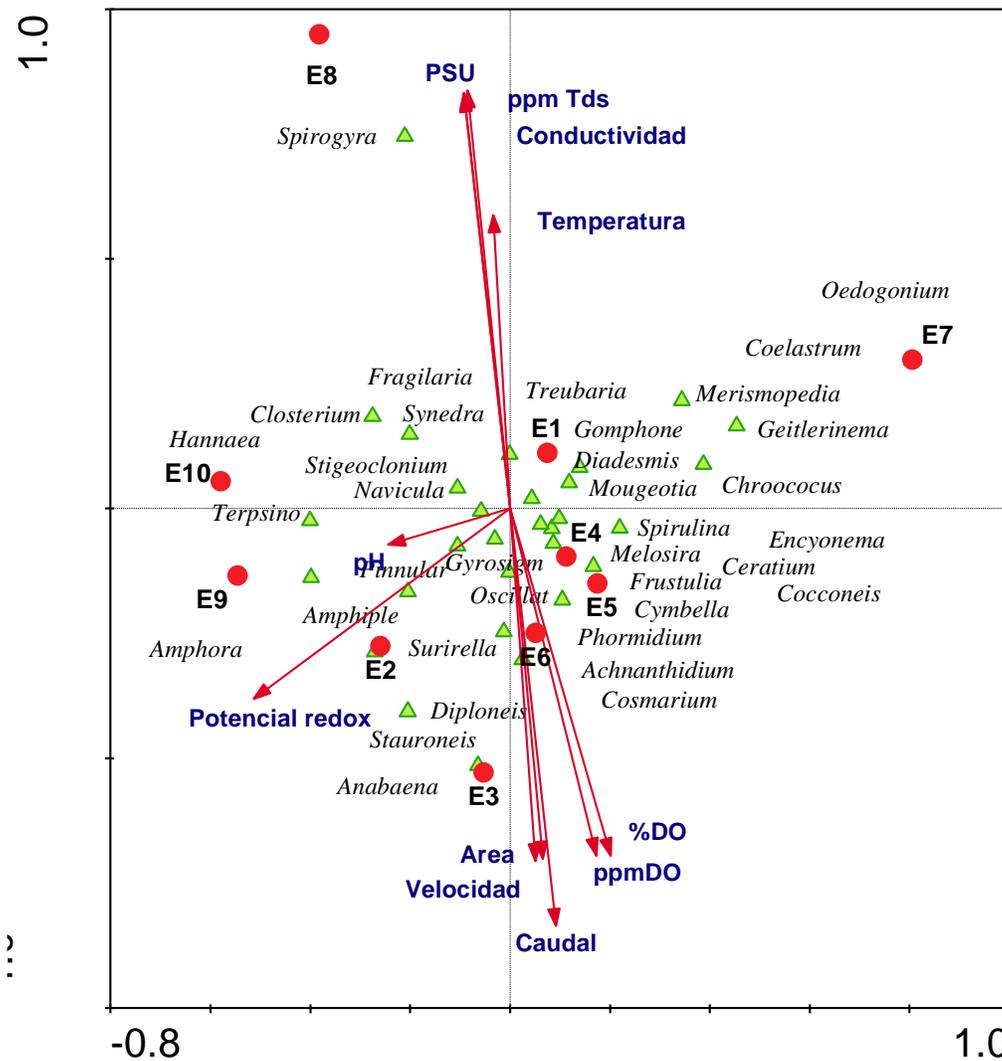


Figura 108. Análisis de correspondencia canónica de las variables evaluadas y el perifiton de la quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), durante el 2023. Fuente: Autores (2023).

Tabla 116. Factores condicionantes según el test de Monte Carlo para el análisis de Correspondencia Canónica de la quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), durante el 2023.

Variables	Valor P
Caudal	0.09
% DO	0.252
ppm DO	0.128
Velocidad	0.348
Temperatura	0.348
pH	0.406

Fuente: Autores (2023).

1.11.3.2. Macroinvertebrados acuáticos

1.11.3.2.1. Composición y abundancia

Para las 10 estaciones evaluadas sobre la Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados, se colectaron un total de 16391 organismos, distribuidos en 18 órdenes, 50 familias, 78 géneros y 15 morfos, es decir, un total de 93 taxas (Tabla 117). De forma general se observa que el orden Diptera, corresponde al grupo con la mayor abundancia relativa (30,41%) (Figura 109), seguido del orden Trichoptera (21,54%) y el orden Hemiptera (12,76%). Estos se caracterizan por ser abundantes y diversos, además de una gran capacidad de explotar los recursos disponibles, se encuentran adaptados a múltiples microhábitats en diferentes ecosistemas, favoreciéndose de la disponibilidad de material vegetal (Domínguez y Fernández, 2009; Roldán y Ramírez, 2022).

Otros órdenes como Lymnaeida, Littorinimorpha, Rhynchobdellida, Sphaeriida, Megaloptera, Trombidiformes, Decapoda, Cerithiida y Lepidoptera, presentaron abundancias relativas por debajo del 0,1%. La mayoría de estos ordenes suelen habitar cuerpos de aguas lénticos, o en las orillas, donde la corriente no es tan fuerte, además, se caracterizan por tener gran capacidad de dispersión y ser activos en la búsqueda de recursos, lo que limita su captura (Domínguez y Fernández, 2009; Roldán y Ramírez, 2022).

Los órdenes Coleoptera, Tricladida, Enchytraeida, Odonata y Plecoptera se presentaron con abundancias menores al 10%; estos suelen ser exigentes en cuanto a la calidad de sus hábitats, mientras que, el orden Coleoptera corresponde al orden más diverso taxonómica y ecológicamente, presentando taxones con una amplia variedad de hábitos, siendo sensibles o tolerantes a diferentes condiciones dentro de los ecosistemas acuáticos, mientras que los órdenes Tricladida y Enchytraeida son más tolerantes a condiciones bajas en oxígeno por lo que suelen encontrarse

en lugares afectados por contaminación orgánica (Domínguez y Fernández, 2009; Roldán y Ramírez, 2022).

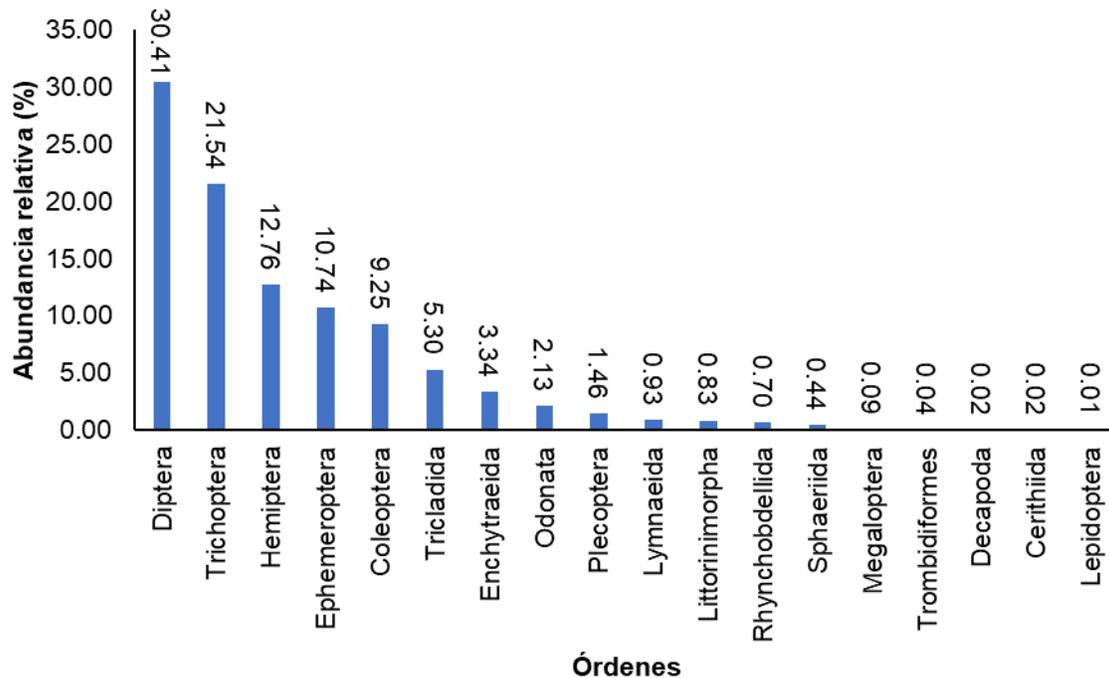


Figura 109. Abundancia relativa de los órdenes de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos de la Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), durante el 2023. Fuente: Autores (2023).

Se registraron un total de 50 familias (Tabla 117, Figura 110), siendo la familia Lutrochidae un nuevo reporte para el departamento del Quindío. Mientras que la familia Chironomidae fue la más abundante (25,23%), esta familia es común y abundante en diversos entornos acuáticos, y demuestran una notable resistencia a las alteraciones naturales y antropogénicas (Rosenberg, 1992; Armitage, et al., 2012).

Por otra parte, Hydropsychidae (13,03%) y Veliidae (12,40%), fueron las familias más abundantes después de Chironomidae. La familia Hydropsychidae se considera dominante en términos de riqueza y abundancia en aguas corrientes (Domínguez y Fernández, 2009; Springer, 2010; Duarte, 2014). Por otra parte, la familia Veliidae es una de las más abundantes del orden Hemiptera en los ecosistemas acuáticos neotropicales, especialmente en los sistemas lóticos de los Andes (Padilla-Gil, 2015, Padilla-Gil, 2019, Padilla-Gil, 2020). Estos organismos suelen convivir en grandes grupos sobre el espejo del agua (Padilla-Gil, 2022).

Finalmente, las familias Blephariceridae, Bostrichidae, Crambidae, Curculionidae y Dolichopodidae presentaron la menor abundancia; esto debido a que se encuentran mayormente diversificadas en ecosistemas lóticos, además, algunas muestran hábitos semiacuáticos y adaptaciones específicas a microhábitats particulares o a condiciones físicas o químicas específicas (Roldan, 2003; Domínguez y Fernández, 2009).

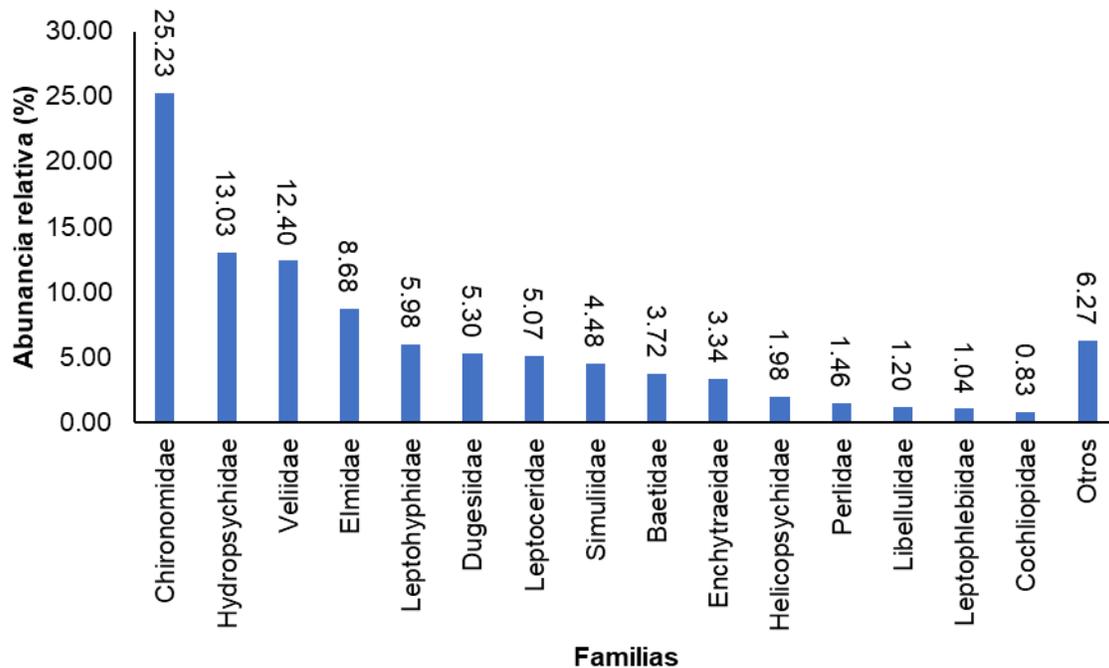


Figura 110. Abundancia relativa de las familias de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos de la Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), durante el 2023. Fuente: Autores (2023).

Por otra parte, en las estaciones evaluadas, se registraron un total de 93 taxas, divididos entre 78 géneros y 15 morfos (Tabla 117, Figura 111). Se resaltan como nuevos reportes para el departamento del Quindío los géneros *Lutrochus* (Coleoptera) y *Chironomus* (Diptera). El género más abundante fue *Rhagovelia* (12,38%), seguido por *Chironomus* (11,58%) y *Leptonema* (9,16%). *Rhagovelia* presenta comportamiento de agregación, el cual se da principalmente para asegurar la eficiencia en la captura de las presas y como estrategia de huida de los depredadores (Spence y Andersen, 1994), dicha agregación lo hace susceptible a la captura de grandes grupos de organismos. La alta abundancia reportada durante los muestreos concuerda con lo reportado por Morales-Castaño y Molano-Rendon

(2008), quienes reportan a este género como el hemíptero más abundante y de amplia distribución en los cuerpos de agua en el departamento del Quindío.

El género *Chironomus* presenta alta tolerancia y adaptabilidad que les permite habitar la mayoría de los ecosistemas acuáticos (Merritt et al., 2008; Domínguez y Fernández, 2009). Por otra parte, el género *Leptonema* posee un amplio rango de distribución y una alta tolerancia a los cambios en las condiciones ambientales, teniendo la capacidad de construir redes extensas de seda y asimismo fijarse al sustrato y capturar gran cantidad de alimento (López-Delgado et al., 2015).

De la totalidad de taxones, 23 representan el 90,4% de la abundancia, los 70 taxones restantes presentaron abundancias relativas menores al 1%.

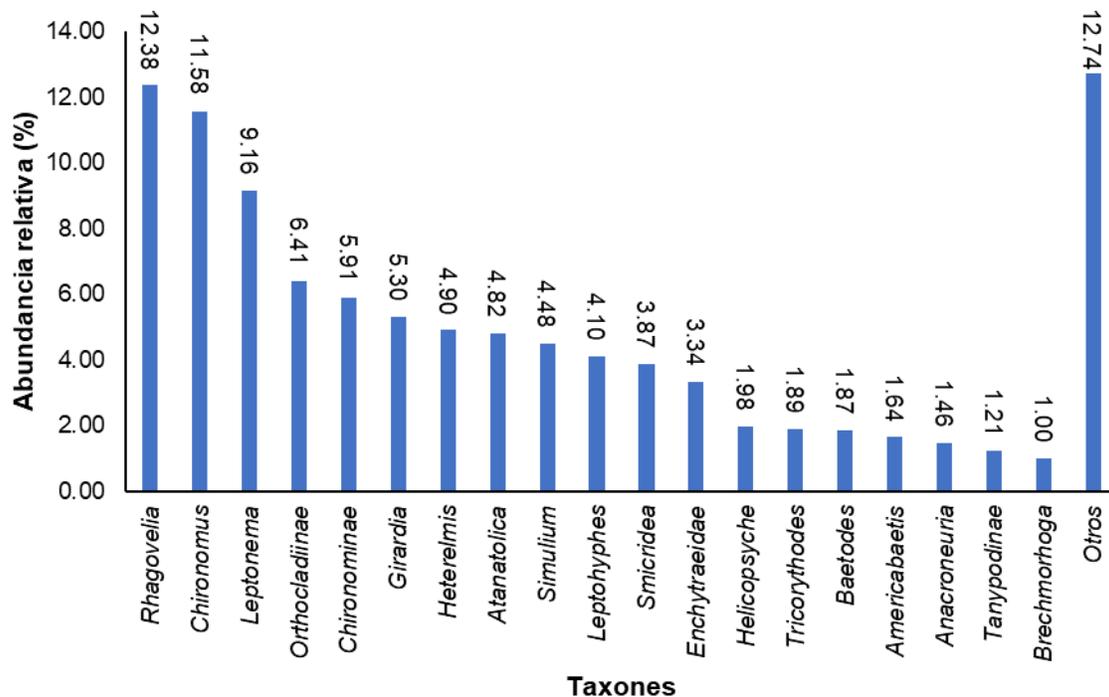


Figura 111. Abundancia relativa de los taxones de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos de la Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), durante el 2023. Fuente: Autores (2023).



**PLAN DE ORDENAMIENTO DEL
RECURSO HÍDRICO DE LA QUEBRADA
BUENAVISTA Y TRIBUTARIOS
PRIORIZADOS**

Tabla 117. Composición taxonómica de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos colectados en las estaciones de la Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), durante el 2023.

Filo	Clase	Orden	Familia	Género	M1	M2	
Annelida	Clitellata	Enchytraeida	Enchytraeidae	*	145	403	
		Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	<i>Helobdella</i>	1	114	
Mollusca	Bivalvia	Sphaeriida	Sphaeriidae	<i>Pisidium</i>	7	65	
	Gastropoda	Cerithiida	Thiaridae	<i>Melanoides</i>	3		
		Littorinimorpha	Cochliopidae	<i>Heleobia</i>	103	33	
		Lymnaeida	Lymnaeidae	<i>Galba</i>	17		
			Physidae	<i>Physa</i>	28	72	
			Planorbidae	<i>Biomphalaria</i>		1	
			<i>Uncancylus</i>	21	13		
Platyhelminthes	Acentrosomata	Tricladida	Dugesidae	<i>Girardia</i>	576	292	
Arthropoda	Arachnida	Trombidiformes	*	*	6	1	
		Insecta	Coleoptera	Bostrichidae	*	1	
	Curculionidae			*		1	
	Dryopidae			<i>Dryops</i>	5		
					<i>Elmoparnus</i>	7	
				Elmidae	<i>Austrolimnius</i>	5	12
					<i>Disersus</i>		2
					<i>Gyrelmis</i>	83	1
					<i>Heterelmis</i>	610	193
					<i>Hexacylloepus</i>	3	1
					<i>Hexanchorus</i>	25	4
					<i>Huleechius</i>	7	6
					*	1	1
					<i>Macrelmis</i>	84	31
					<i>Microcyloepus</i>	141	13
					<i>Neocyloepus</i>	67	2
					<i>Neoelmis</i>	26	14
					<i>Notelmis</i>		1
					<i>Stegoelmis</i>	10	1
				<i>Xenelmis</i>	42	37	
			*		1		
			<i>Tropisternus</i>		2		
			Lutrochidae	<i>Lutrochus</i>	12	2	
			Psephenidae	*	6	1	
				<i>Psephenus</i>	2		
				*	25	22	
			Ptilodactylidae	*			
			Staphylinidae	*	6		
		Diptera	Blephariceridae	<i>Limonicola</i>	1		
			Ceratopogonidae	<i>Alluaudomyia</i>	31	4	



PLAN DE ORDENAMIENTO DEL
RECURSO HÍDRICO DE LA QUEBRADA
BUENAVISTA Y TRIBUTARIOS
PRIORIZADOS

Filo	Clase	Orden	Familia	Género	M1	M2
				<i>Atrichopogon</i>	7	
				*		1
			Chironomidae	<i>Stilobezzia</i>	1	
				<i>Chironomus</i>	1837	61
				<i>Chironominae</i>	425	543
				<i>Orthoclaadiinae</i>	998	52
				<i>Tanypodinae</i>	82	116
				*	21	
			Dolichopodidae	*	1	
			Empididae	<i>Hemerodromia</i>	16	4
				*		1
			Limoniidae	<i>Limonia</i>	26	1
				<i>Molophilus</i>		15
			Psychodidae	<i>Clogmia</i>		1
				<i>Maruina</i>	2	
			Simuliidae	<i>Simulium</i>	607	127
			Stratiomyidae	*	1	1
				<i>Odontomyia</i>		1
			Tipulidae	<i>Tipula</i>	1	1
		Ephemeroptera	Baetidae	<i>Americabaetis</i>	219	49
				<i>Baetodes</i>	299	7
				<i>Camelobaetidius</i>	18	18
			Leptohiphidae	<i>Leptohiphes</i>	568	104
				<i>Tricorythodes</i>	205	104
			Leptophlebiidae	<i>Farrodes</i>	15	4
				<i>Terpides</i>		39
				<i>Thraulodes</i>	98	12
				<i>Traverella</i>	1	1
		Hemiptera	Gerridae	<i>Halobatopsis</i>	1	
				<i>Tachygerris</i>	9	1
				*	8	1
			Naucoridae	<i>Cryphocricos</i>	8	2
				<i>Limnocoris</i>	16	14
			Veliidae	<i>Microvelia</i>	3	
				<i>Rhagovelia</i>	1868	161
		Lepidoptera	Crambidae	<i>Petrophila</i>	1	
		Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalus</i>	9	5
		Odonata	Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>	78	21
			Coenagrionidae	<i>Argia</i>	11	19
				<i>Enallagma</i>	11	5
			Gomphidae	<i>Progomphus</i>	1	6
			Libellulidae	<i>Brechmorhoga</i>	120	44
				<i>Elasmothemis</i>	4	29
		Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	214	25
		Trichoptera	Glossosomatidae	<i>Culoptila</i>	59	26



CRQ
Corporación Autónoma Regional del Quindío
Protegiendo el futuro

**PLAN DE ORDENAMIENTO DEL
RECURSO HÍDRICO DE LA QUEBRADA
BUENAVISTA Y TRIBUTARIOS
PRIORIZADOS**

Filo	Clase	Orden	Familia	Género	M1	M2
			Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>	301	23
			Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	26	1
			Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	1190	311
				<i>Smicridea</i>	531	103
			Hydroptilidae	*	24	2
				<i>Ochrotrichia</i>	12	1
			*	*	2	
			Leptoceridae	<i>Atanatolica</i>	605	185
				<i>Oecetis</i>	35	6
			Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	70	8
			Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i>	6	1
			Pseudothelphusidae	*		4
TOTAL	Malacostraca	Decapoda			12778	3613

Fuente: Autores (2023).

1.11.3.2.2. Diversidad Alfa.

Con respecto a la diversidad alfa, se reportó que la riqueza de especies (q_0) en la mayoría de las estaciones se estabiliza a medida que se agregan individuos a la muestra, a excepción de E1 (Quebrada Bambuco aguas arriba) y E4 (Quebrada Armenia) (Figura 112), en donde es posible que falten taxones de por registrarse. Se observó una mayor riqueza en la estación E3 con 58 taxones (Figura 112), seguido de las estaciones E1 y E5 con 50 y 47 taxones respectivamente. Sin embargo, al comparar las riquezas entre estas se encontró que no había diferencias estadísticamente significativas, caso contrario a lo ocurrido entre la estación E8, en donde se halló la riqueza más baja, con 16 taxones.

La ubicación de las estaciones es un factor importante, ya que este factor, limita el impacto antrópico sobre ellas, sin embargo, la estación E8 se encuentra rodeada de diversos cultivos, que junto a algunos rastrojos de pastos llegan hasta el cuerpo de agua, adicionalmente, recibe vertimientos, lo que modifica el equilibrio fisicoquímico del agua y aumenta la cantidad de materia orgánica e inorgánica dentro del ecosistema, favoreciendo el aumento de taxones más adaptados a estas condiciones.

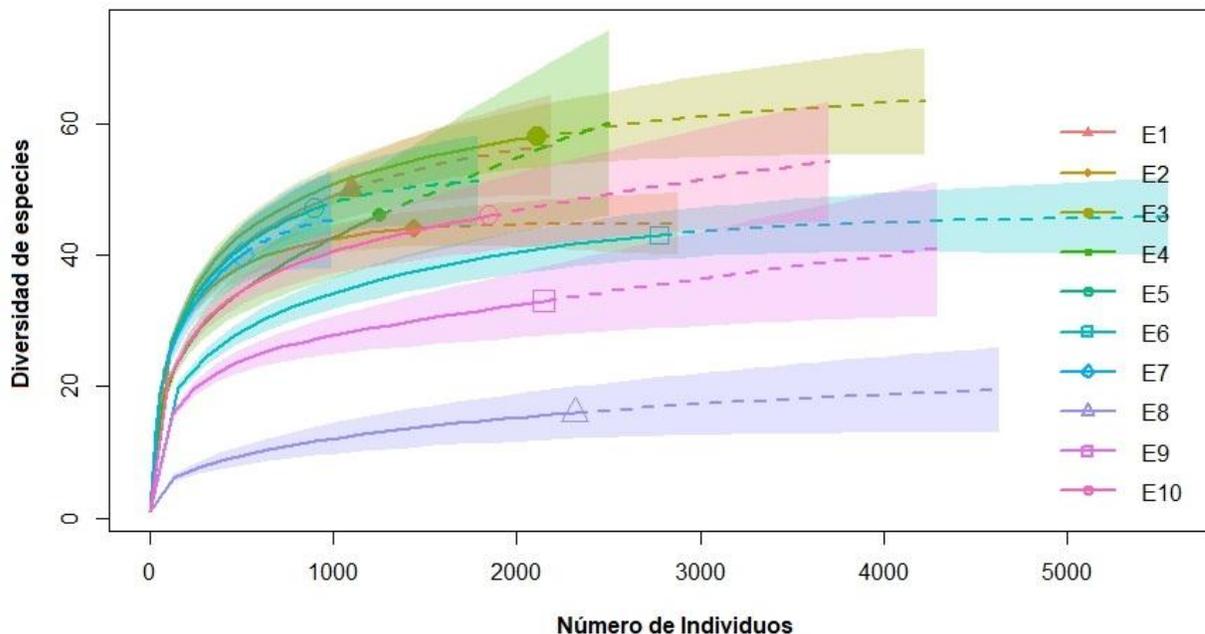


Figura 112. Diversidad de Orden q_0 , de los macroinvertebrados registrados en las estaciones de la quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), del 2023. Fuente: Autores (2023).

En relación con el número efectivo de taxones comunes (q_1) y abundantes (q_2) (Figura 113 y Figura 114), se reportó un equilibrio entre géneros abundantes y dominantes muestreados (Bautista, 2020). Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre más del 50% de las estaciones, siendo las estaciones E8 (Quebrada Mina Rica parte

alta) y E9 (Quebrada Mina Rica) las que mostraron los valores más bajos de equidad y dominancia (Figura 113 y Figura 114).

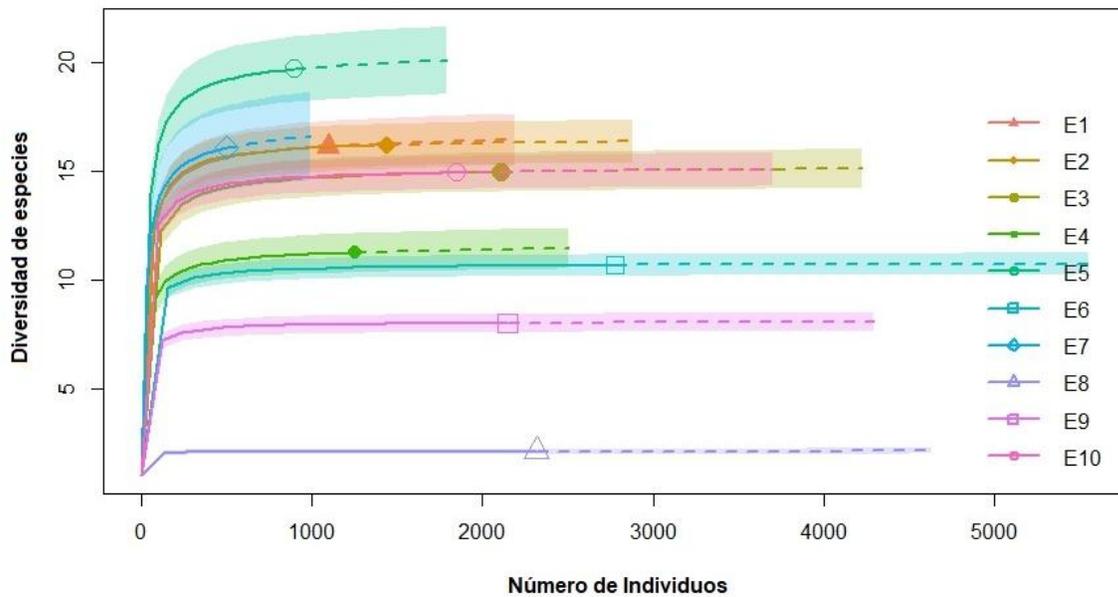


Figura 113. Diversidad de Orden q_1 , de los macroinvertebrados en las estaciones de la quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica). Fuente: Autores (2023).

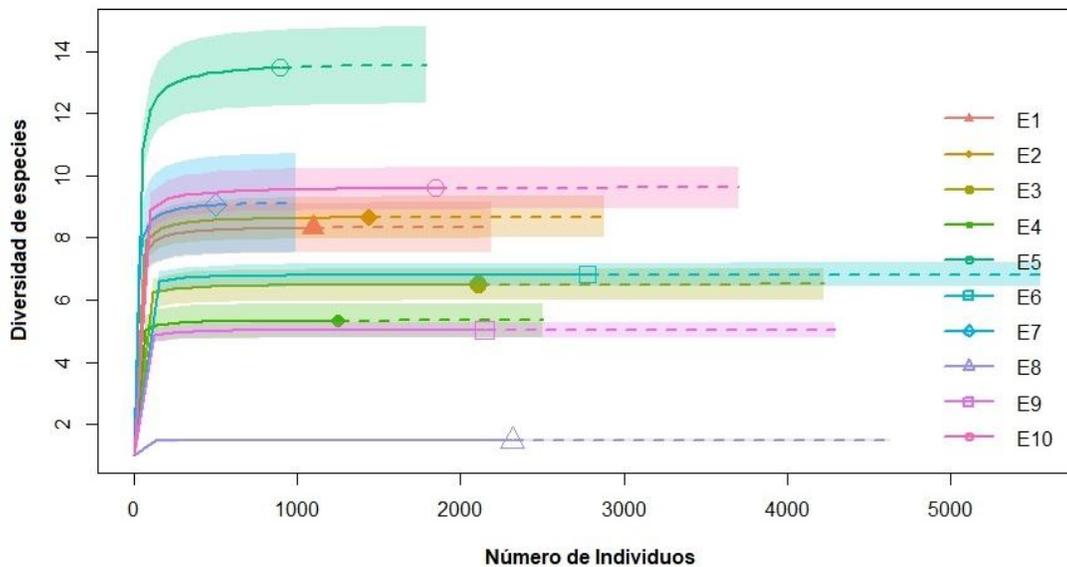


Figura 114. Diversidad de Orden q_2 , de los macroinvertebrados en las estaciones de la quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica). Fuente: Autores (2023).

1.11.3.2.3. Diversidad beta.

El índice de disimilitud de Jaccard muestra que las estaciones difieren entre el 30% al 87% en su composición de taxones. La mayor disimilitud se reporta entre las estaciones E3 (Quebrada Buenavista después de la bocatoma) y E8 (Quebrada Mina Rica parte alta) (disimilitud de Jaccard=0.8787), seguida por la disimilitud entre E2 (Quebrada Buenavista) y E8 (disimilitud de Jaccard=0.8679), esto se debe a que la estación E8 sobre la Quebrada Mina Rica, se encuentra alejada espacialmente de estas dos estaciones, además de presentar una mayor intervención antrópica que va a influir en la composición de los taxones presentes.

Las menores disimilitudes se encontraron entre E4 (Quebrada Armenia) y E5 (disimilitud de Jaccard=0.3090), E1 (Quebrada Bambuco aguas arriba) y E3 (disimilitud de Jaccard=0.3125), probablemente debido a que comparten la mayoría de sus taxones, y a que estas estaciones se encuentran conectadas por el cauce aguas abajo de la quebrada, lo que, el efecto de la deriva podría contribuir con estos resultados (Roldán y Ramírez, 2008; Domínguez y Fernández, 2009).

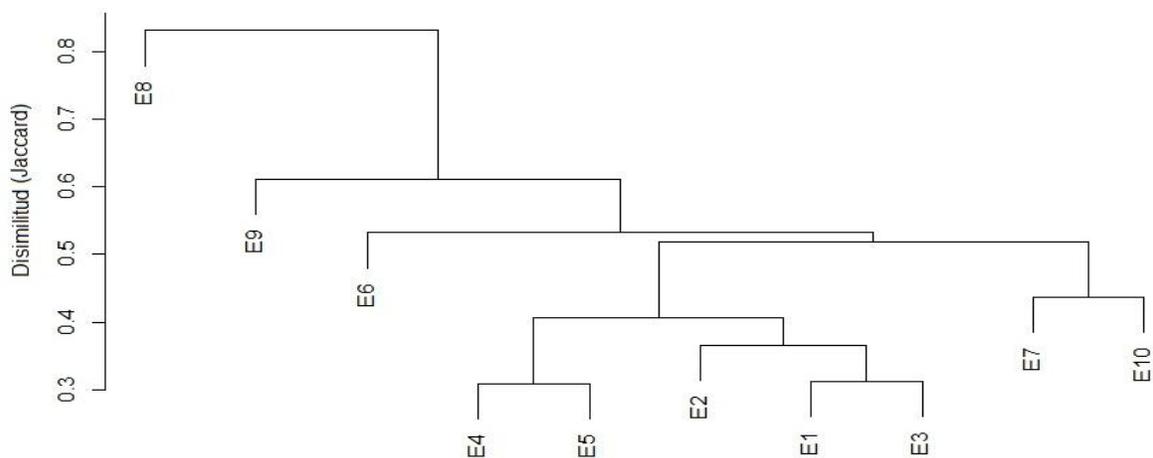


Figura 115. Índice de disimilaridad Beta de Jaccard de las estaciones de la quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica). Fuente: Autores (2023).

Diversidad a nivel temporal.

Al realizar las curvas de rarefacción por muestreo, se reportó que la riqueza (q_0) no se estabiliza a medida que se agregan individuos a la muestra (Figura 116), por lo que es posible que falten taxones de macroinvertebrados acuáticos por ser registrados.

Se observó una mayor riqueza en el muestreo 1 (M1- bajas lluvias), con 81 taxones en comparación con el muestreo 2 (M2- altas lluvias) que presentó 77 taxones. Al comparar

las riquezas entre los muestreos se encontró que no hay diferencias estadísticamente significativas, sin embargo, la pérdida de taxones durante el muestreo de altas lluvias puede asociarse a eventos de aumento de caudal, el cual se reportó durante los muestreos (Córdoba-Ariza et al., 2020).

En relación con el número efectivo de taxones comunes (q_1) y abundantes (q_2), se observó que existen diferencias estadísticamente significativas entre los dos muestreos (Figura 116), resaltando una mayor dominancia y equidad durante el muestreo en altas lluvias, esto probablemente debido a que algunos taxones están mejor adaptados a eventos de creciente, lo que genera una alteración de las abundancias dentro de la comunidad.

Al igual que la riqueza, las abundancias fueron mayores durante la temporada de bajas lluvias con un total de 12778 organismos registrados, contrastando con la temporada de bajas lluvias donde la abundancia se reduce considerablemente (3613 organismos). El aumento en el caudal durante la temporada de lluvias generaría el desplazamiento de organismos, además del arrastre de los sustratos, lo que afecta la capacidad de encontrar refugio de los macroinvertebrados reduciendo de esta forma sus abundancias (Roldán y Ramírez, 2008; Domínguez y Fernández, 2009).

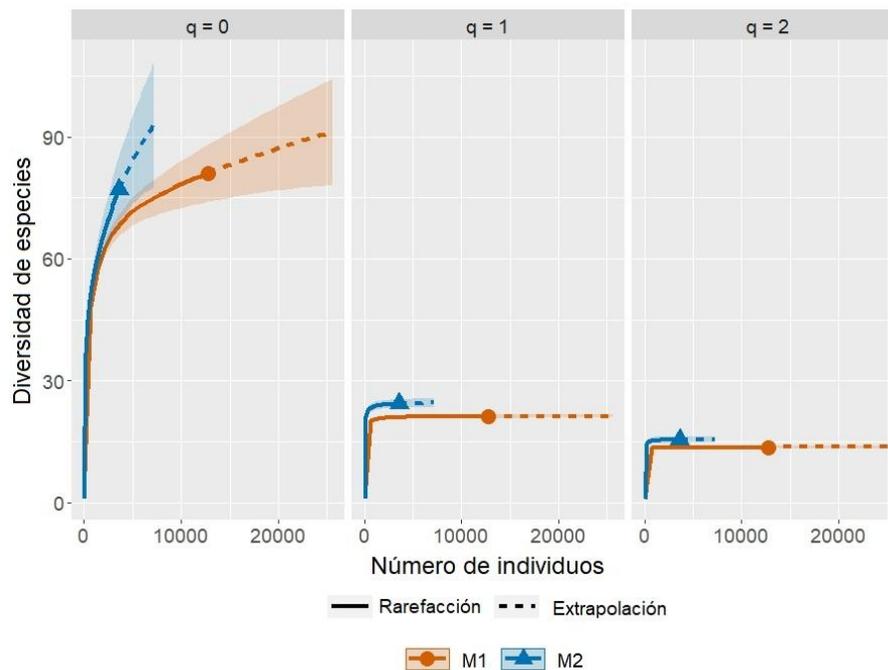


Figura 116. Diversidad en términos de números de Hill (q_0 , q_1 y q_2), de los macroinvertebrados en las temporadas evaluadas en la quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica). Fuente: Autores (2023).

1.11.3.2.4. Aspectos ecológicos y calidad del agua

Análisis de Correspondencia Canónica.

Según el Análisis de Correspondencia Canónica y el Test de Monte Carlo, la velocidad de la corriente y la temperatura mostraron diferencias estadísticamente significativas, es decir, se presentaron como factores condicionantes de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos. De acuerdo con el Análisis de Correspondencia Canónica, las estaciones evaluadas comparten la mayoría de los organismos, sólo la estación E8 (Quebrada Mina Rica parte alta), posee la mayor cantidad de organismos exclusivo. En general las estaciones presentaron características de un ecosistema mesotrófico a excepción de la estación E8, en donde las características y la composición taxonómica, logra evidenciar una posible eutrofización del sistema (Roldán y Ramírez, 2008).

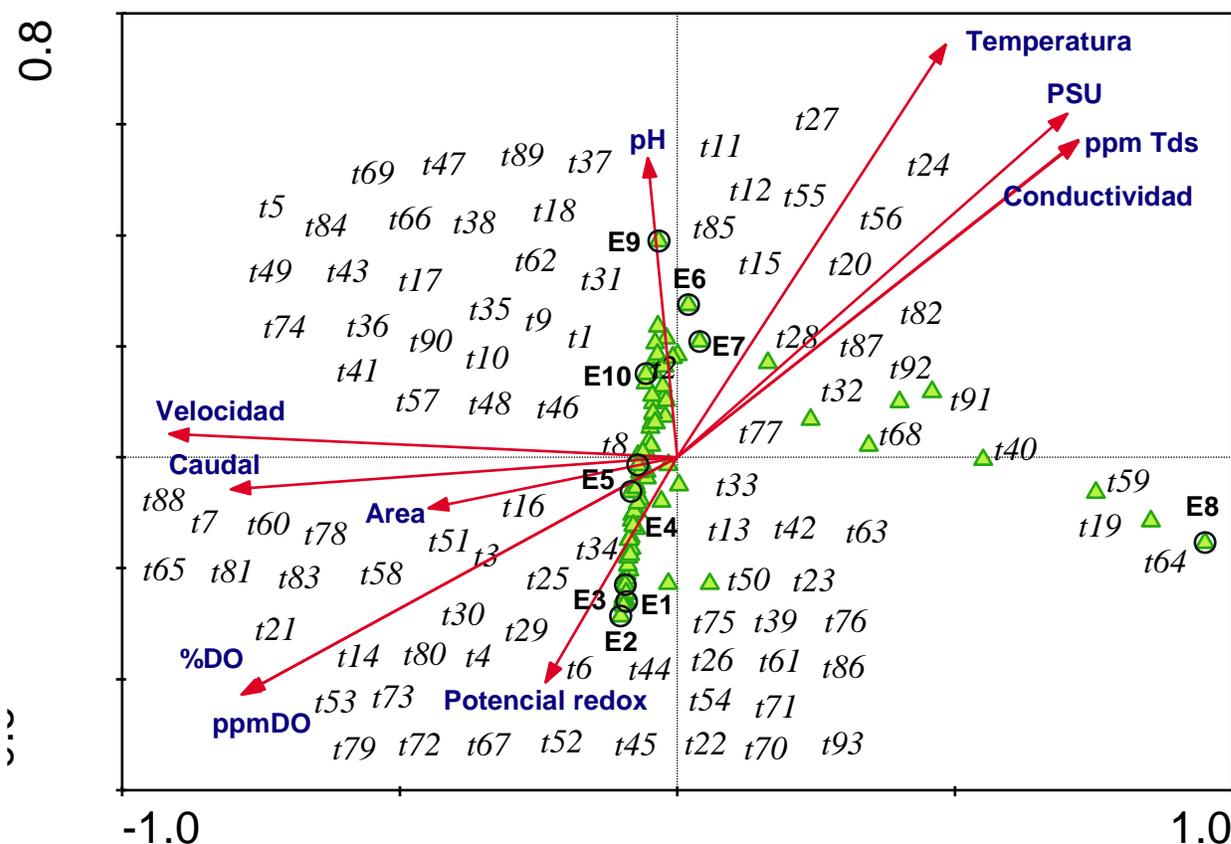


Figura 117. Análisis de correspondencia canónica de las variables y los géneros de macroinvertebrados acuáticos evaluados en la quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica).

Fuente: Autores (2023).

Taxones. t1: *Alisotrichia*, t2: *Alluaudomyia*, t3: *Americabaetis*, t4: *Anacroneuria*, t5: *Argia*, t6: *Atanatolica*, t7: *Atopsyche*, t8: *Atrichopogon*, t9: *Austrolimnius*, t10: *Baetodes*, t11: *Biomphalaria*, t12: *Bostrichidae sp.*, t13: *Brechmorhoga*, t14: *Camelobaetidius*, t15: *Ceratopogonidae sp.*, t16: *Chimarra*, t17: *Chironomidae sp.*, t18: *Chironominae*, t19: *Chironomus*, t20: *Clogmia*, t21: *Corydalis*, t22: *Cryphocricos*, t23: *Culoptila*, t24: *Curculionidae sp.*, t25: *Disersus*, t26: *Dolichopodidae sp.*, t27: *Dryops*, t28: *Elasmothemis*, t29: *Elmidae sp.*, t30: *Elmoparnus*, t31: *Enallagma*, t32: *Enchytraeidae sp.*, t33: *Farrodes*, t34: *Galba*, t35: *Girardia*, t36: *Gyrelmis*, t37: *Halobatopsis*, t38: *Heleobia*, t39: *Helicopsyche*, t40: *Helobdella*, t41: *Hemerodromia*, t42: *Hetaerina*, t43: *Heterelmis*, t44: *Hexacylloepus*, t45: *Hexanchorus*, t46: *Huleechius*, t47: *Hydrophilidae sp.*, t48: *Leptohyphes*, t49: *Leptonema*, t50: *Limnocoris*, t51: *Limonia*, t52: *Limonicola*, t53: *Lutrochus*, t54: *Macrelmis*, t55: *Maruina*, t56: *Melanoides*, t57: *Microcyloepus*, t58: *Microvelia*, t59: *Molophilus*, t60: *Neocyloepus*, t61: *Neelmis*, t62: *Notelmis*, t63: *Ochrotrichia*, t64: *Odontomyia*, t65: *Oecetis*, t66: *Orthocladiinae*, t67: *Petrophila*, t68: *Physa*, t69: *Pisidium*, t70: *Polycentropus*, t71: *Progomphus*, t72: *Psephenidae sp.*, t73: *Psephenus*, t74: *Pseudothelphusidae sp.*, t75: *Ptilodactylidae sp.*, t76: *Rhagovelia*, t77: *Simulium*, t78: *Smicridea*, t79: *Staphylinidae sp.*, t80: *Stegoelmis*, t81: *Stilobezzia*, t82: *Stratiomyidae sp.*, t83: *Tachyguerris*, t84: *Tanypodinae*, t85: *Terpides*, t86: *Thraulodes*, t87: *Tipula*, t88: *Traverella*, t89: *Trepobatoides*, t90: *Tricorythodes*, t91: *Tropisternus*, t92: *Uncancylus*, t93: *Xenelmis*.

Índice de calidad Ambiental BMWP/Col.

Se determinó la calidad de agua por medio del índice BMWP/Col, las estaciones E1 (Quebrada Bambuco aguas arriba) a E5 presentaron buena calidad del agua durante las dos temporadas evaluadas (Tabla 118), las estaciones E6 (Quebrada Buenavista aguas abajo Quimbaya), E7 (Quebrada La Silenciosa) y E9 (Quebrada Mina Rica) variaron entre calidad buena y calidad aceptable, mientras que la estación E8 (Quebrada Mina Rica parte alta) mantuvo la menor calidad registrada, con un puntaje asociado a una calidad de agua que varió entre calidad crítica a dudosa, para el primer y segundo muestreo respectivamente. En la estación E10, se presentó un cambio abrupto en la calidad del agua, dado que durante el primer muestreo se presentó buena calidad y durante el segundo bajó drásticamente a crítica, esto podría ser por el aumento en las precipitaciones, lo cual habría disminuido las áreas para la obtención del recurso, además de presentar efectos de aumentos más notorios en caudal, gracias a su cercanía con el río La Vieja.

Según los datos obtenidos para el índice de calidad BMWP/Col, se muestra que el tramo de la quebrada Buenavista, ubicado entre las estaciones E1 y E7, se presenta una calidad biológica notable. Este resultado implica que, tanto en términos espaciales como temporales, las diversas secciones de las quebradas proporcionaron hábitats adecuados.

En cuanto a la estación E8 (Quebrada Mina Rica parte alta), se halló una mayor abundancia de organismos pertenecientes a taxas tolerantes. Esta estación se ve afectada en mayor medida por las actividades productivas como la agricultura, la ganadería y el vertimiento de aguas, lo que hace que la comunidad de macroinvertebrados acuáticos sufra altas tensiones de supervivencia (Gutiérrez, Riss y Ospina, 2006).

Tabla 118. Índice de calidad ambiental (BMWP/Col) en las estaciones de la quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), durante los dos muestreos.

Estación	Puntaje M1	Calidad	BMWP/Col	Puntaje M2	Calidad	BMWP/Col
E1	187	BUENA	I	106	BUENA	I
E2	177	BUENA	I	142	BUENA	I
E3	201	BUENA	I	161	BUENA	I
E4	144	BUENA	I	130	BUENA	I
E5	165	BUENA	I	138	BUENA	I
E6	93	ACEPTABLE	II	103	BUENA	I
E7	120	BUENA	I	95	ACEPTABLE	II
E8	20	CRÍTICA	IV	57	DUDOSA	III
E9	99	ACEPTABLE	II	102	BUENA	I
E10	150	BUENA	I	25	CRÍTICA	IV

Fuente: Autores (2023).

1.11.3.3. Comunidad íctica

1.11.3.3.1. Composición y abundancia

Durante el monitoreo realizado en el año 2023 fueron colectados 1084 individuos distribuidos en cuatro órdenes, nueve familias y 18 especies (Tabla 119), los órdenes Siluriformes y Characiformes con ocho y seis especies respectivamente, registraron la mayor riqueza, seguido de Blenniiformes con tres y Gymnotiformes con una (Figura 118). Contrariamente, la mayor abundancia relativa se registró en Blenniiformes y Characiformes, representando el 46.8% y 41.1% de la captura total, respectivamente (Figura 118). El orden Gymnotiformes registró la menor riqueza, así como la menor abundancia relativa, siendo registrado únicamente en la estación E10 (Quebrada Buenavista antes de la confluencia con el Río La Vieja).

A nivel espaciotemporal, se evidenció un patrón similar con mayores abundancias en Blenniiformes y Characiformes (Figura 119 y Figura 120). Characiformes fue el orden más abundante en las estaciones E1 (Quebrada Bambuco aguas arriba) a E6 (Quebrada Buenavista aguas abajo Quimbaya) en ambos periodos, mientras que Blenniiformes fue representativo en las estaciones E7 a E9 (Figura 119 y Figura 120). Adicionalmente, se observa una reducción notable de la abundancia de Blenniiformes en la estación E7 en los dos periodos evaluados. Igualmente, en la estación E10 (estación de menor altitud), mostró una mayor abundancia de Siluriformes en el primer muestreo (bajas lluvias),

mientras que en el segundo muestreo (altas lluvias), la mayor abundancia fue presentada por Characiformes, aunque también con una significativa representatividad de Siluriformes (Figura 119 y Figura 120).

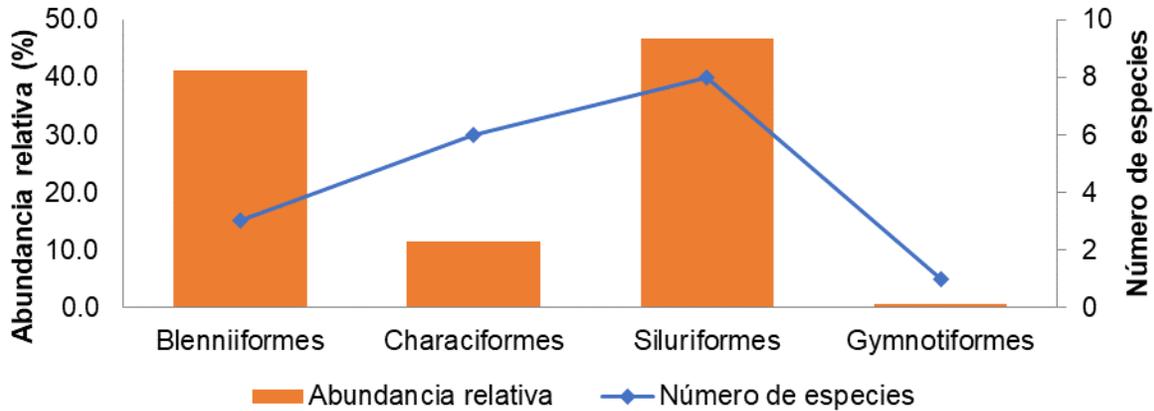


Figura 118. Abundancia relativa y número de especies para los órdenes registrados en la Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), durante el año 2023. Fuente: Autores (2023).

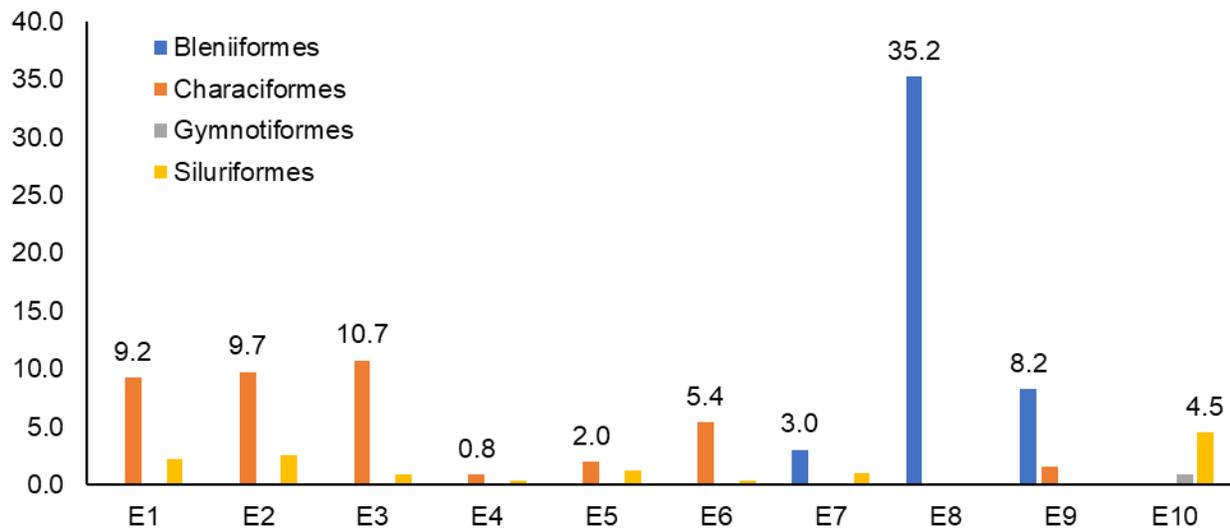


Figura 119. Abundancia relativa a nivel espaciotemporal de órdenes registrados en la Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), durante el año 2023. Fuente: Autores (2023).

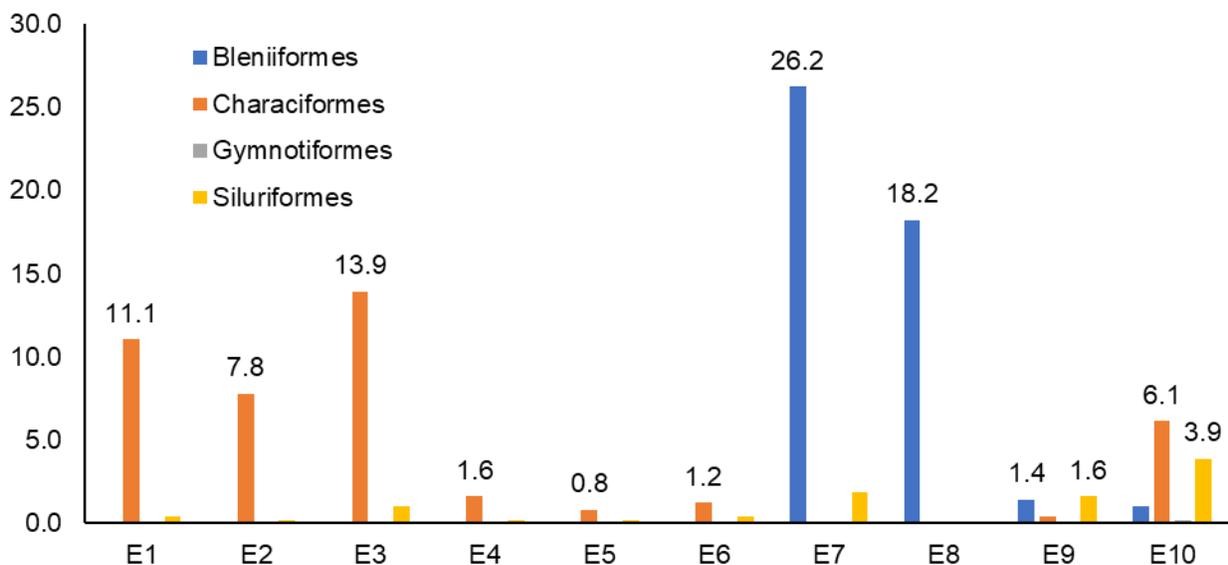


Figura 120. Abundancia relativa a nivel espaciotemporal de órdenes registrados en la Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), durante las altas lluvias (M2) en el año 2023.
Fuente: Autores (2023).

Tabla 119. Peces colectados en el monitoreo de ictiofauna bajo el marco del plan de ordenamiento del recurso hídrico de la Quebrada Buenavista y sus tributarios. Se indican las estaciones donde fueron colectadas, abundancias el tipo de migración, estado de amenaza, su uso y endemismo.

Ordenes/Familias/Especies	Estación (es)	Migración	Estado de Amenaza	Uso	Endemismo	Abundancia
Orden Characiformes						
Familia Bryconidae						
<i>Brycon henni</i>	E3, E5-6, E9-10			Pesca	Colombia	40
Familia Characidae						
<i>Argopleura magdalenensis</i>	E10				Colombia	1
<i>Carlastyanax aurocaudatus</i>	E1, E6, E9		Casi Amenazada		Colombia; Alto Cauca	10
<i>Creagrutus brevipinnis</i>	E10				Colombia	22
<i>Hemibrycon caucanus</i>	E9-10				Colombia; Alto Cauca	13
<i>Hemibrycon dentatus</i>	E5-6				Colombia	360
Orden Gymnotiformes						
Familia Apterontidae						
<i>Apterontus milesi</i>	E10				Colombia; Alto Cauca	6
Orden Siluriformes						
Familia Trichomycteridae						
<i>Trichomycterus chapmani</i>	E1-4, E6-7, E10				Colombia	42
Familia Loricariidae						
<i>Chaetostoma leucomelas</i>	E2				Colombia	3
<i>Chaetostoma thomsoni</i>	E1-3, E5, E10				Colombia	31
<i>Lasiancistrus caucanus</i>	E6, E10				Colombia; Alto Cauca	15
Familia Astroblepidae						
<i>Astroblepus grixalvii</i>	E1-5				Colombia	17
<i>Astroblepus sp.</i>	E1-3, E5				Colombia	10
Familia Heptapteridae						
<i>Cetopsorhamdia boquillae</i>	E5-6, E9-10				Colombia; Alto Cauca	5
Heptapteridae sp.	E10				Colombia	2
Orden Blenniiformes						
Familia Cichlidae						
<i>Andinoacara latifrons</i>	E10				Colombia	5
Familia Poeciliidae						
<i>Poecilia caucana</i>	E6			Ornamental		1
<i>Poecilia reticulata</i>	E7-9			Ornamental	Exótica	501
TOTAL						1084

Fuente: Autores (2023).

Con relación al número de especies por familia, Characidae registró la mayor riqueza con cinco, seguida de Loricariidae con tres y Poeciliidae, Astroblepidae y Heptapteridae, las cuales presentaron dos especies cada una. Con relación a la abundancia relativa, los mayores valores se registraron en Poeciliidae con el 46.3% y Characidae con el 37.5% de la captura total; las familias restantes presentaron valores inferiores al 5% (Figura 121).

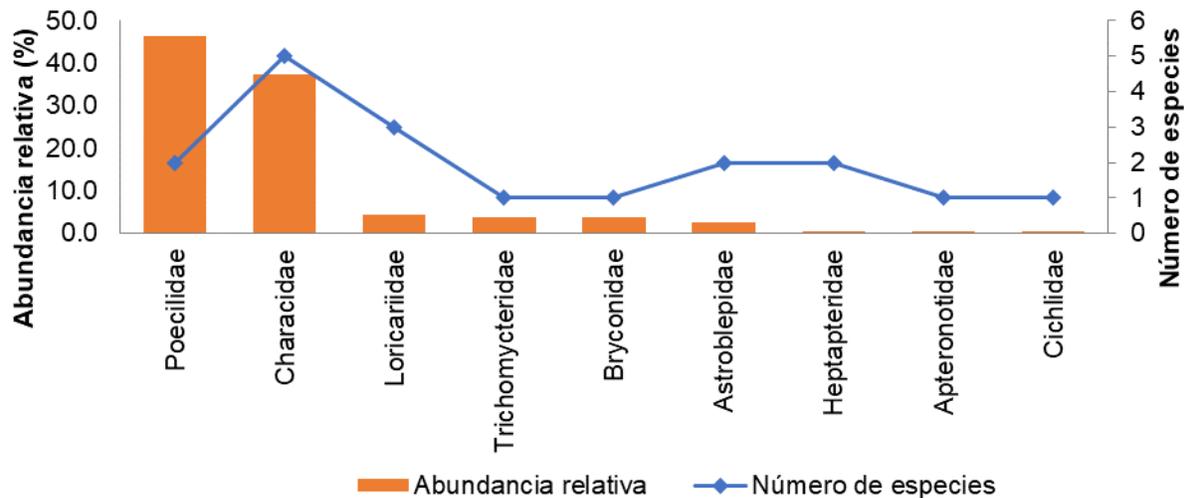


Figura 121. Abundancia relativa y número de especies para las familias registradas en la Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), durante el año 2023. Fuente: Autores (2023).

A nivel espaciotemporal, las familias revelaron patrones de abundancia similares al patrón general anteriormente descrito (Figura 122). La familia Poeciliidae registró mayores abundancias en las estaciones E7-9, mientras que la familia Characidae, fue representativa en las estaciones E1 (Quebrada Bambuco aguas arriba) hasta la E6 (Quebrada Buenavista aguas abajo Quimbaya). Durante el primer muestreo (bajas lluvias) la familia Cichlidae no fue registrada (Figura 38), a diferencia del segundo muestreo (altas lluvias) en donde fue colectada en la estación de menor altitud E10 (Quebrada Buenavista antes de la confluencia con el Río La Vieja) (962 msnm) (Figura 123). Así mismo, en esta estación (E10), la familia Loricariidae fue la más abundante durante el primer muestreo, mientras que Characidae fue la más abundante durante el segundo muestreo. Las abundancias notablemente mayores de Poeciliidae en estaciones sobre las Quebradas Mina Rica y La Silenciosa (E7-E9), podrían estar relacionadas con algún grado de alteración sobre estos cuerpos de agua, tal como pérdida de cobertura vegetal y descarga de residuos tóxicos agrícolas; dichas alteraciones tienen el potencial de modificar dinámicas ecológicas y favorecer especies exóticas como el caso de *Poecilia reticulata* (Gomes-Silva et al., 2020; Zaki et al., 2013), la cual fue registrada con gran dominancia en dichas estaciones.

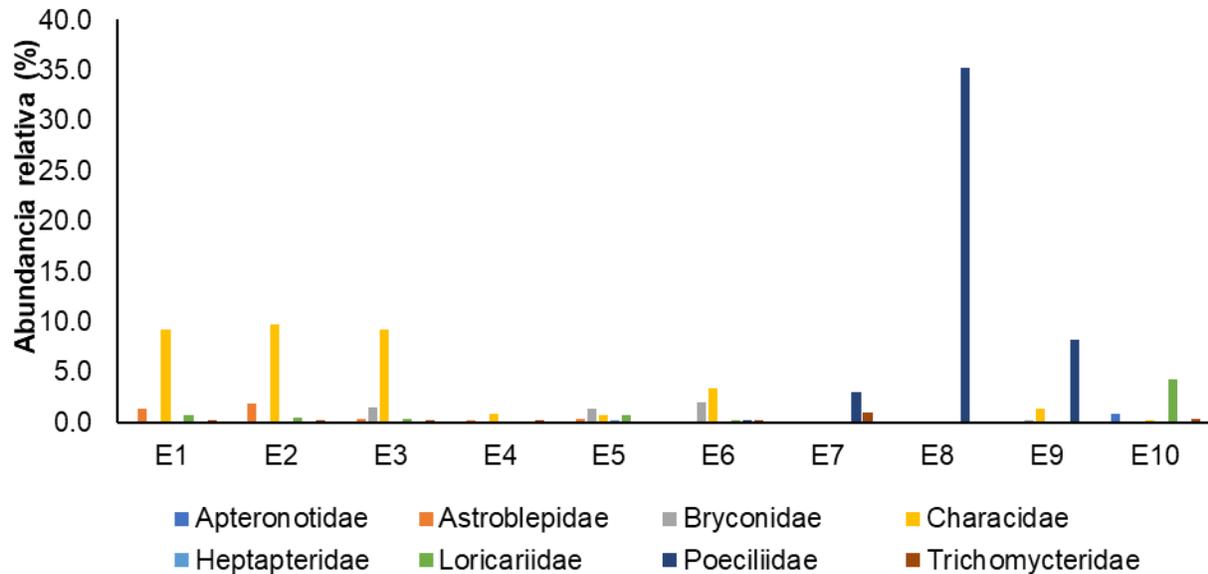


Figura 122. Abundancia relativa de las familias de la Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), durante el año 2023 (M1 bajas lluvias). Fuente: Autores (2023).

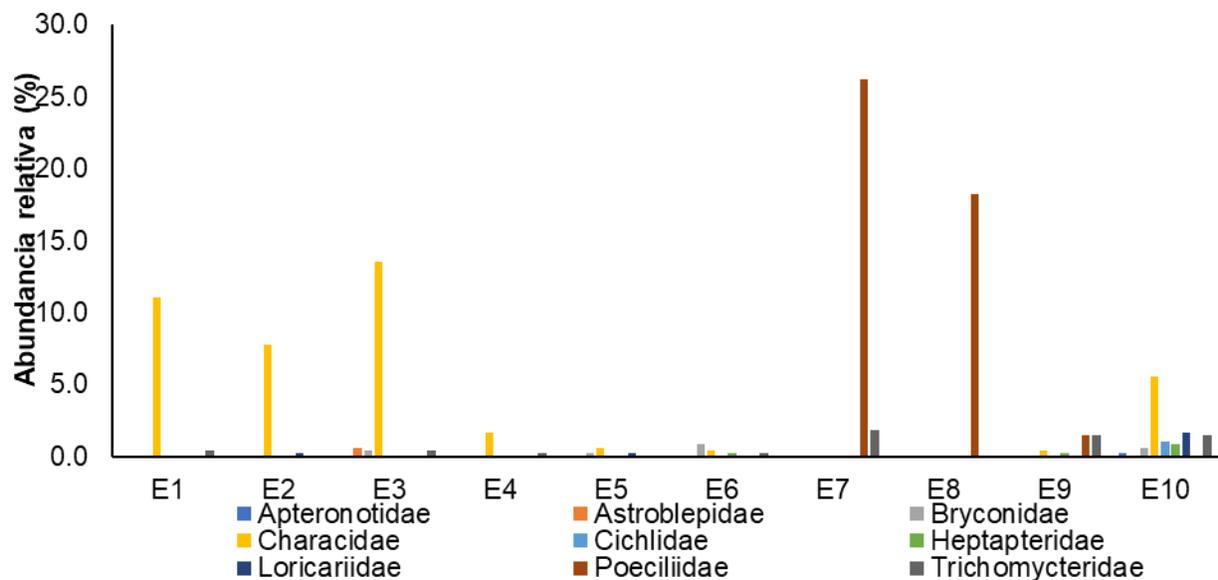


Figura 123. Abundancia relativa de las familias de la Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), durante el año 2023 (M2 altas lluvias). Fuente: Autores (2023).

En relación con la abundancia de las especies, *Poecilia reticulata* fue la más abundante con 501 individuos (46,6%), seguida de *Hemibrycon dentatus* (33,2%), *Trichomycterus chapmani* (3,9%) y *Brycon henni* (3,7%), las demás especies presentaron valores menores al 3% (Figura 124). Tal como fue mencionado anteriormente, la gran abundancia de *Poecilia reticulata* en el estudio, puede estar relacionada con perturbaciones antrópicas en algunas estaciones (E7-E9), especies exóticas como *P. reticulata* pueden ser más tolerantes a perturbaciones como descarga de aguas residuales y desechos agrícolas, favoreciendo su proliferación frente a las especies nativas (Gomes-Silva et al., 2020). Por otro lado, abundancias medias-altas de especies de characidos como *H. dentatus* y trycomycteridos como *T. chapmani* puede estar ligado a su ecología tal como sus estrategias reproductivas, su permanencia en números poblacionales altos, y su amplia distribución a lo largo de la cuenca del Alto Río Cauca (Maldonado-Ocampo, Ortega-Lara, Usma-Oviedo, Galvis Vergara, Villa-Navarro, Vásquez Gamboa, Prada-Pedrerros, & Ardila Rodriguez, 2005).

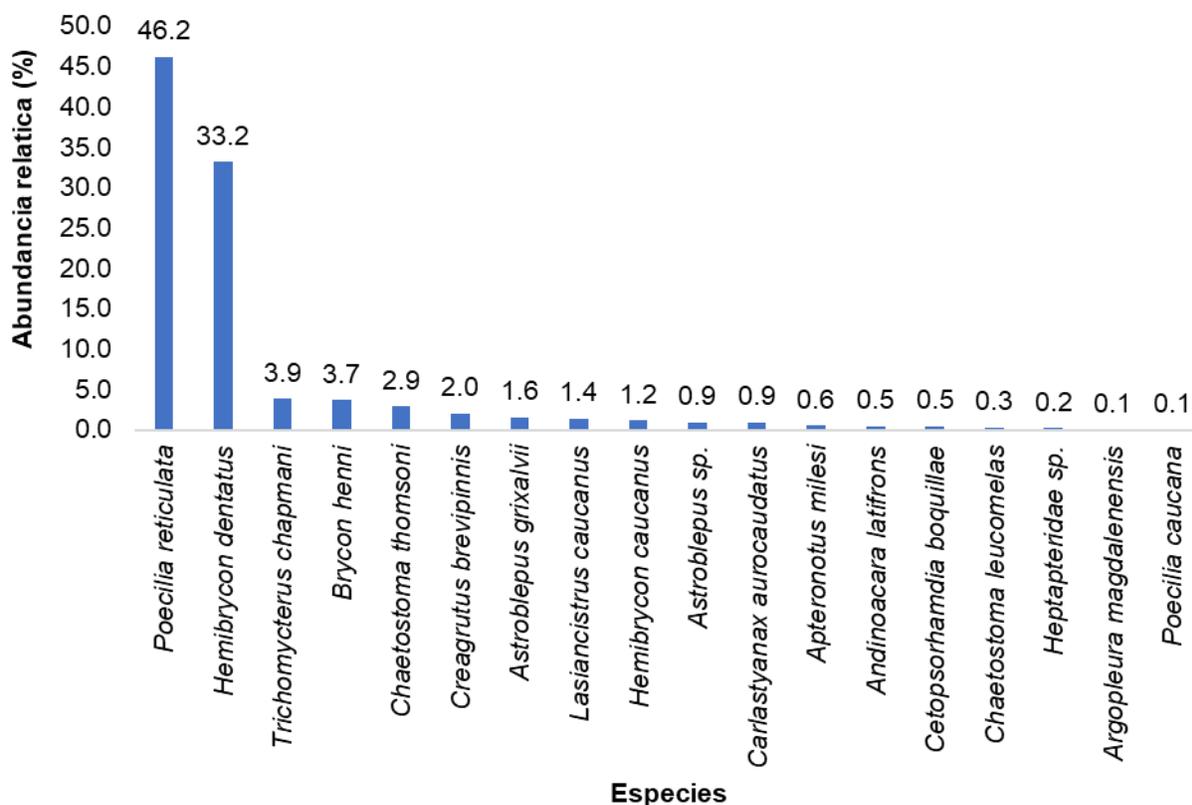


Figura 124. Abundancia relativa de las especies colectadas en la Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), durante el año 2023. Fuente: Autores (2023).

A nivel espaciotemporal, se evidenció un patrón parcialmente concordante con el patrón general arriba descrito, revelando a *P. reticulata* y *H. dentatus* como las especies más abundantes en ambos periodos de muestreo (Figura 125 y Figura 126). No obstante, mientras que *P. reticulata* fue encontrada únicamente en tres estaciones (E7-9), *H. dentatus* se encuentra presente en siete de las diez estaciones monitoreadas (E1-7). Durante el primer muestreo (bajas lluvias), además de las dos especies ya mencionadas, las subsecuentes especies con mayor representatividad fueron *Brycon henni* y *Chaetostoma thomsoni* (Figura 125), mientras que en el segundo muestreo (altas lluvias) lo fueron *Trichomycterus chapmani* y *Creagrutus brevipinnis* (Figura 126). Especies como *Astroblepus grixalvii*, *Astroblepus sp.* y *Carlastyanax aurocaudatus* estuvieron presentes en múltiples estaciones y con mayores abundancias en el primer muestreo que en el segundo, mientras que especies como *Cetopsorhamdia boquillae* y *Hemibrycon caucanus* mostraron un patrón contrario, con mayores abundancias y representadas en múltiples estaciones en el segundo muestreo (Figura 125 y Figura 126).

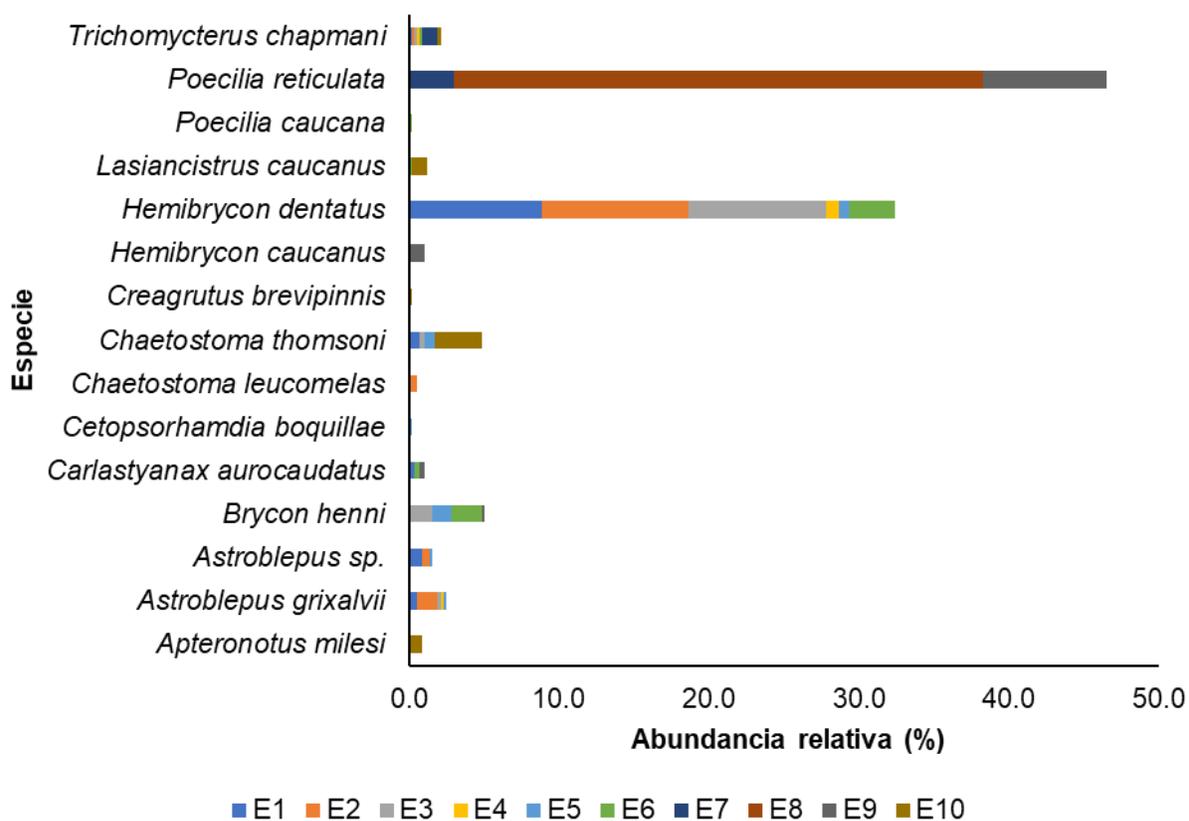


Figura 125. Abundancia relativa de las especies colectadas en la Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), durante el primer muestreo (bajas lluvias) del año 2023. Fuente: Autores (2023).

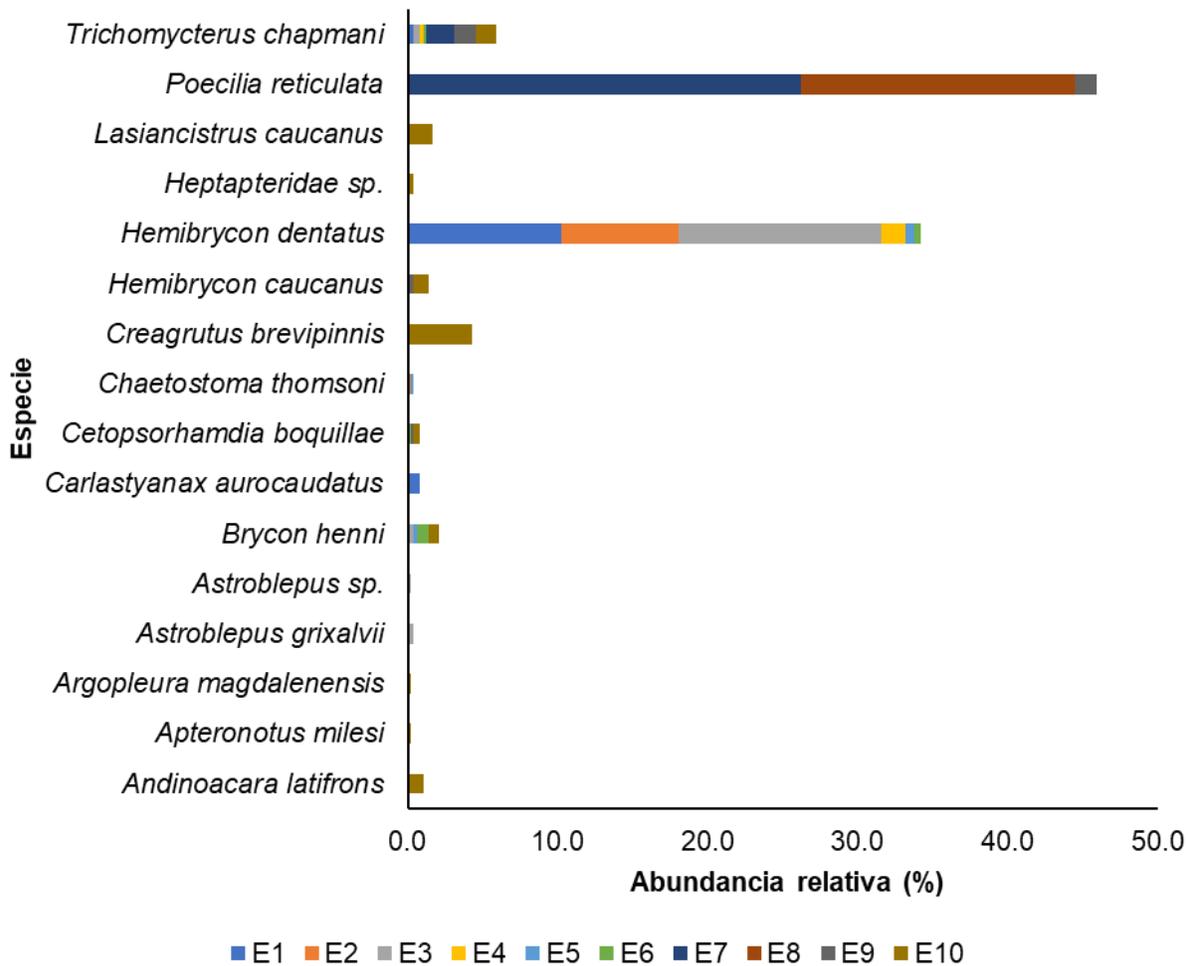


Figura 126. Abundancia relativa de las especies colectadas en la Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), durante el segundo muestreo (altas lluvias) del año 2023. Fuente: Autores (2023).

1.11.3.3.2. Diversidad alfa

Número de taxones. Se observaron patrones de riqueza parcialmente diferentes a nivel temporal; durante el primer muestreo (bajas lluvias) las estaciones con mayor riqueza fueron E5- Q. Buenavista después de la confluencia con la Q. Armenia (6 spp.), E6 (Quebrada Buenavista aguas abajo Quimbaya) (6 spp.) y E1 (Quebrada Bambuco aguas arriba) (6 spp.). Durante el segundo muestreo (altas lluvias) las estaciones con mayor riqueza fueron E10 (10 spp.), E3-Q. Buenavista después de la bocatoma (5 spp.), E9 (4 spp.) y E9 (Quebrada Mina Rica) (Quebrada Mina Rica). No obstante, en los dos periodos evaluados las estaciones E8 (Quebrada Mina Rica parte alta) y E7 (Quebrada La Silenciosa)

presentaron la menor riqueza, con dos y una especie respectivamente (Figura 127 y Figura 128).

Diversidad Shannon-Wiener (H'). Los valores altos de diversidad Shannon-Wiener (H'), fueron registrados en la estación E5 ($H' = 1,49$), E10 ($H' = 1,19$) y E6 ($H' = 1,18$) durante el primer muestreo (bajas lluvias). Durante el segundo muestreo (altas lluvias), los mayores valores se encontraron en E10 ($H' = 1,89$), E6 ($H' = 1,21$) y E9 ($H' = 1,15$). Las demás estaciones en ambos períodos registraron valores inferiores a $H' = 1$. Así mismo, en ambos periodos, la estación E8 presentó el menor valor de diversidad ($H' = 0$) al ser encontrada una única especie (Figura 127 y Figura 128).

Índice de Dominancia - Simpson. Los valores de dominancia- Simpson (λ), fueron mayores para las estaciones E8 ($\lambda = 1$), E9 ($\lambda = 0,73$), E3 y E2 (Quebrada Buenavista) ($\lambda = 0,65$) en el primer muestreo (bajas lluvias). Por otro lado, en el periodo de altas lluvias, los valores mayores se encontraron en E8 ($\lambda = 1$), E2 ($\lambda = 0,95$) y E7 ($\lambda = 0,88$) (Figura 127 y Figura 128).

Margalef. Los valores altos del índice de Margalef (D_{Mg}), fueron registrados en las estaciones E5 ($D_{Mg} = 1,7$), E6 ($D_{Mg} = 1,41$) y E1 ($D_{Mg} = 1,19$) en el periodo de bajas lluvias. Por otro lado, durante el periodo de altas lluvias, se registraron altos valores en la estación E10 ($D_{Mg} = 2,25$), E6 ($D_{Mg} = 1,44$) y E5 ($D_{Mg} = 1,24$) (Figura 127 y Figura 128).

En términos generales, se observaron dinámicas en la diversidad alfa, que pueden estar relacionadas con fluctuaciones temporales y climáticas, en donde los ensamblajes de especies pueden responder de forma diferente en cada periodo climático. Estas dinámicas ambientales, de estructura, composición y abundancia entre épocas climáticas son importantes para las comunidades de peces tropicales, pues se ha demostrado que la dinámica temporal de la colonización y recambio de especies puede variar en cortos periodos de tiempo y, además, según las etapas del ciclo hidrológico (Albrey Arrington & Winemiller, 2006; Suárez & Petrere, 2007). Las variaciones en el caudal de los cuerpos de agua, que pueden deberse a lluvias intensas, o alteraciones antrópicas por captación o regulación del flujo natural, afectan la disponibilidad de hábitat y la conectividad entre diferentes áreas (Jiménez-Segura et al., 2016). Además, las fluctuaciones climáticas pueden influir en la temperatura y la calidad del agua, lo que impacta la reproducción, alimentación y supervivencia de estas especies, que están adaptadas a condiciones específicas. Por lo tanto, los cambios en el caudal y el clima pueden tener efectos significativos en la ecología y la distribución de los peces en estos ecosistemas (Winemiller & Jepsen, 1998).

Estaciones como E10-Q. Buenavista antes de la confluencia con el Río La Vieja, E6 (Quebrada Buenavista aguas abajo Quimbaya), E5 (Buenavista después de la confluencia

con la Quebrada Armenia) y E9-Q. Mina Rica parte baja registraron altos-medios valores de diversidad y riqueza de especies. Estas estaciones presentan dos factores relevantes que pueden explicar estos patrones, son cuerpos de agua que poseen un mayor grado de magnitud y, además, presentan las menores altitudes de las estaciones evaluadas (1309-962 msnm). Estos factores en conjunto, pueden favorecer la presencia de ensamblajes con mayor número de especies, sin las restricciones fisiológicas que hábitats de mayor altitud representan para los peces (Jaramillo-Villa et al., 2010). A pesar de que las estaciones E7 y E8 se encuentran entre los 1178-1224 msnm, poseen un tamaño menor (ej. ancho, caudal) y, además, están sometidas a una mayor perturbación antrópica, como pérdida de cobertura vegetal y posible descarga de desechos agrícolas, siendo evidenciado por la marcada dominancia de especies exóticas como *Poecilia reticulata*, donde sus grandes abundancias pueden verse explicadas por su mayor tolerancia a dichas perturbaciones frente a las especies nativas (Gomes-Silva et al., 2020).

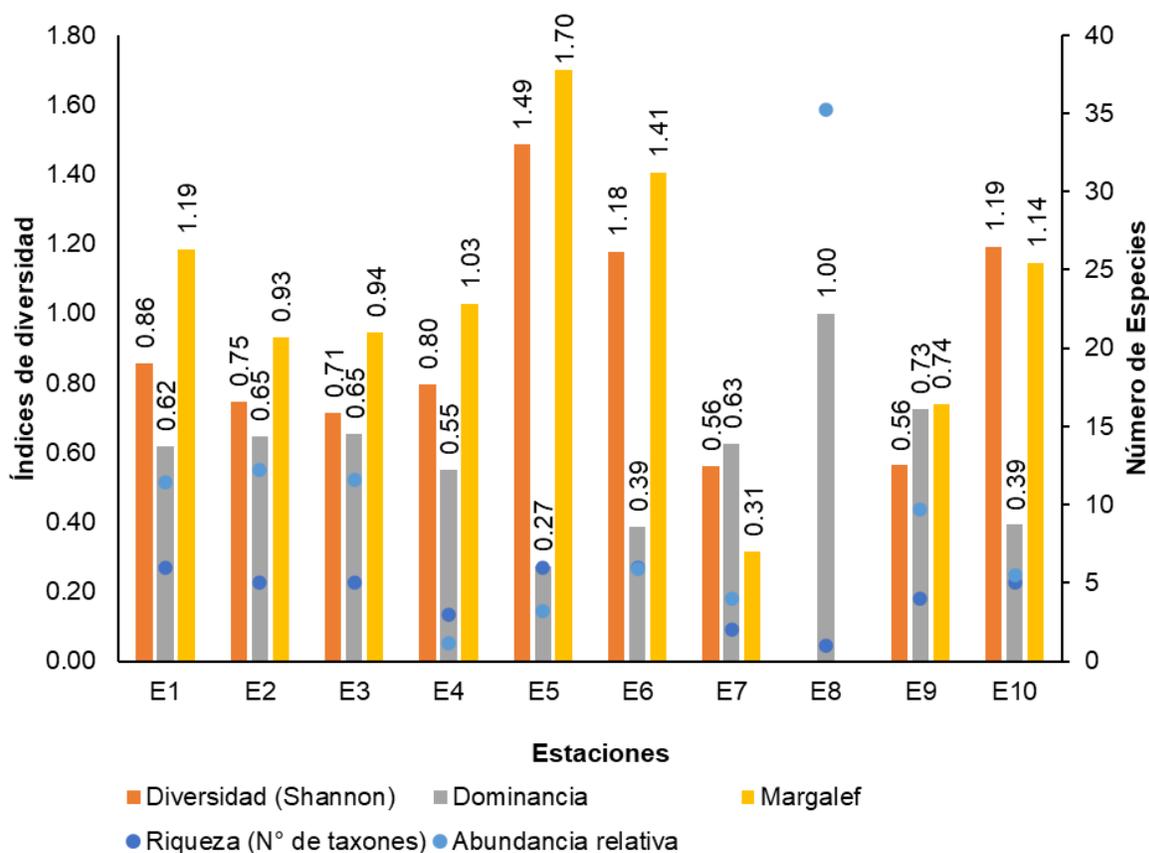


Figura 127. Variación espacial y temporal de los índices de diversidad de Shannon - Wiener (H'), Margalef y Dominancia de Simpson de la comunidad íctica en la Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), durante el primer muestreo (bajas lluvias) del año 2023. Fuente: Autores (2023).

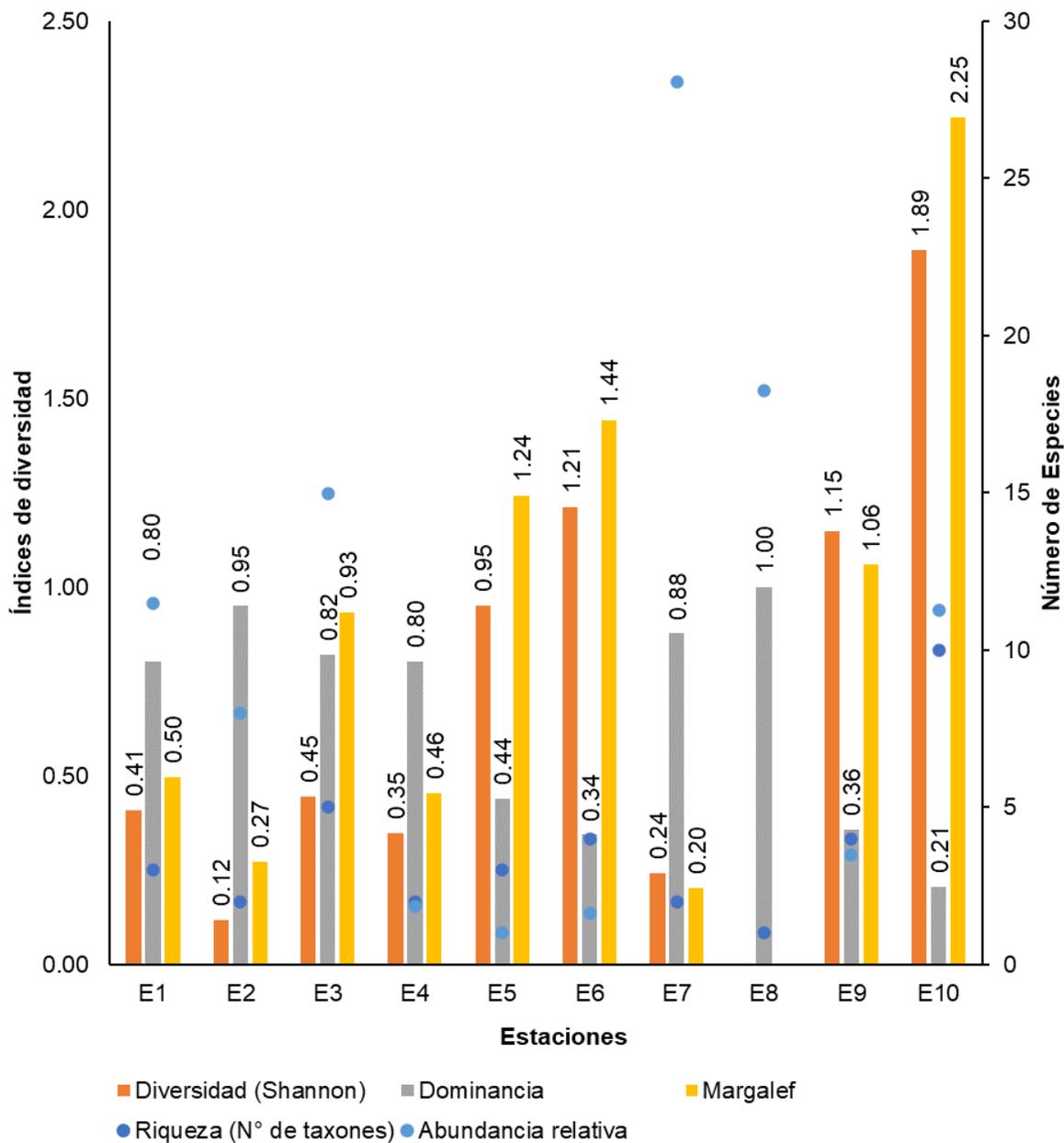


Figura 128. Variación espacial y temporal de los índices de diversidad de Shannon - Wiener (H'), Margalef y Dominancia de Simpson de la comunidad íctica en la Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), durante el segundo muestreo (altas lluvias) del año 2023. Fuente: Autores (2023).

1.11.3.3.3. Diversidad beta

La estructura de la comunidad de peces a nivel espacial, evaluada a través del índice de similitud de Bray-Curtis, muestra algunas diferencias entre los dos periodos evaluados (Figura 129). Tal como fue discutido con base en los resultados de diversidad alfa, algunas de estas variaciones pueden estar relacionadas con cambios físicos y químicos del hábitat en función de cambios climáticos y estacionales. Durante el primer muestreo (bajas lluvias), fueron conformadas dos principales agrupaciones: en la primera se asociaron las estaciones E10 (Quebrada Buenavista antes de la confluencia con el Río La Vieja), E4 (Quebrada Armenia), E5 (Quebrada Buenavista después de la confluencia con la Quebrada Armenia), E6 (Quebrada Buenavista aguas abajo Quimbaya), E3 (Quebrada Buenavista después de la bocatoma) y E1 (Quebrada Bambuco aguas arriba), y en la segunda agrupación se asociaron las estaciones E7 (Quebrada La Silenciosa), E9 (Quebrada Mina Rica) y E8 (Quebrada Mina Rica parte alta) (Figura 129). Durante el segundo muestreo (altas lluvias), se conformaron las mismas agrupaciones, con excepción de la estación E10, la cual pasó a asociarse con las estaciones E7, E9 y E8, conformando un claro patrón altitudinal, siendo estas estaciones localizadas entre los 962 y 1224 msnm, mientras que las restantes estaciones se encuentran ubicadas entre los 1239 y 1479 msnm. La estación E10 fue la más diversa durante el segundo muestreo y la segunda con mayor diversidad en el primer muestreo, sin embargo, en el segundo muestreo compartió exclusivamente la presencia de *Hemibrycon caucanus* con la estación E9, que a su vez compartió la presencia de *Poecilia reticulata* con las estaciones E7 y E8 (Figura 129).

La similitud entre las estaciones E7-9 se explica por la dominancia de la especie exótica *P. reticulata* y un bajo número de especies. Por otro lado, la similitud del subgrupo conformado por las estaciones E4-E6 (presente en ambos muestreos), se puede explicar por presentar valores medios-altos de diversidad y compartir especies como *Hemibrycon dentatus*, *Brycon henni* y *Trichomycterus chapmani*. Finalmente, la similitud del subgrupo E1-E3 (presente en ambos muestreos), se puede explicar por valores medios-bajos de diversidad y compartir especies como *H. dentatus*, *Astroblepus grivalvii*, *Astroblepus* sp.1 y *Trichomycterus chapmani*.

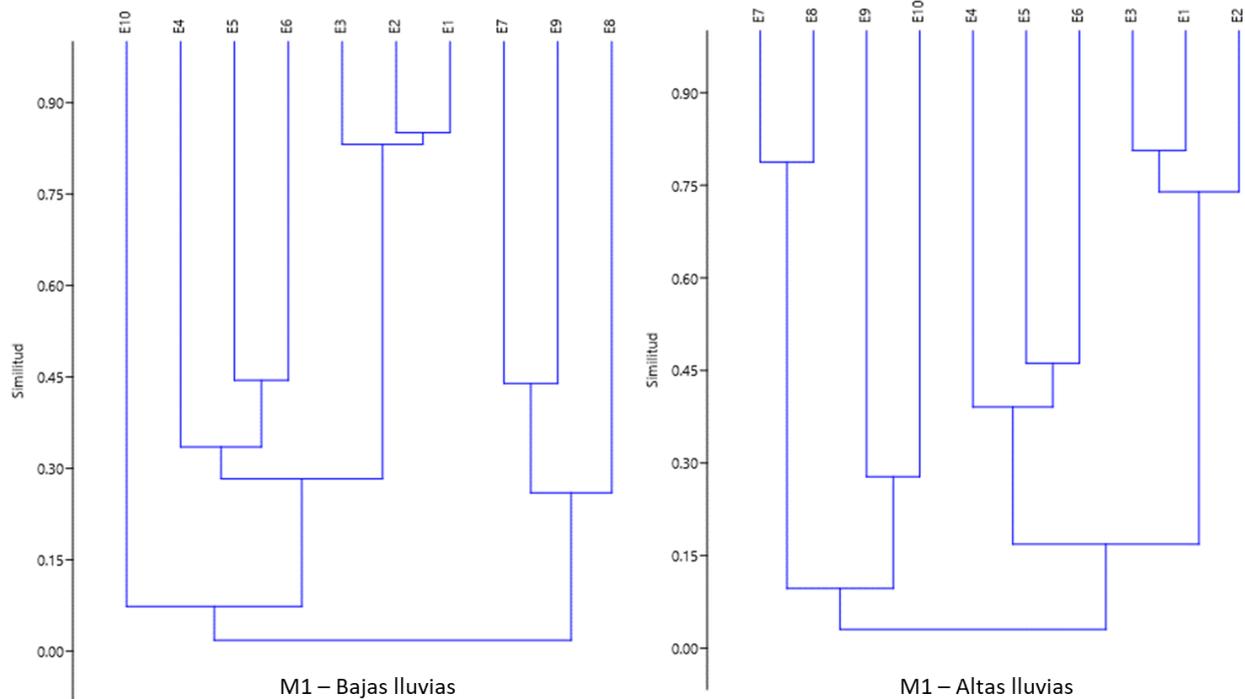


Figura 129. Análisis de similitud de Bray-Curtis para la ictiofauna presente en la Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), durante el año 2023. Fuente: Autores (2023).

1.11.3.3.4. Aspectos ecológicos

Objetos de conservación, especies de interés y categorías de amenaza

Durante el monitoreo fue registrada una especie con alguna categoría de amenaza; *Carlastyanax aurocaudatus* como Casi Amenazadas (NT) (Tabla 119), especie endémica del Alto Río Cauca, en donde la deforestación y contaminación de los cuerpos de agua actúan como las principales amenazas (Lehmann & Usma, 2012). Por otro lado, se destaca que 16 de las 18 especies registradas (88.9%), representan endemismos para Colombia, y, además, el 24.7% (5 spp.) de las especies colectadas son endemismos para la cuenca del Alto Río Cauca (Tabla 119).

No se reportan hábitos migratorios para las especies colectadas, sin embargo, se registró una especie con importancia en la pesca (*Brycon henni*) y dos especies de interés ornamental (*Poecilia caucana* y *Poecilia reticulata*) (Tabla 119). *Brycon henni* es una especie con importancia en la pesca comercial local y deportiva en la cuenca del Río Cauca, siendo fundamental para la seguridad alimentaria en varias regiones (Ortega-Lara et al., 2011, 2022). Sin embargo, es una especie sensible a las disminuciones de oxígeno

en los cuerpos de agua donde habita, y actualmente se encuentra extinta localmente en algunas regiones donde habitaba anteriormente, como el río Medellín (Ortega-Lara et al., 2011). *Poecilia reticulata* se ha definido como una especie transplantada en la cuenca Magdalena-Cauca, y aunque no se encuentran mayores estudios sobre sus impactos directos en esta cuenca, dicha especie ha sido definida en otras cuencas neotropicales, como un indicador de baja abundancia y diversidad en peces nativos, y se ha planteado que tiene el potencial de desplazar a la ictiofauna nativa por competencia o propagación de enfermedades (Sánchez-Duarte et al., 2012).

Variables Pesqueras

Captura total. De manera general, durante los muestreos realizados en el año 2023, se registró una captura de 1,65 kg, de los cuales 1,3 kg y 0,35 kg se registraron durante el primer y segundo muestreo, respectivamente. Estos valores son disimiles entre los meses evaluados, sin embargo, tal como fue indicado en apartados anteriores, estas diferencias pueden obedecer a la influencia de los altos niveles de caudal y lluvias evidenciados durante la ejecución del segundo muestreo (altas lluvias), afectando la disponibilidad del recurso íctico y, por lo tanto, la efectividad de los métodos de captura.

A nivel espacial, en E3 (Quebrada Buenavista después de la bocatoma) se registró la mayor productividad con 0,41 kg que corresponde al 11,4 % del total, seguido de E5 (Quebrada Buenavista después de la confluencia con la Quebrada Armenia) con 0,34 Kg y en las restantes estaciones se registraron menos de 0,2 kg en cada una (Tabla 120).

*Tabla 120. Captura total registrada expresada en kilogramos a nivel espacial, Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), del 2023. *BR= Biomasa relativa (%).*

Estación	Captura (kg)	*BR (%)
Quebrada Bambuco (E1)	0.19	11.4
Quebrada Buenavista (E2)	0.19	11.7
Quebrada Buenavista después de la bocatoma (E3)	0.41	24.9
Quebrada Armenia (E4)	0.03	2.1
Quebrada Buenavista después de la confluencia con la Quebrada Armenia (E5)	0.34	20.8
Quebrada Buenavista aguas abajo de Quimbaya (E6)	0.13	8.1
Quebrada La Silenciosa (E7)	0.08	4.8
Quebrada Mina Rica parte alta (E8)	0.07	4.0
Quebrada Mina Rica parte baja (E9)	0.04	2.5
Quebrada Buenavista antes de la confluencia con el Río La Vieja (E10)	0.16	9.6

Fuente: Autores (2023).

Relación de las variables fisicoquímicas con la ictiofauna

En el análisis de correspondencia canónica (ACC) para el primer muestreo (bajas lluvias), la Conductividad y Oxígeno disuelto mostraron diferencias significativas para los efectos condicionantes (Tabla 121). Dentro de estas variables ambientales, la disponibilidad de oxígeno juega un papel importante sobre la estructuración de las comunidades y diversidad, debido que afectan directamente el desempeño de los organismos, limitando el crecimiento, metabolismo, reproducción, desarrollo y comportamiento de los peces (Doudoroff & Shumway, 1970), lo que a su vez limita la distribución de especies y da forma a gradientes de diversidad notables. Los resultados sugieren que variables como Ancho, Oxígeno disuelto, Caudal, Velocidad y pH pudieron estar relacionados negativamente con el ensamblaje de especies de zonas más altas (E1-6; 1239-1479 msnm), en donde resaltan especies como *Trichomycterus chapmani*, *Astroblepus grixalvii*, *Astroblepus* sp., *Hemibrycon dentatus* y *Chaetostoma leucomelas*. Por otro lado, en estaciones de zonas más bajas (E7-9; 1178-1224 msnm) el ensamblaje fue representado por la dominancia de *Poecilia reticulata*, en donde parámetros y variables como Conductividad, Temperatura (T.C), Salinidad (PSU) y Sólidos totales disueltos (TDS) pudieron estar relacionados positivamente (Figura 130). A pesar de que la conductividad puede estar definida en gran parte por la geología local, dichos valores pueden ser incrementados por la presencia de contaminantes como sales y metales pesados (Begum et al., 2009; Gallo Corredor et al., 2021), los cuales pueden influir en la diversidad de peces. Vale la pena resaltar, que los mayores valores de conductividad fueron encontrados en las estaciones E7-E9 en ambos periodos de muestreo. La estación E10 (Quebrada Buenavista antes de la confluencia con el Río La Vieja) se caracterizó por una alta diversidad y especies exclusivas de zonas más bajas como *Lasiancistrus caucanus*, *Apteronotus milesi*, *Creagrutus brevipinnis*.

Tabla 121. Parámetros físicos y químicos con efectos condicionantes de las estaciones en la Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), durante el primer muestreo (bajas lluvias) del año 2023.

Variable	LambdaA (λ)	P-valor
Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	0.77	0.002
Oxígeno disuelto	0.43	0.006
%O ₂	0.25	0.094
Salinidad (PSU)	0.17	0.370
Profundidad	0.18	0.280
Caudal	0.15	0.360
pH	0.17	0.290
Potencial REDOX (ORP)	0.16	0.172

Fuente: Autores (2023).

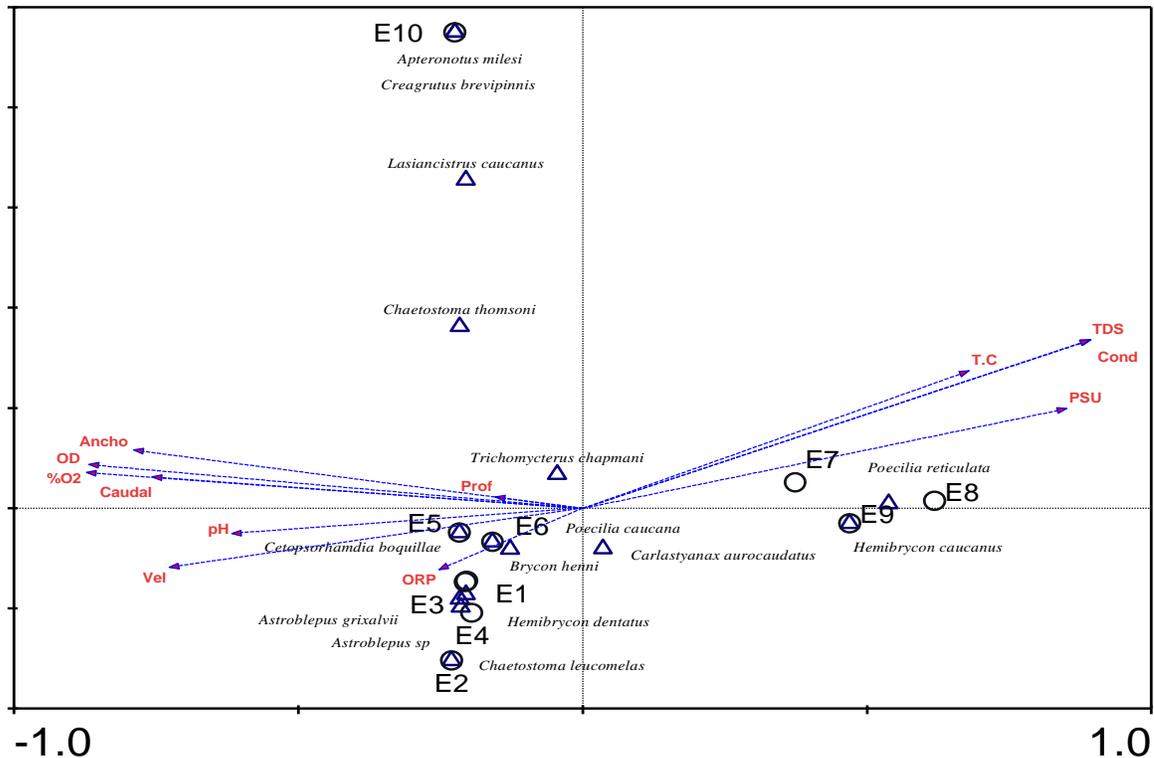


Figura 130. Análisis de correspondencia canónica de las especies y las variables físicas y químicas evaluadas en la Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Armenia, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), durante el primer muestreo (bajas lluvias) del año 2023. Fuente: Autores (2023).

En el análisis de correspondencia canónica (ACC) para el segundo muestreo (altas lluvias), la Conductividad y Temperatura mostraron diferencias significativas para los efectos condicionantes (Tabla 122). El patrón observado guarda gran similitud con lo observado durante el primer muestreo; los resultados sugieren que variables como Ancho, Oxígeno disuelto, Caudal, Velocidad, Potencial REDOX (ORP) y pH pudieron estar relacionados negativamente con el ensamblaje de especies de zonas más altas (E1-6; 1239-1479 msnm), en donde resaltan especies como *Carlastyanax aurocaudatus*, *Astroblepus grixalvii*, *Astroblepus sp.*, *Hemibrycon dentatus* y *Chaetostoma thomsoni*. Por otro lado, en estaciones de zonas más bajas (E7-9; 1178-1224 msnm) el ensamblaje fue representado por la dominancia de *Poecilia reticulata*, en donde parámetros y variables como Conductividad, Salinidad (PSU) y Sólidos totales disueltos (TDS) pudieron estar relacionados positivamente (Figura 131). En la estación E10, variables como Temperatura y Caudal pudieron estar relacionadas positivamente con un ensamblaje caracterizado por especies exclusivas de zonas más bajas como *Lasiancistrus caucanus*, *Apteronotus milesi*, *Creagrutus brevipinnis*, *Heptapteridae sp.*, *Argopleura magdalenensis*, *Creagrutus brevipinnis* y *Andinoacara latifrons*.

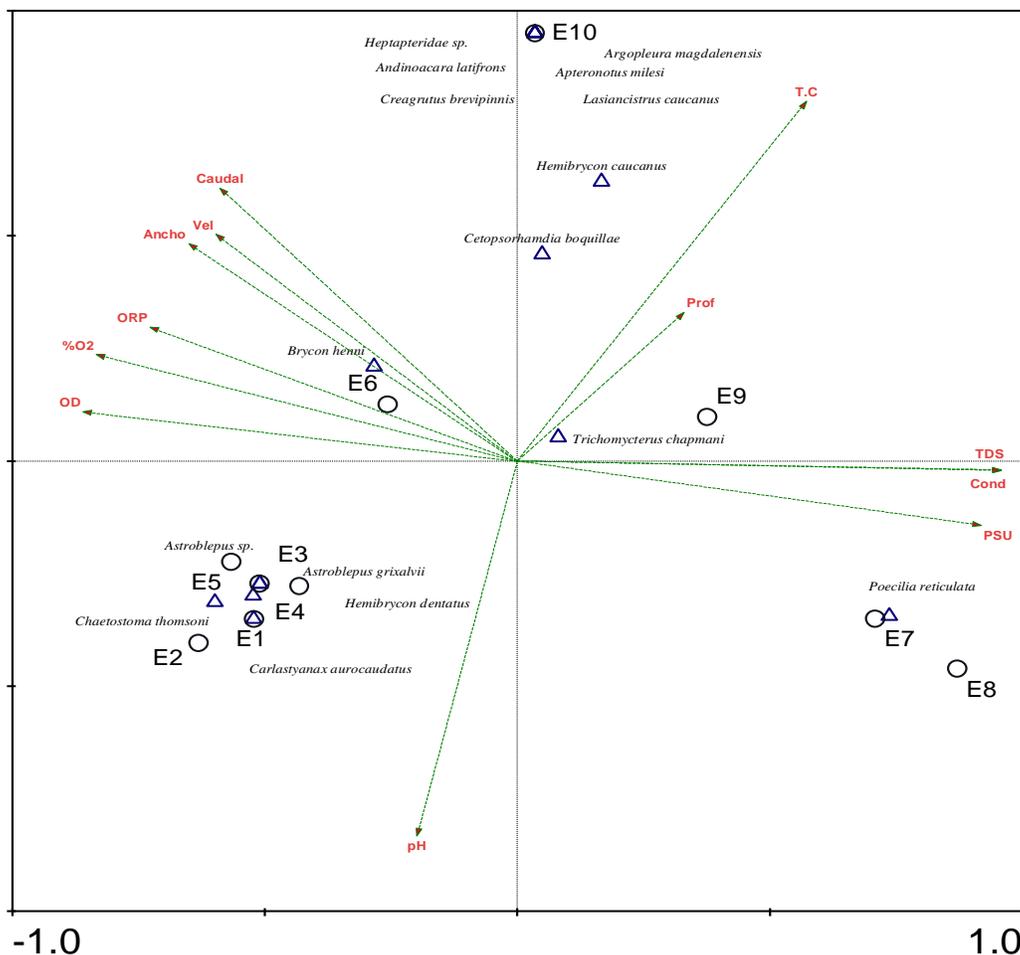


Figura 131. Análisis de correspondencia canónica de las especies y las variables físicas y químicas evaluadas en la Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), durante el segundo muestreo (altas lluvias) del año 2023. Fuente: Autores (2023).

Tabla 122. Parámetros físicos y químicos con efectos condicionantes de las estaciones en la Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados (Quebrada La Silenciosa, Quebrada Bambuco y Quebrada Mina Rica), durante el segundo muestreo (altas lluvias) del año 2023.

Variable	LambdaA (λ)	P-valor
Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	0.004	0.004
Temperatura	0.002	0.002
Solidos Disueltos Totales (TDS)	0.252	0.252
%O ₂	0.218	0.218
Ancho	0.196	0.196
Potencial REDOX (ORP)	0.394	0.394
Velocidad	0.374	0.374
pH	0.432	0.432
Oxígeno Disuelto	1	1

Fuente: Autores (2023).

1.11.4. Concusiones del estado de calidad hidrobiológica

1.11.4.1. Perifiton

La comunidad perifítica se caracterizó por su diversidad taxonómica, abarcando cinco (5) filos, siete (7) clases, 21 órdenes, 31 familias y 36 géneros. Se destacó la mayor densidad del grupo de las diatomeas (clase: Bacillariophyceae), un grupo cosmopolita, ampliamente diversificado y común en los ecosistemas dulceacuícolas. La riqueza taxonómica observada resalta la complejidad y la importancia de esta comunidad en la estructura de los sistemas acuáticos.

Se destaca la importancia de diversos factores, tales como la disponibilidad de sustratos, la cobertura arbórea, la disponibilidad de luz, la temperatura, la conductividad eléctrica y el pH. Aunque estos factores no exhibieron una influencia estadísticamente significativa, sí se identifica que desempeñan un papel modulador en la presencia y abundancia de algunos de los géneros mencionados en los resultados.

Los resultados obtenidos muestran que diversos elementos, como la altitud, la estructura de los cuerpos de agua y los factores fisicoquímicos asociados, desempeñaron un papel crucial en el patrón de agrupamiento observado en la diversidad beta de las estaciones evaluadas en la quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados.

Durante las intensas lluvias (M2), se observó una marcada disminución en la densidad de la comunidad perifítica. Este fenómeno se alinea con los patrones de comportamiento característicos de dicha comunidad, donde el aumento de factores como las precipitaciones y la velocidad de la corriente conduce al arrastre y pérdida de organismos. En este sentido, grupos más resistentes y con estrategias de adaptación eficaces o capacidad de colonización rápida, se mantienen de manera más estable en los ecosistemas acuáticos.

1.11.4.2. Macroinvertebrados acuáticos

La diversidad y estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la quebrada Buenavista y sus afluentes priorizados se caracterizaron por la presencia de 18 órdenes, 50 familias, 78 géneros y 15 morfos. Destacando los órdenes Diptera, Hemiptera y Trichoptera, cuya amplia distribución, diversificación y capacidad de adaptación los posicionaron como los componentes dominantes en esta comunidad. Estos resultados subrayan la importancia y prevalencia de estos órdenes en la quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados.

Durante el segundo muestreo, se observó una marcada disminución en la abundancia de los macroinvertebrados acuáticos, siendo la principal causa la reducción significativa de los sustratos disponibles para alimentación y refugio. Este fenómeno se atribuye principalmente al arrastre ocasionado por el incremento en las precipitaciones y el caudal, impactando en la estructura y abundancia de estos organismos en el sistema dulceacuicola.

En la estación E8, ubicada en la parte alta de la Quebrada Mina Rica, la gran abundancia del género *Chironomus* muestra una marcada reducción en los niveles de oxígeno. Esta disminución corresponde a un factor propicio para el predominio del género mencionado anteriormente, ya que este exhibe una mayor capacidad de tolerancia a las perturbaciones ambientales en comparación con otros grupos. Estos resultados resaltarían la importancia de *Chironomus* como un indicador relevante de la salud de los sistemas dulceacuícolas.

El índice BMWP/Col mostró una tendencia de disminución en la calidad del agua a medida que se desciende en altitud, a partir de la estación E6 (1339 m) se inician variaciones significativas en la calidad del agua. Es importante destacar que la estación E8 presenta una preocupante degradación, con posibles repercusiones negativas para la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y, en última instancia, para el ecosistema acuático en su conjunto. Este hallazgo resalta la importancia de abordar de manera eficaz los factores que contribuyen a la disminución de la calidad del agua en estas zonas.

1.11.4.3. Peces

En términos generales, la composición de la ictiofauna registrada sigue los patrones descritos para ecosistemas dulceacuícolas neotropicales. Durante el monitoreo se colectaron 1084 individuos distribuidos en cuatro órdenes, nueve familias y 18 especies, siendo los guppys (*Poeciliidae*) y las sardinas (*Characidae*) los grupos más abundantes.

Aunque se registró una pequeña fracción de la diversidad íctica reportada para la cuenca del Alto Río Cauca (18 de las 97 especies registradas: 18,6%), se destaca en el ensamblaje registrado, que es constituido en un 88.9% por especies endémicas de Colombia, la presencia de especies objeto de conservación, ya sea por su vulnerabilidad, biología o valor socioeconómico. Aquí se registró una especie (*Carlastyanax aurocaudatus*) en categoría de Casi Amenazada (NT), una especie con interés en pesca y dos con interés ornamental.

Se evidencia como algunas variables como la altitud o las dinámicas climáticas pueden influenciar los patrones de distribución, abundancia y diversidad de la ictiofauna. De forma general, estaciones como E10 (Quebrada Buenavista antes de la confluencia con el Río La Vieja), E6 (Quebrada Buenavista aguas abajo Quimbaya), E5 (Quebrada

Buenavista después de la confluencia con la Quebrada Armenia) y E9 (Quebrada Mina Rica), registraron altos-medios valores de diversidad y riqueza de especies. Estas estaciones poseen un mayor grado de magnitud y, además, presentan las menores altitudes de las estaciones evaluadas (1309-962 msnm), por lo tanto, pueden favorecer la disponibilidad de hábitat, conectividad entre diferentes áreas y no configuran restricciones fisiológicas que hábitats de mayor altitud representan para los peces.

En las estaciones E7 (Quebrada La Silenciosa) y E8 (Quebrada Mina Rica parte alta) se encontró un fuerte patrón de dominancia por parte de la especie trasplantada *Poecilia reticulata*, dicho patrón sugiere una mayor presión antrópica, como pérdida de cobertura vegetal y posible descarga de desechos agrícolas, favoreciendo grandes abundancias de esta especie, la cual puede presentar mayor tolerancia a dichas perturbaciones frente a las especies nativas. *Poecilia reticulata* ha sido relacionada como un indicador de baja abundancia y diversidad en peces nativos, y se ha planteado que tiene el potencial de desplazar a la ictiofauna nativa por competencia o propagación de enfermedades.

Las variables como Conductividad, Oxígeno disuelto y Temperatura fueron significativas en la estructuración de la comunidad de peces en los periodos evaluados. Particularmente, se evidenciaron altos valores de conductividad y bajos valores de oxígeno disuelto en las estaciones E7-E9, lo cual puede estar relacionado con una posible descarga de contaminantes en el agua, y a su vez, podría explicar el patrón de dominancia por parte de la especie trasplantada *P. reticulata* en dichas estaciones.

2. Fase Identificación de Usos Potenciales

En esta fase se realiza la identificación de los usos potenciales del recurso hídrico para los tramos en ordenamiento a partir de la información generada en la fase de diagnóstico. Esta fase involucra la implementación de herramientas de modelación matemática de calidad del agua, encuentros de socialización y participación, y elaboración de escenarios de calidad del agua; cuyo propósito es establecer que tramos en ordenamiento podrán o no recibir vertimientos, revisar y ajustar los objetivos de calidad del agua para alcanzar los usos deseados en concordancia con las medidas de regulación sobre el recurso hídrico, límites permisibles de cargas contaminantes vertidas y la identificación del grado de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.

Los tramos analizados corresponden a los cauces principales de las quebradas Buenavista, Bambuco, La Silenciosa y Mina Rica, cuyos usos potenciales fueron definidos a partir de la formulación de escenarios futuros de uso sostenible del recurso hídrico, siguiendo el esquema metodológico recomendado por la guía para el ordenamiento del recurso hídrico (MADS, 2018; Figura 132). En la sección “Demanda Hídrica” del capítulo de la fase Diagnóstico se presenta la proyección de la demanda de agua de acuerdo con las estimaciones realizadas a partir de la población actual y esperada para el mediano (año 2029) y largo plazo (2034). Se calibró un modelo de calidad del agua a partir de la información de calidad y cantidad disponible y estimada de vertedores, afluentes y de las corrientes objeto de ordenamiento (quebradas Buenavista, Bambuco, la Silenciosa y Mina Rica).

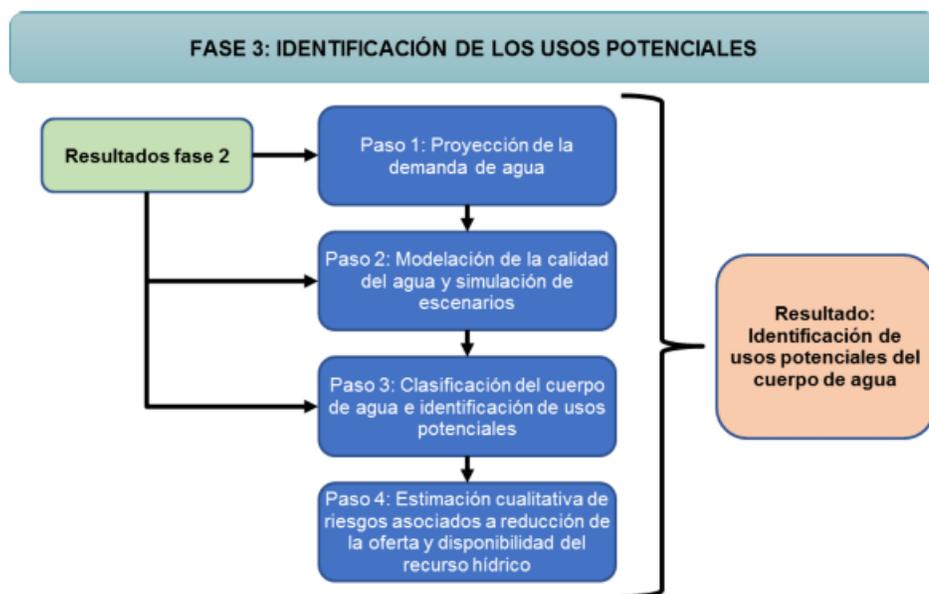


Figura 132. Enfoque metodológico para la identificación de usos potenciales (MADS, 2018)

Con base en los resultados de las simulaciones para los tramos objeto de ordenamiento y los criterios de calidad del agua definidos en decreto 1076 de 2015, se realizó la clasificación de los cuerpos de agua y la identificación de los usos potenciales. Consecuentemente, se formuló la estimación cualitativa de los riesgos asociados a la disponibilidad del recurso hídrico con relación a la calidad del agua.

Adicionalmente, los usos potenciales del recurso hídrico reflejan los resultados del análisis de las percepciones y conocimientos aportados por los actores en relación con los posibles usos potenciales para cada tramo, así como la formulación de acciones necesarias para alcanzarlos según sus saberes, experiencias y conocimiento del territorio. La sección 2.1 describe los resultados de dos (2) talleres participativos realizados con los actores relevantes y representativos sobre los usos potenciales del recurso hídrico. La implementación de la herramienta de modelación de la calidad del agua se presenta en la sección 2.2, en la sección 2.3 se evidencian los resultados de los diferentes escenarios de calidad del agua en las quebradas Buenavista, Bambuco, la Silenciosa y Mina Rica, la clasificación de los cuerpos de agua y los usos potenciales se relacionan en la sección 2.4. La revisión de los objetivos de calidad del agua se presenta en la sección 2.5, y finalmente, la definición de zonas de prohibición y estimación de riesgos se definen en la sección 2.6.

2.1. Componente de participación de actores en la definición de usos potenciales del recurso hídrico

Los ejercicios participativos para la identificación y análisis de usos potenciales del recurso hídrico de los tramos en ordenamiento se basaron en la aplicación de herramientas de trabajo comunitario, tendientes a proporcionar información para la fase de prospectiva sobre los escenarios futuros y deseados en la formulación del Plan de ordenamiento del Recurso Hídrico. Desde la perspectiva y conocimiento de los actores sobre las quebradas Buenavista, Bambuco, la Silenciosa y Mina Rica desde su rol institucional o comunitario, según el contexto de los tramos en cada municipio, las dinámicas de participación se presentaron de similar manera en un análisis cualitativo de los escenarios de uso del recurso hídrico.

2.1.1. Enfoque metodológico aplicado para la identificación participativa de usos potenciales del recurso hídricos

Siguiendo la ruta metodológica, en esta fase se implementó la socialización de los conflictos por el agua identificados y a partir de ello se diseñó y aplicaron herramientas participativas para la identificación de usos potenciales asociados al recurso hídrico, como insumo en la organización y formulación del Plan. El desarrollo metodológico comprendió los siguientes momentos:

- ❖ Socialización de problemáticas y conflictos por el agua de las quebradas Buenavista, Bambuco, la Silenciosa y Mina Rica, para establecer una contextualización del estado actual del recurso hídrico.
- ❖ Orientación sobre Decreto 1076 de 2015 en lo relacionado a la definición de aguas de uso público y aguas de dominio privado, al igual que las categorías de uso en el proceso de ordenamiento del recurso hídrico
- ❖ Ejercicio de trabajo colaborativo en espacios de participación para la identificación y análisis de usos potenciales del agua
- ❖ Socialización y retroalimentación del trabajo en equipo sobre las propuestas de usos potenciales.

2.1.1.1. Técnicas y herramientas implementadas

2.1.1.1.1. Ficha de recolección de Información sobre usos potenciales del agua

Para la identificación de los usos potenciales del agua se diseñó una herramienta de trabajo colectivo que permite identificar los usos potenciales del recurso hídrico por tramos en la quebrada Buenavista, argumentar y Justificar el tipo de uso propuesto y plantear acciones necesarias para alcanzar dicho tipo de uso. Este ejercicio facilitó el análisis y registro de información, construcción de conocimiento y trabajo colaborativo (Anexo: formato de ficha).

2.1.1.1.2. Trabajo Colaborativo

Esta es una técnica que facilitó la interacción entre los actores para el análisis tanto de conflictos como de propuestas para usos potenciales con base en la cartografía por tramos, en la cual se destacan 7 tramos desde su nacimiento en el predio Cajones del municipio de Filandia hasta la desembocadura en el río la Vieja en el municipio de Quimbaya.

2.1.1.1.3. Plenaria y socialización de propuestas por grupo

En esta actividad, los actores socializaron sus propuestas de usos por grupo y fueron complementadas y discutidas por los actores participantes en plenaria. La plenaria fue realizada como un ejercicio de socialización del trabajo de los equipos y fue enriquecida con las opiniones de los demás participantes, la plenaria visibiliza los puntos de coincidencia de los grupos de trabajo y las diferencias, este trabajo permitió conocer la información de los actores frente a los usos potenciales propuestos.

2.1.2. Usos potenciales identificados por los actores

Los encuentros participativos se desarrollaron como espacio de socialización del diagnóstico y como dialogo e interacción de los actores relevantes y representativos para la formulación de propuestas de usos potenciales del recurso hídricos para el

ordenamiento hídrico de la quebrada Buenavista y tributarios priorizados, estos actores son parte de la base local de contexto barrial y veredal principalmente, y de la representación de la institucionalidad municipal y departamental; es así como se realizaron dos (2) encuentros (1 por cada municipio. Filandia y Quimbaya).

A continuación, se presentan detalladamente las propuestas de los actores sobre los tipos de uso del recurso hídrico para los tramos objeto de ordenamiento, donde se describe la categoría propuesta, la justificación del uso y las acciones necesarias para alcanzar dicho tipo de uso:

Tabla 123. Descripción de usos potenciales propuestos por los actores *para el tramo 1*

Tramo 1		
Desde el nacimiento de la quebrada Buenavista hasta aguas arriba confluencia de la quebrada Bambuco		
<u>Categoría de Uso</u>	<u>Justificación del tipo de uso propuesto</u>	<u>Acciones necesarias para alcanzar dicho tipo de uso</u>
Consumo Humano y doméstico	Se encuentra la bocatoma de la quebrada Bambuco. Área de afloramientos, Oferta hídrica menos contaminada y rondas hídricas más protegidas. Abastece población rural y urbana, presenta condiciones de caudal apropiados de calidad aceptable. Gran cantidad de población demandan del recurso para satisfacer sus necesidades primarias	Evitar el uso recreativo Preservación de bosques y rondas hídricas, cerramiento y cercas para evitar paso de ganado. Regulación y control de las autoridades e instituciones manejo de áreas de restauración ecológica. Evitar construcciones, asentamientos humanos, actividades comerciales y agrícolas en los nacimientos Erradicar vertimientos. Uso y ahorro eficiente, manejo de fugas Sistemas de tratamiento de residuos agrícolas y pecuarios
Preservación de flora y fauna	Preexistencia de iniciativas de conservación Este tramo hace parte de un área protegida de propiedad del estado, el cual se encuentra conservado Propósitos de educación ambiental	Incluir en el POT programas de protección Reforestación, enriquecimiento de áreas y cerramiento de áreas de nacimientos, aumento de cobertura boscosa, monitoreo Incremento de áreas de conservación Implementación de corredores biológicos
Acuicultura	Preexistencia de cultivos de tilapia y cachama	Acompañamiento y control de Instituciones
Estético	Posibilidades de contemplación y apreciación de paisaje	Recuperación de áreas degradadas, recuperación de especies de flora en extinción, establecimiento de conectores biológicos

		Utilización del paisaje como elemento educativo, “Aulas vivas”
Agrícola	Se capta agua para distritos de riego a sistemas agrícolas	Planificación de uso del suelo rural, BPA, establecimiento de sistemas agroforestales
Pecuario	Se capta agua para sistemas pecuarios de ganadería bovina Porcícola y avícola presentes en la cuenca.	Sistemas silvopastoriles, Buenas prácticas ganaderas

Tabla 124. Descripción de usos potenciales propuestos por los actores *para el tramo 2*

Tramo 2 Desde el nacimiento de la quebrada Bambuco hasta la confluencia a la quebrada Buenavista		
Categoría de Uso	Justificación del tipo de uso propuesto	Acciones necesarias para alcanzar dicho tipo de uso
Consumo Humano y doméstico	Oferta hídrica y rondas hídricas más protegida, caudal conservado Existencia de cantidad de población que demandan del recurso para satisfacer sus necesidades primarias	Preservación de bosques y rondas hídricas, cerramiento y cercas para evitar paso de ganado. Regulación y control de las autoridades e instituciones manejo de áreas de restauración ecológica. Evitar construcciones, asentamientos humanos, actividades comerciales y agrícolas en los nacimientos Control y manejo de vertimientos. Sistemas de tratamiento de residuos agrícolas y pecuarios Manejo y mantenimiento de sistemas sépticos
Preservación de flora y fauna	Propósitos de educación ambiental. Existen áreas importantes de protección que albergan fauna y flora silvestre Senderismo	Educación ambiental Protección de rondas hídricas, previo estudio de tamaño predial en las riberas de los cauces. Implementación de corredores biológicos. Unidad de criterios para la planeación entre las instituciones.
Agrícola	Se capta agua para distritos de riego a sistemas agrícolas	Planificación de uso del suelo rural, BPA, establecimiento de sistemas agroforestales
Pecuario	Se capta agua para sistemas pecuarios de ganadería bovina Porcícola y avícola presentes en la cuenca.	Sistemas silvopastoriles, Buenas prácticas pecuarias Asistencia técnica Vigilancia y cumplimiento de la norma
Recreativo	Tramo tradicionalmente usado para paseo de olla y recreación	Acompañamiento y control de Instituciones Educación ambiental
Industrial	Posibilidades en la producción de alimentos para comercializar	Acompañamiento y control de Instituciones

Tabla 125. Descripción de usos potenciales propuestos por los actores para el tramo 3

Tramo 3		
Desde aguas debajo de la confluencia de la quebrada Bambuco hasta aguas arriba del casco urbano del municipio de Quimbaya		
<u>Categoría de Uso</u>	<u>Justificación del tipo de uso propuesto</u>	<u>Acciones necesarias para alcanzar dicho tipo de uso</u>
Consumo Humano y doméstico	Oferta hídrica, condiciones de cantidad del recurso. Crecimiento poblacional, demanda en aumento por actividades turísticas, existencia de sitios de captación	Preservación de bosques y rondas hídricas, cerramiento y cercas para evitar paso de ganado. Compromiso de entidades públicas y privadas (Municipio, CRQ, Ica, Salud) Control de vertimientos
Preservación de flora y fauna	Presencia de vida acuática en algunos tramos, peces. Senderismo	Educación ambiental Aumento de cobertura boscosa, monitoreo, implementación de programas de protección
Uso para pesca	Presencia de vida acuática en algunos tramos, peses. Aumento de caudal Fácil accesibilidad	Acompañamiento regulación y control de Instituciones, Regulación de esta actividad
Agrícola	Demanda de producción de alimentos, Suelos Agrícolas, oferta hídrica para sistemas productivos	Buenas prácticas agrícolas, restricción de ampliación de cultivos, asistencia técnica a propietarios Acompañamiento regulación y control de Instituciones.
Pecuario	Se capta agua para sistemas pecuarios de ganadería bovina Porcícola y avícola presentes en la cuenca.	Sistemas silvopastoriles, Buenas prácticas pecuarias Asistencia técnica Vigilancia y cumplimiento de la norma
Recreativo	Acceso al cauce del río. Tramo tradicionalmente usado para paseo de olla y recreación	establecer condiciones para este uso Acompañamiento y control de Instituciones

Tabla 126. Descripción de usos potenciales propuestos por los actores para el tramo 4

Tramo 4		
Desde aguas arriba del casco urbano de Quimbaya hasta aguas arriba de la confluencia a la quebrada la Silenciosa		
<u>Categoría de Uso</u>	<u>Justificación del tipo de uso propuesto</u>	<u>Acciones necesarias para alcanzar dicho tipo de uso</u>
Consumo Humano y doméstico	Oferta hídrica, condiciones de cantidad del recurso. Crecimiento poblacional, demanda en aumento por actividades turísticas, existencia de sitios de captación	Reforestación, preservación de bosques y rondas hídricas, Compromiso de entidades públicas y privadas (Municipio, CRQ, Ica, Salud) Control de vertimientos y contaminación por actividades urbanas.

Preservación de flora y fauna	Existen áreas de protección que albergan fauna y flora silvestre Senderismo	Educación ambiental Aumento de cobertura boscosa, monitoreo, implementación de programas de protección
Agrícola	Demanda de producción de alimentos, Suelos Agrícolas, oferta hídrica para sistemas productivos	Buenas prácticas agrícolas, restricción de ampliación de cultivos, asistencia técnica a propietarios Acompañamiento regulación y control de Instituciones.
Pecuario	Se capta agua para sistemas pecuarios de ganadería bovina Porcícola y avícola presentes en la cuenca.	Sistemas silvopastoriles, Buenas prácticas pecuarias Asistencia técnica Vigilancia y cumplimiento de la norma
Recreativo	Acceso al cauce del río. Tramo tradicionalmente usado para paseo de olla y recreación	establecer condiciones para este uso Acompañamiento y control de Instituciones

Tabla 127. Descripción de usos potenciales propuestos por los actores para el tramo 5

Tramo 5 Desde el nacimiento de la quebrada la Sopera hasta aguas arriba de la confluencia a la quebrada Buenavista		
Categoría de Uso	Justificación del tipo de uso propuesto	Acciones necesarias para alcanzar dicho tipo de uso
Consumo Humano y doméstico	Existencia de sitios de captación punto de bocatoma la Silenciosa Oferta hídrica, condiciones de cantidad del recurso. Crecimiento poblacional, demanda en aumento por actividades turísticas,	Reforestación, preservación de bosques y rondas hídricas, Compromiso de entidades públicas y privadas (Municipio, CRQ, Ica, Salud) Control de vertimientos Controles periódicos de la calidad del agua
Preservación de flora y fauna	Existen áreas de protección que albergan fauna y flora silvestre. Iniciativas de turismo sostenible Senderismo	Educación ambiental Aumento de cobertura boscosa, monitoreo, implementación de programas de protección Seguimiento a áreas protectoras en zonas turísticas
Agrícola	Presencia de vida acuática en algunos tramos, peses. Aumento de caudal Fácil accesibilidad	Acompañamiento regulación y control de Instituciones,
Pecuario	Se capta agua para sistemas pecuarios de ganadería bovina Porcícola y avícola presentes en la cuenca.	Sistemas silvopastoriles, Buenas prácticas pecuarias Asistencia técnica Vigilancia y cumplimiento de la norma
Recreativo	Acceso al cauce del río.	establecer condiciones para este uso

	Tramo tradicionalmente usado para paseo de olla y recreación	Acompañamiento y control de Instituciones
--	--	---

Tabla 128. Descripción de usos potenciales propuestos por los actores *para el tramo 6*

Tramo 6 desde nacimiento de la quebrada Mina rica hasta aguas arriba de la confluencia a la quebrada Buenavista		
<u>Categoría de Uso</u>	<u>Justificación del tipo de uso propuesto</u>	<u>Acciones necesarias para alcanzar dicho tipo de uso</u>
Consumo Humano y doméstico	Oferta hídrica, condiciones de cantidad del recurso. Crecimiento poblacional, demanda en aumento por actividades turísticas, captación de agua	Reforestación, preservación de bosques y rondas hídricas, Compromiso de entidades públicas y privadas (Municipio, CRQ. Ica, Salud) Control de vertimientos
Preservación de flora y fauna	Existen áreas de protección que albergan fauna y flora silvestre Iniciativas de turismo sostenible Senderismo	Educación ambiental Aumento de cobertura boscosa, monitoreo, implementación de programas de protección. Seguimiento a áreas protectoras en zonas turísticas
Agrícola	Condiciones socioeconómicas de la zona tradicionalmente han sido agropecuarias	Implementación de Buenas prácticas agrícolas, alternativas de agricultura sostenible, limitar y reglamentar el uso del suelo,
Pecuario	Se capta agua para sistemas pecuarios de ganadería bovina Porcícola y avícola presentes en la cuenca.	Sistemas silvopastoriles, Buenas prácticas pecuarias Asistencia técnica Vigilancia y cumplimiento de la norma
Recreativo	Acceso al cauce del río. Tramo tradicionalmente usado para paseo de olla y recreación	establecer condiciones para este uso Acompañamiento y control de Instituciones

Tabla 129. Descripción de usos potenciales propuestos por los actores *para el tramo 7*

Tramo 7 Desde aguas abajo de la confluencia de la quebrada la Silenciosa hasta aguas arriba de la confluencia en el río La Vieja		
<u>Categoría de Uso</u>	<u>Justificación del tipo de uso propuesto</u>	<u>Acciones necesarias para alcanzar dicho tipo de uso</u>
Consumo Humano y doméstico	Oferta hídrica, condiciones de cantidad del recurso. Crecimiento poblacional, demanda en aumento por	Reforestación, preservación de bosques y rondas hídricas, Compromiso de entidades públicas y privadas (Municipio, CRQ. Ica, Salud) Control de vertimientos

	actividades turísticas, captación de agua	
Preservación de flora y fauna	Existen áreas de protección que albergan fauna y flora silvestre Iniciativas de turismo sostenible Senderismo	Educación ambiental Aumento de cobertura boscosa, monitoreo, implementación de programas de protección Seguimiento a áreas protectoras en zonas turísticas
Pesca	Dinámica cultural de la pesca Presencia de vida acuática en algunos tramos, peses. Aumento de caudal Fácil accesibilidad	Promover la piscicultura en esta área, como alternativa productiva y de uso del recurso Acompañamiento regulación y control de Instituciones, Regulación de esta actividad
Agrícola	Condiciones socioeconómicas de la zona tradicionalmente han sido agropecuarias	Implementación de Buenas prácticas agrícolas, alternativas de agricultura sostenible, limitar y reglamentar el uso del suelo
Pecuario	Se capta agua para sistemas pecuarios de ganadería bovina Porcícola y avícola presentes en la cuenca.	Sistemas silvopastoriles, Buenas prácticas pecuarias Asistencia técnica Vigilancia y cumplimiento de la norma
Recreativo	Acceso al cauce del río. Tramo tradicionalmente usado para paseo de olla y recreación	establecer condiciones para este uso Acompañamiento y control de Instituciones
Industrial	Posibilidades en la producción de alimentos y otros productos manufacturados para comercializar	Acompañamiento y control de Instituciones
Estético	Posibilidades de contemplación y apreciación de paisaje	Delimitar la capacidad de carga y condiciones de uso y control de residuos sólidos por actividades turísticas Utilización del paisaje como elemento educativo, "Aulas vivas"

2.1.2.1. Escenario prospectivo participativo del recurso hídrico

El planteamiento general del método prospectivo, parte de tres visiones principales que surgen de los siguientes interrogantes: ¿cómo podría ser?, ¿cómo deseáramos que fuese? Y ¿qué debemos y podemos hacer hoy para lograr el futuro deseado? (miklos y tello, 2012).

Para alcanzar estos escenarios con la participación de los actores se construyen los espacios prospectivos a partir de los resultados del diagnóstico y bajo la metodología de trabajo con imágenes presentes y futuras de la cuenca aplicando la técnica

denominada “Diagnostico-pronóstico”, que consiste en configurar la imagen futura de la cuenca, a partir del análisis del mapa presente, elaborado con cartografía social en la fase de diagnóstico, insumo base para plantear probabilidades de sucesos en las fuentes hídricas priorizadas.

Los actores tomaron como base el escenario tendencial a partir de las categorías de análisis y variables resultantes del análisis del estado actual de los problemas y conflictos por el agua identificados en el diagnóstico para la construcción de escenarios deseados y establecer el mapa de futuro deseado y proponer a que se debe apostar en la formulación del Plan, planteando de forma básica las alternativas de manejo posible.

Los actores, bajo la contextualización de los conflictos y en el marco de la identificación de usos potenciales del recurso construyeron con un lenguaje común una visión del estado actual de las quebradas Buenavista, Bambuco, la Silenciosa y Mina Rica, el cual les ha permitido llegar a acuerdos fácilmente, con sus propias conversaciones se convierten en protagonistas en el proceso de planificación de su territorio.

Al detallar los cuerpos de agua por tramos de ordenamiento y por municipio marcó una incidencia en el planteamiento de usos, referente al conocimiento de esas áreas según las condiciones y experiencias de cada actor, por razones de condiciones del recurso, no se contempló en ningún tramo uso de navegación o transporte. Como resultado el tramo 7 tiene todas las posibilidades de uso excepto la mencionada.

Debido al tamaño de la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista y por la similitud de dinámicas socioeconómicas en dicha área se repiten en frecuencia y descripción las categorías de usos propuestas por los actores para los tramos objeto de ordenamiento. Es decir, casi en todos los tramos los usos son los mismos excepto el tramo 1 y el tramo 7.

Los participantes manifiestan una actitud muy esperanzadora con respecto al manejo que se debe dar al recurso, sensación planteada en los análisis y plenarios, en las cuales consideran importante continuar con los ejercicios de ordenamiento e implementación del plan, Sin embargo, preocupa a los participantes la escasa capacidad institucional y de continuidad en los procesos para responder a las demandas y a los conflictos detectados.

2.2. Implementación del modelo de calidad del agua

Esta sección tiene como fin definir el comportamiento más probable de los cuerpos de agua en términos de su capacidad de asimilación y autodepuración bajo diferentes escenarios de caudal y carga contaminante en los tramos, tributarios y vertimientos. Para ello, se implementaron cuatro (4) modelos de calidad del agua, un para la quebrada Buenavista, uno para la quebrada Bambuco, uno para la quebrada la Silenciosa y uno para la quebrada Mina Rica. Con su aplicación, se analizó la capacidad de asimilación de cargas y se implementaron las simulaciones de escenarios que orienten la toma de decisiones a mediano y largo plazo.

2.2.1. Información Hidrológica de entrada al modelo de calidad del agua

Los caudales requeridos en la simulación de los escenarios de calidad del agua fueron calculados a partir de los resultados de modelación hidrológica continua a escala diaria presentados en la fase de diagnóstico del PORH (sección 1.6).

2.2.2. Componente Hidráulico en la modelación de calidad del agua

La implementación de los modelos de calidad del agua requiere obtener las curvas que permiten predecir la velocidad y la profundidad del flujo en las secciones de control que definen los puntos de interés en la modelación.

La modelación hidráulica fue implementada en el software HEC-RAS v. 6.5 (USACE, 2024). La información de entrada al modelo hidráulico corresponde a la geometría hidráulica, velocidad del flujo y pendiente longitudinal del lecho del cauce en las secciones transversales de control, su proceso de implementación abordó los siguientes procedimientos:

Abscisado: A partir de la ubicación de los puntos de control se calculó la distancia entre estos y el punto de cierre de cada tramo de modelación, con base en el modelo digital de elevación se definieron las elevaciones de cada punto y las pendientes topográficas longitudinales.

Ingreso de las secciones transversales: La información topobatemétrica obtenida en los aforos de caudal se ingresó en el componente de datos geométricos del modelo.

Calibración del modelo: Se configuró una modelación en estado estable y se calibraron los coeficientes de Manning para obtener representaciones consistentes de las velocidades y profundidades observadas en campo. Para ello, se definió iterativamente el valor del coeficiente n de Manning hasta que las profundidades del agua simuladas en las secciones de aforo fuesen aproximadamente iguales a las observadas en las condiciones del caudal aforado. En el modelo se consideró una

pendiente longitudinal obtenida a partir del modelo de elevación digital. La condición de frontera establecida aguas abajo fue de flujo uniforme y profundidad normal, definiendo la pendiente de aguas arriba y al final de cada uno de los cuerpos de agua objeto de estudio.

Simulaciones: una vez calibrado el modelo, se procedió a realizar escenarios de simulación en estado estable. Se definieron una serie de caudales para cada sección transversal analizada, tomando como criterio cubrir valores menores y mayores al valor de caudal observado en las campañas de monitoreo. De esta forma se obtuvo las relaciones potenciales de velocidad vs caudal, y profundidad vs caudal, las cuales se ajustaron a las siguientes ecuaciones potenciales:

$$H = aQ^b$$

$$U = \alpha Q^\beta$$

Donde, H es la profundidad media del flujo en la sección transversal, U es la velocidad media del flujo, Q es el caudal, a, b, α y β son coeficientes de ajuste.

2.2.2.1. Componente hidráulico en la quebrada Buenavista

2.2.2.1.1. Abscisado de la quebrada Buenavista

El kilómetro 0.000 corresponde al punto de desembocadura de la quebrada Buenavista en el río La Vieja, las distancias se incrementan hacia aguas arriba llegando hasta los 36.455 km en la estación BUE-01 (Figura 133). La Tabla 130 presenta el abscisado para la quebrada Buenavista en el que se incluyen estaciones de monitoreo, confluencias de afluentes principales, vertimientos y demás puntos de control de cantidad y calidad del agua.

Tabla 130. Abscisado del modelo hidráulico en la quebrada Buenavista

Punto de Control	Abscisa (km)	Diferencia (km)	Elevación (msnm)	Caudal (m ³ /s)
BUE-01	36.455	4.927	1760	0.017
Quebrada Agua Bonita	31.528	3.515	1538	0.0226
Quebrada Bambuco	28.013	3.267	1445	0.26712
BUE-02	24.746	1.412	1382	0.23063
Quebrada La Arenosa	23.334	1.924	1340	0.0028
Quebrada Armenia	21.41	0.639	1309	0.22714
BUE-03	20.771	4.557	1287	0.4563
BUE-04	16.214	1.378	1238	0.51611
Quebrada Agua Sucia	14.836	12.222	1235	0.0235
Quebrada La Silenciosa	2.614	0.453	1011	0.1097
Quebrada Mina Rica	2.161	2.066	997	0.09875
BUE-05	0.095	0.095	969	0.82454
BUE-F	0.000	0.000	967	0.82454

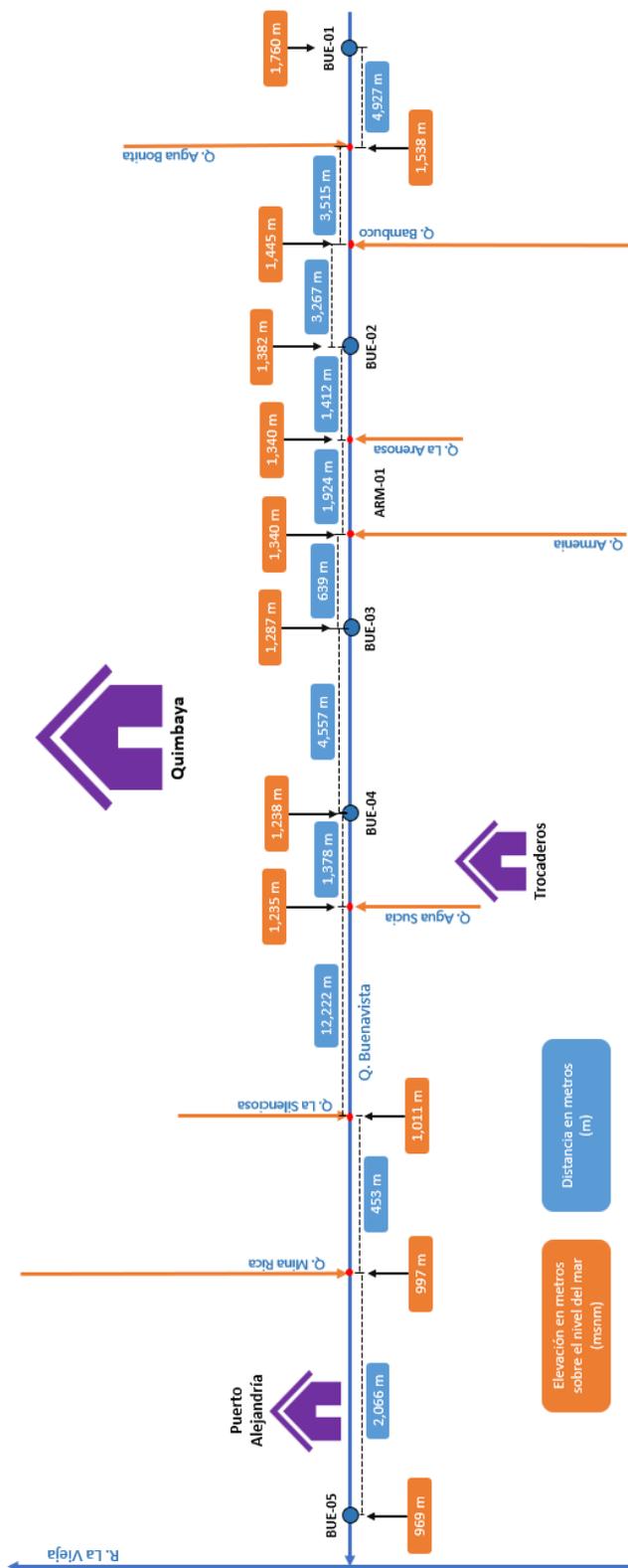


Figura 133. Esquema conceptual del absicado en el cauce principal de la quebrada Buenavista

2.2.2.1.2. Calibración del modelo hidráulico de la quebrada Buenavista

La información de caudales de entrada correspondió a cinco (5) secciones de aforo obtenidas durante las campañas de muestreo de calidad del agua en la quebrada Buenavista el día 27 de septiembre de 2023 (época seca) y 17 de diciembre de 2023 (época húmeda), las cuales se distribuyen en el tramo de estudio desde la parte alta hasta aguas arriba de su desembocadura en el río La Vieja.

Definición del tramo: se definió un tramo de 36.45 km, iniciando en la desembocadura de la quebrada Buenavista en el río La Vieja (Km 0.000), seguido por la estación BUE-05, localizada 95 m aguas arriba, seguida por la estación BUE-04 (aguas abajo del centro poblado de Quimbaya), BUE-03 (aguas arriba del centro poblado de Quimbaya), BUE-02 (aguas arriba de la bocatoma municipal de Quimbaya) y BUE-01, ubicada en la parte alta de la unidad hidrográfica aguas arriba de la bocatoma del acueducto regional Filandia.

Geometría de las secciones: Las secciones transversales medidas (BUE-01 a BUE-05) fueron ingresadas al modelo hidráulico HEC-RAS en el componente Geometry Data.

Calibración del modelo hidráulico: el coeficiente de rugosidad (n de Manning) se modificó de forma iterativa para obtener una representación aproximada de la profundidad medida en campo para la época seca (Figura 134). Los valores obtenidos se encuentran en el rango entre 0.05 y 0.2 siendo consistentes con los reportados en literatura para condiciones de cauces naturales (Ven te Chow, 1994).

En la (Figura 135) se presentan las curvas de calibración obtenidas para su ingreso en el modelo de calidad del agua Qual2k, con los respectivos valores de los coeficientes indicados en la (Tabla 131).

Tabla 131. Coeficientes de curvas potenciales caudal-velocidad y caudal-profundidad para el tramo de estudio en la quebrada Buenavista

Estación	Velocidad		Profundidad	
	a	b	a	b
BUE-01	0.5228	0.3744	0.3353	0.3909
BUE-02	0.4994	0.3495	0.3749	0.4879
BUE-03	0.2668	0.3641	0.361	0.5098
BUE-04	0.4318	0.4022	0.3076	0.5687
BUE-05	0.353	0.376	0.3445	0.5384

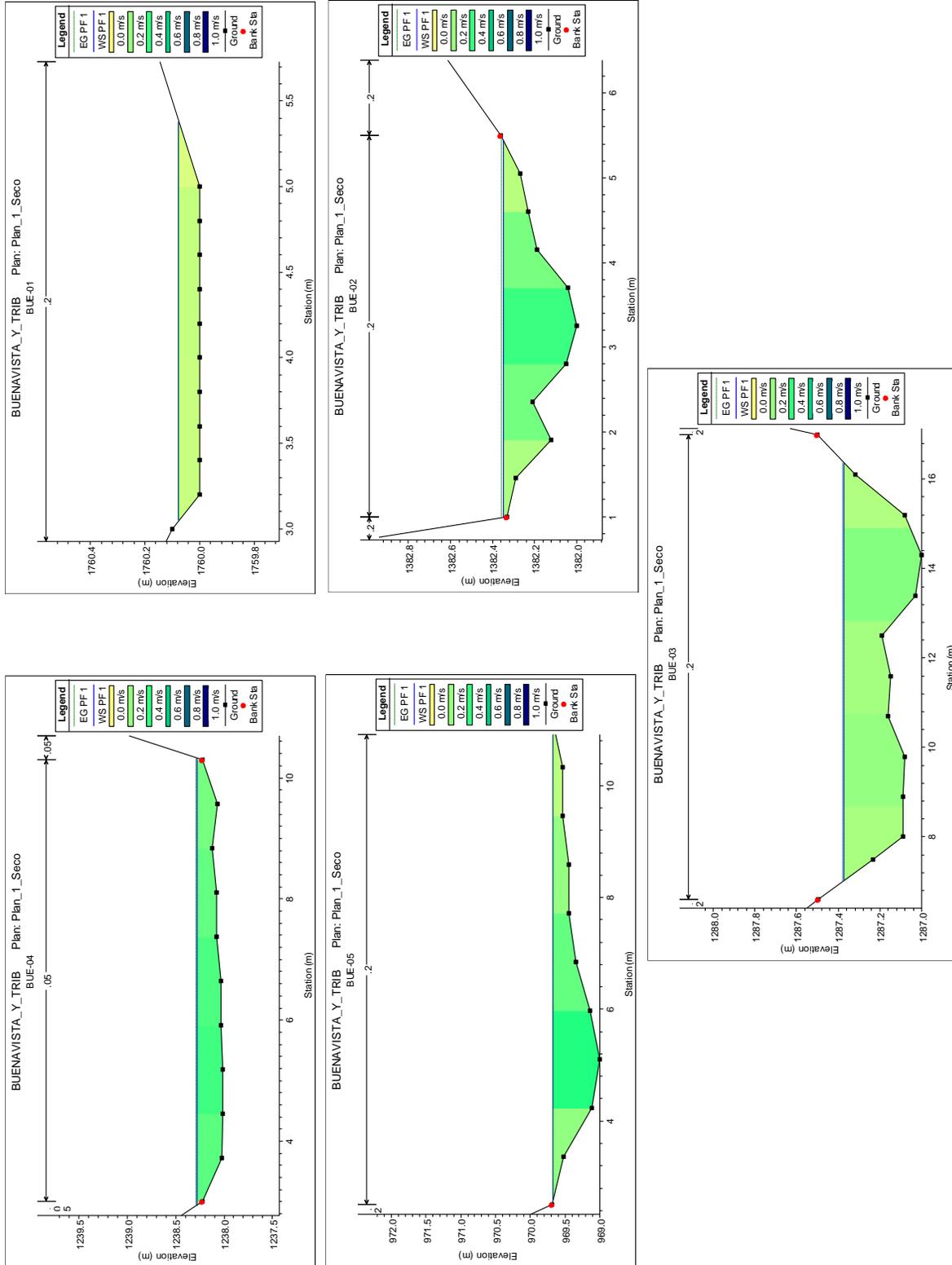
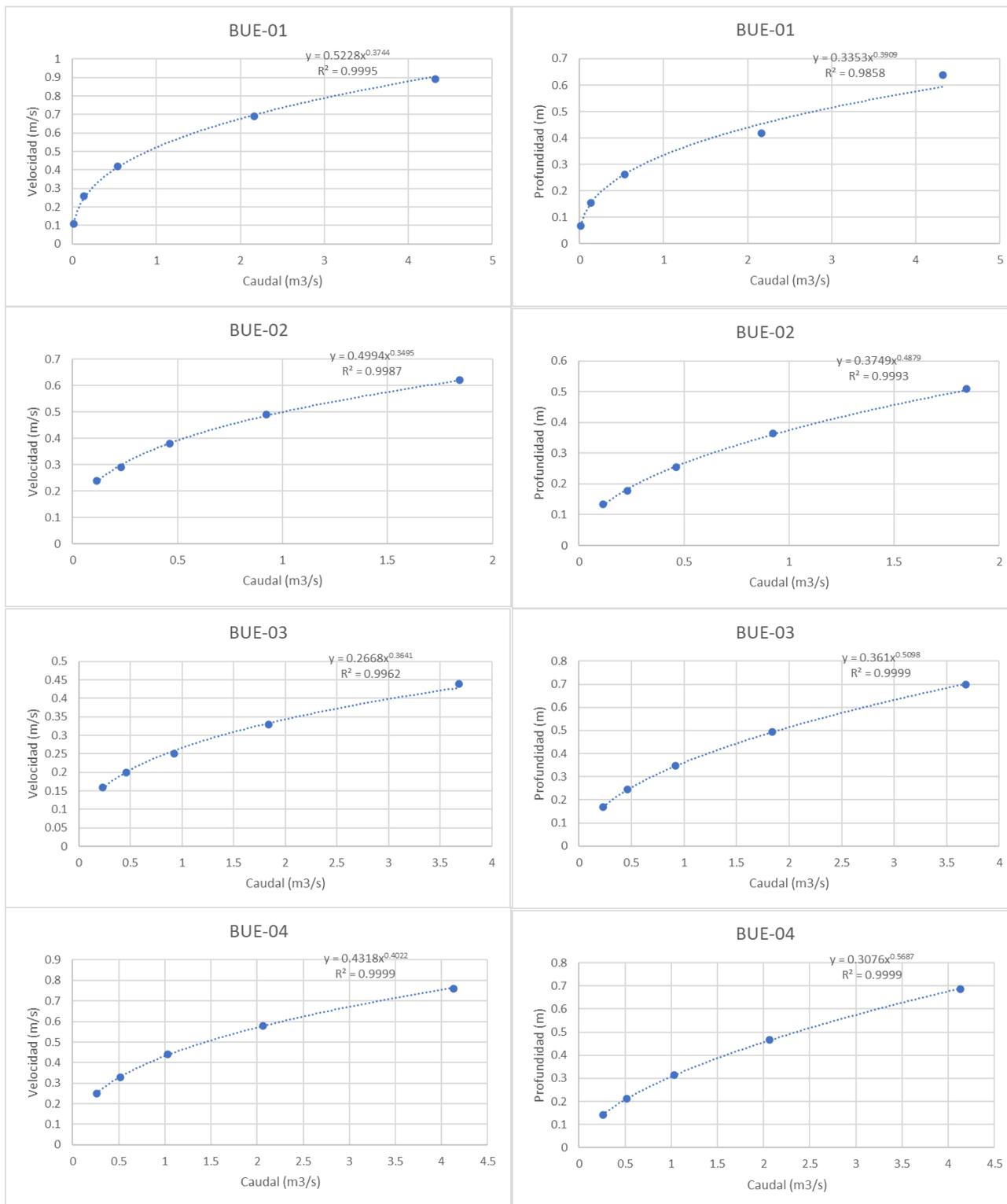


Figura 134. Ajuste del nivel observado en las estaciones de monitoreo de la quebrada Buenavista (época seca)



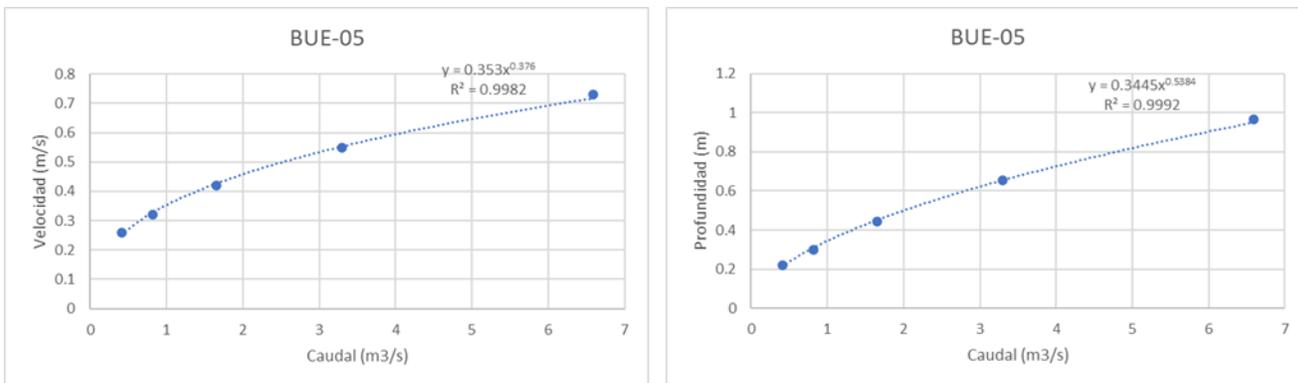


Figura 135. Curvas de calibración caudal-velocidad y caudal-profundidad para el tramo de estudio en la quebrada Buenavista

2.2.2.2. Componente hidráulico en la quebrada Bambugo

2.2.2.2.1. Abscisado de la quebrada Bambugo

El kilómetro 0.000 corresponde al punto de desembocadura de la quebrada Bambugo en la quebrada Buenavista, las distancias se incrementan hacia aguas arriba llegando hasta los 8.511 km en la estación BAM-01 (Figura 136). La Tabla 132 presenta el abscisado para la quebrada Bambugo en el que se incluyen estaciones de monitoreo, confluencias de afluentes principales, vertimientos y demás puntos de control de cantidad y calidad del agua.

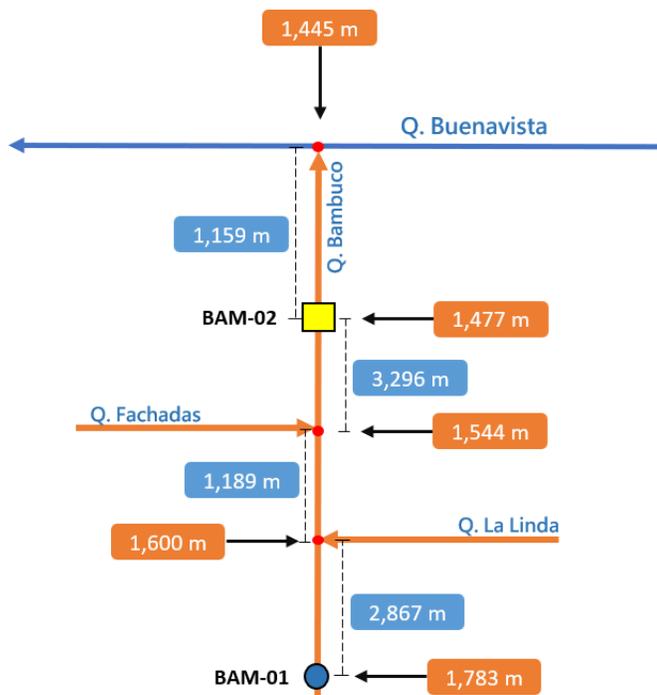


Figura 136. Esquema conceptual del abscisado en el cauce principal de la quebrada Bambugo

Tabla 132. Abscisado del modelo hidráulico en la quebrada Bambuco

Punto de Control	Abscisa (km)	Diferencia (km)	Elevación (msnm)	Caudal (m ³ /s)
BAM-01	8.511	2.867	1783	0.00067
Quebrada La Linda	5.644	1.189	1600	0.0023
Quebrada Fachadas	4.455	3.296	1544	0.0215
BAM-02	1.159	1.159	1477	0.26712
BAM-F	0	0	1445	0.26712

2.2.2.2.2. Calibración del modelo hidráulico de la quebrada Bambuco

La información de caudales de entrada correspondió a dos (2) secciones de aforo obtenidas durante las campañas de muestreo de calidad del agua en la quebrada Bambuco el día 27 de septiembre de 2023 (época seca) y 17 de diciembre de 2023 (época húmeda), las cuales se distribuyen en el tramo de estudio desde la parte alta hasta aguas arriba de su desembocadura en la quebrada Buenavista.

Definición del tramo: se definió un tramo de 8.511 km, iniciando en la desembocadura de la quebrada Bambuco en la quebrada Buenavista (Km 0.000), seguido por la estación BAM-02, localizada 1159 m aguas arriba, seguida por la estación BAM-01, ubicada en la parte alta de la unidad hidrográfica aguas arriba de la bocatoma del acueducto regional Filandia.

Geometría de las secciones: Las secciones transversales medidas (BAM-01 y BAM-02) fueron ingresadas al modelo hidráulico HEC-RAS en el componente Geometry Data.

Calibración del modelo hidráulico: el coeficiente de rugosidad (n de Manning) se modificó de forma iterativa para obtener una representación aproximada de la profundidad medida en campo para la época seca (*Figura 137*). Los valores obtenidos se encuentran en el rango entre 0.013 y 0.2 siendo consistentes con los reportados en literatura para condiciones de cauces naturales (Ven te Chow, 1994). En la (*Figura 138*) se presentan las curvas de calibración obtenidas para su ingreso en el modelo de calidad del agua Qual2k, con los respectivos valores de los coeficientes indicados en la (*Tabla 133*).

Tabla 133. Coeficientes de curvas potenciales caudal-velocidad y caudal-profundidad para el tramo de estudio en la quebrada Bambuco

Estación	Velocidad		Profundidad	
	a	b	a	b
BAM-01	0.8861	0.476	0.3884	0.5003
BAM-02	1.5475	0.2794	0.1875	0.4502

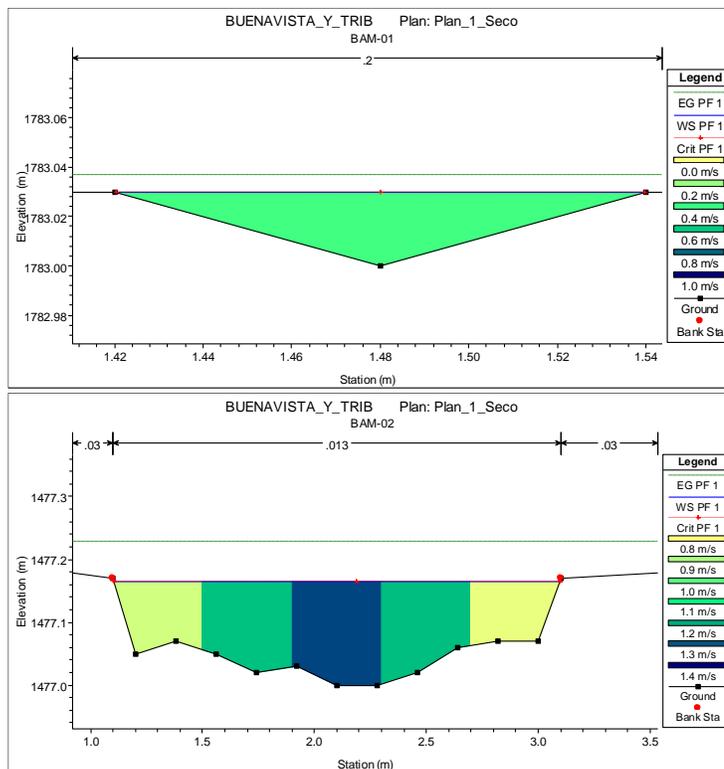


Figura 137. Ajuste del nivel observado en las estaciones de la quebrada Bamboco (época seca)

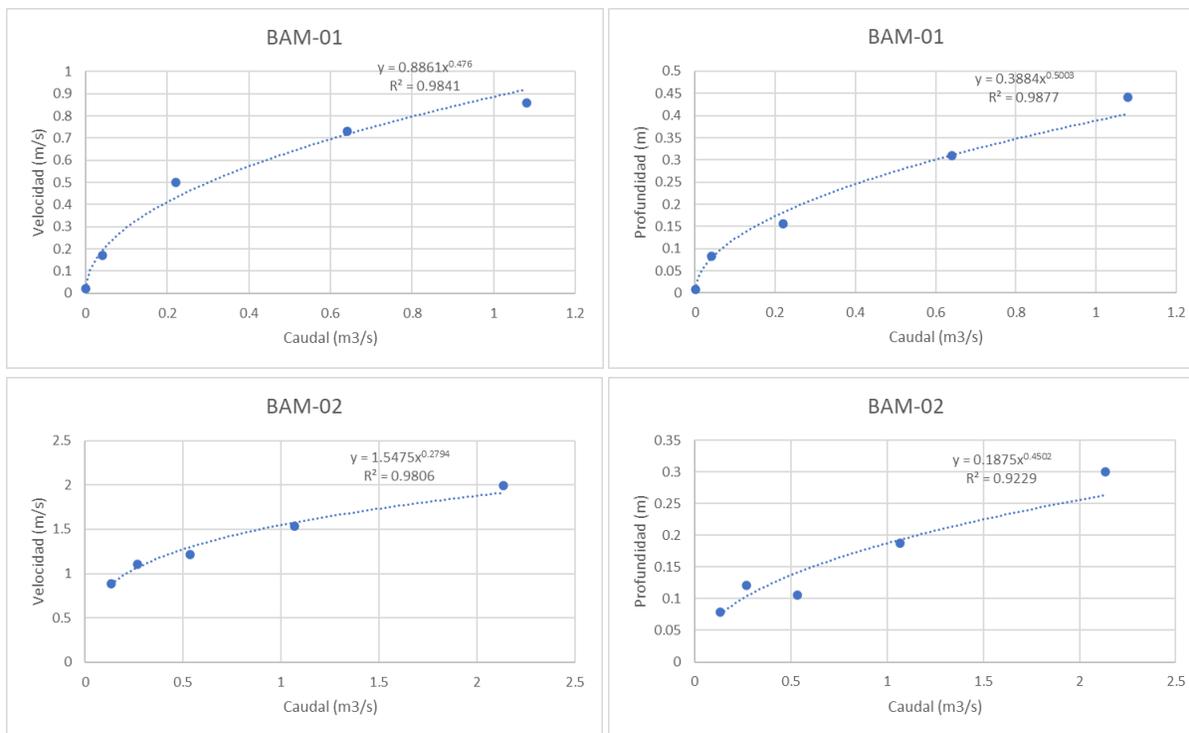


Figura 138. Curvas de calibración caudal-velocidad y caudal-profundidad para el tramo de estudio en la quebrada Bamboco

2.2.2.3. Componente hidráulico en la quebrada la Silenciosa

2.2.2.3.1. Abscisado de la quebrada la Silenciosa

El kilómetro 0.000 corresponde al punto de desembocadura de la quebrada la Silenciosa en la quebrada Buenavista, las distancias se incrementan hacia aguas arriba llegando hasta los 3.269 km en la estación SIL-01 (Figura 139). La Tabla 134 presenta el abscisado para la quebrada la Silenciosa en el que se incluyen estaciones de monitoreo, confluencias de afluentes principales, vertimientos y demás puntos de control de cantidad y calidad del agua.

Tabla 134. Abscisado del modelo hidráulico en la quebrada la Silenciosa

Punto de Control	Abscisa (km)	Diferencia (km)	Elevación (msnm)	Caudal (m3/s)
SIL-01	3.269	0.575	1138	0.0439
SIL-02	2.694	1.072	1122	0.05193
SIL-03	1.622	1.043	1115	0.03313
Quebrada Belén	0.579	0.579	1111	0.0514
SIL-F	0	0	1011	0.1097

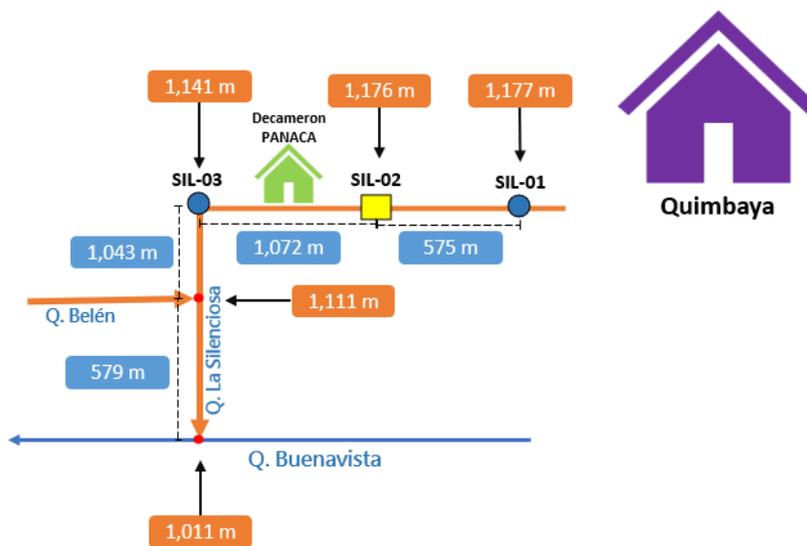


Figura 139. Esquema conceptual del abscisado en el cauce principal de la quebrada la Silenciosa

2.2.2.3.2. Calibración del modelo hidráulico de la quebrada la Silenciosa

La información de caudales de entrada correspondió a tres (3) secciones de aforo obtenidas durante las campañas de muestreo de calidad del agua en la quebrada la

Silenciosa el día 29 de septiembre de 2023 (época seca) y 19 de diciembre de 2023 (época húmeda), las cuales se distribuyen en el tramo de estudio desde la parte alta hasta aguas arriba de su desembocadura en la quebrada Buenavista.

Definición del tramo: se definió un tramo de 3.269 km, iniciando en la desembocadura de la quebrada la Silenciosa en la quebrada Buenavista (Km 0.000), seguido por la estación SIL-03, localizada 1622 m aguas arriba, seguida por la estación SIL-02 (en el kilómetro K0 + 2.694) y finalizando en la estación SIL-01, ubicada en la parte alta de la unidad hidrográfica.

Geometría de las secciones: Las secciones transversales medidas (SIL-01 a SIL-03) fueron ingresadas al modelo hidráulico HEC-RAS en el componente Geometry Data.

Calibración del modelo hidráulico: el coeficiente de rugosidad (n de Manning) se modificó de forma iterativa para obtener una representación aproximada de la profundidad medida en campo para la época seca (Figura 140). Los valores obtenidos equivalen a 0.052 y son consistentes con los reportados en literatura para condiciones de cauces naturales (Ven te Chow, 1994).

En la (Figura 141) se presentan las curvas de calibración obtenidas para su ingreso en el modelo de calidad del agua Qual2k, con los respectivos valores de los coeficientes indicados en la (Tabla 135).

Tabla 135. Coeficientes de curvas potenciales caudal-velocidad y caudal-profundidad para el tramo de estudio en la quebrada La Silenciosa

Estación	Velocidad		Profundidad	
	a	b	a	b
SIL-01	0.4753	0.2869	0.5756	0.4879
SIL-02	1.5024	0.2163	0.273	0.4298
SIL-03	1.0372	0.2808	0.2307	0.359

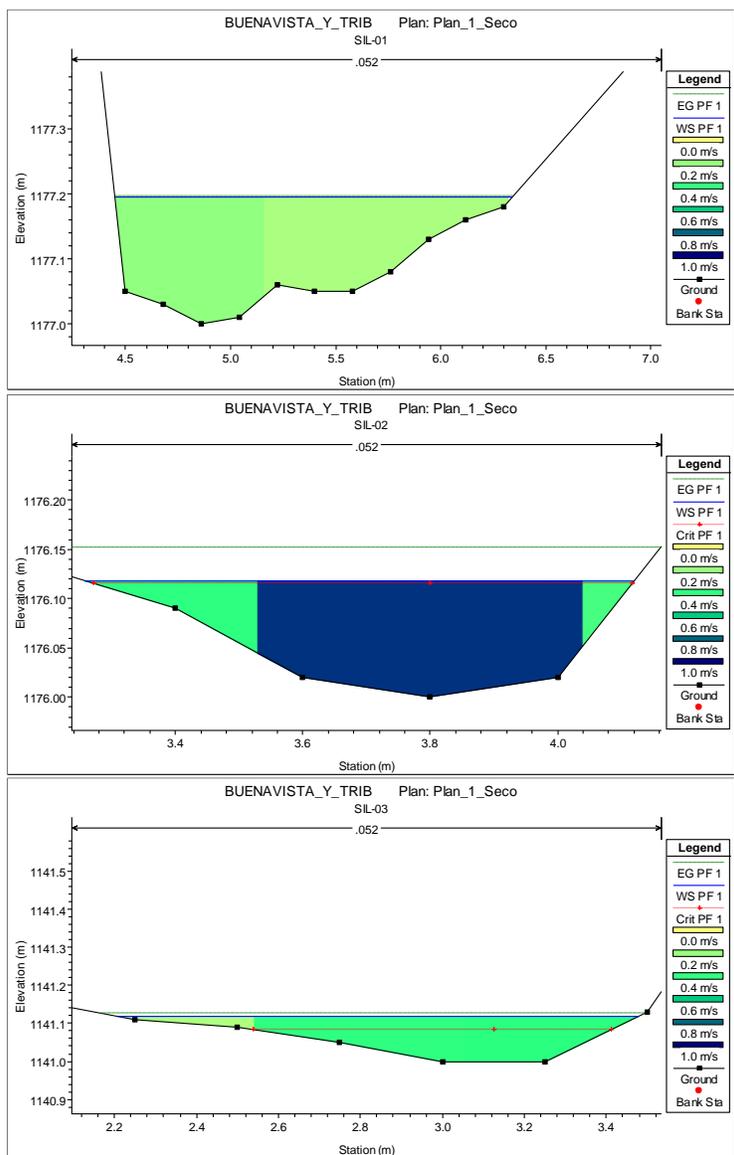


Figura 140. Ajuste del nivel observado en las estaciones de monitoreo de la quebrada La Silenciosa (época seca)

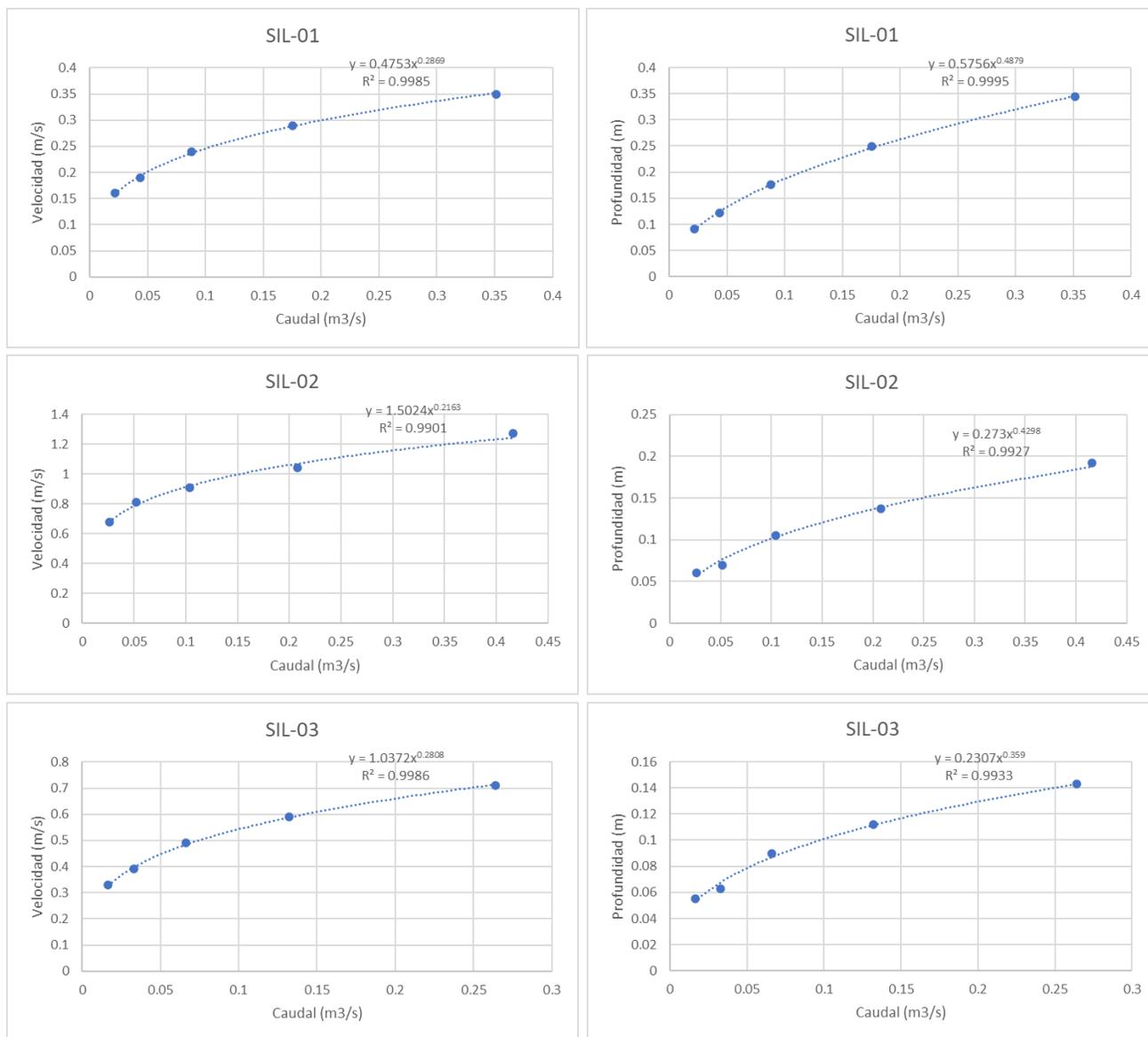


Figura 141. Curvas de calibración caudal-velocidad y caudal-profundidad para el tramo de estudio en la quebrada La Silenciosa

2.2.2.4. Componente hidráulico en la quebrada Mina Rica

2.2.2.4.1. Abscisado de la quebrada Mina Rica

El kilómetro 0.000 corresponde al punto de desembocadura de la quebrada Mina Rica en la quebrada Buenavista, las distancias se incrementan hacia aguas arriba llegando hasta los 8.5 km en la estación MR-01 (Figura 142). La Tabla 136 presenta el abscisado para la quebrada Mina Rica en el que se incluyen estaciones de monitoreo, confluencias

de afluentes principales, vertimientos y demás puntos de control de cantidad y calidad del agua.

Tabla 136. Abscisado del modelo hidráulico en la quebrada Mina Rica

Punto de Control	Abscisa (km)	Diferencia (km)	Elevación (msnm)	Caudal (m ³ /s)
MR-01	8.5	4.075	1224	0.06026
MR-02	4.425	4.425	1180	0.09875
MR-F	0	0	997	0.09875

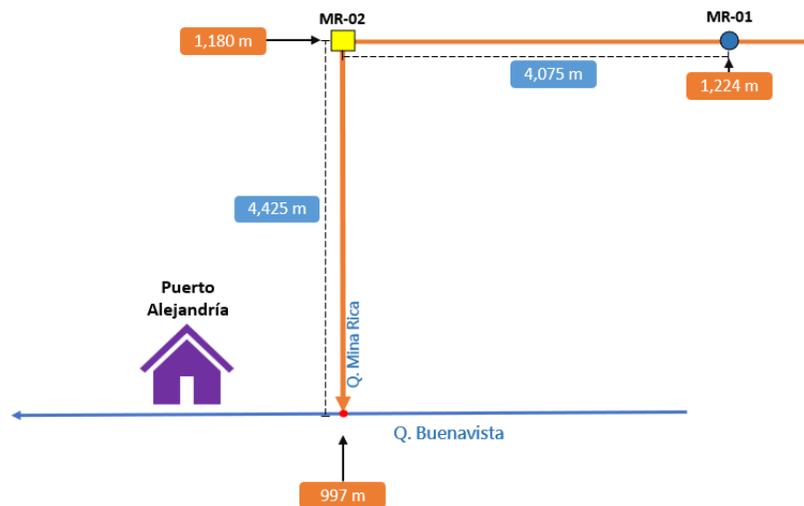


Figura 142. Esquema conceptual del abscisado en el cauce principal de la quebrada Mina Rica

2.2.2.4.2. Calibración del modelo hidráulico de la quebrada Mina Rica

La información de caudales de entrada correspondió a dos (2) secciones de aforo obtenidas durante las campañas de muestreo de calidad del agua en la quebrada Mina Rica el día 1 de octubre de 2023 (época seca) y 17 de diciembre de 2023 (época húmeda), las cuales se distribuyen en el tramo de estudio desde la parte alta hasta aguas arriba de su desembocadura en la quebrada Buenavista.

Definición del tramo: se definió un tramo de 8.5 km, iniciando en la desembocadura de la quebrada Mina Rica en la quebrada Buenavista (Km 0.000), seguido por la estación MR-02, localizada 4425 m aguas arriba, seguida por la estación MR-01, ubicada en la parte alta de la unidad hidrográfica.

Geometría de las secciones: Las secciones transversales medidas (MR-01 y MR-02) fueron ingresadas al modelo hidráulico HEC-RAS en el componente Geometry Data.

Calibración del modelo hidráulico: el coeficiente de rugosidad (n de Manning) se modificó de forma iterativa para obtener una representación aproximada de la profundidad medida en campo para la época seca (Figura 143). Los valores obtenidos equivalen a 0.1 y son consistentes con los reportados en literatura para condiciones de cauces naturales (Ven te Chow, 1994). En la (Figura 144) se presentan las curvas de calibración obtenidas para su ingreso en el modelo de calidad del agua Qual2k, con los respectivos valores de los coeficientes indicados en la (Tabla 137).

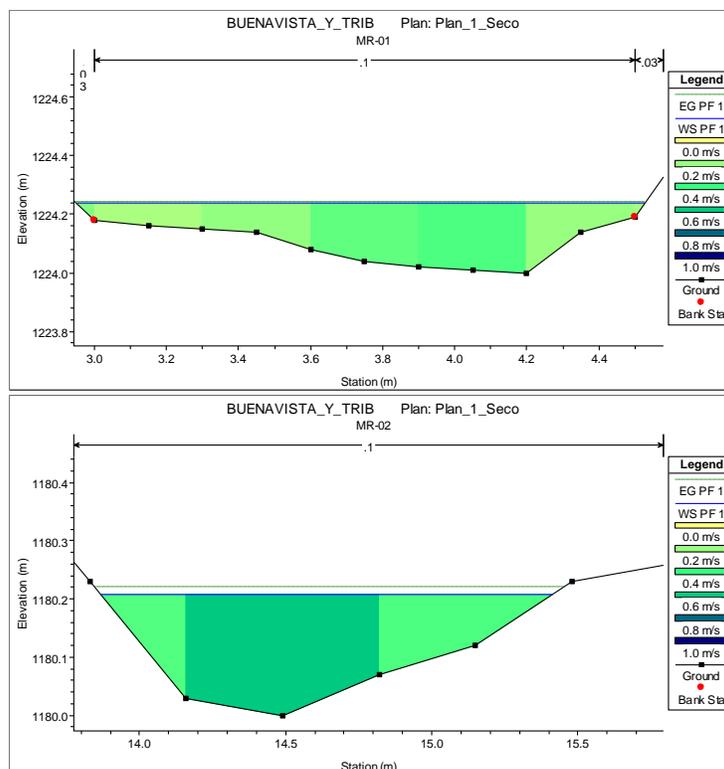


Figura 143. Ajuste del nivel observado en las estaciones de monitoreo de la quebrada Mina Rica (época seca)

Tabla 137. Coeficientes de curvas potenciales caudal-velocidad y caudal-profundidad para el tramo de estudio en la quebrada Mina Rica

Estación	Velocidad		Profundidad	
	a	b	a	b
MR-01	0.7982	0.3776	0.5696	0.5086
MR-02	0.9297	0.2708	0.238	0.2893

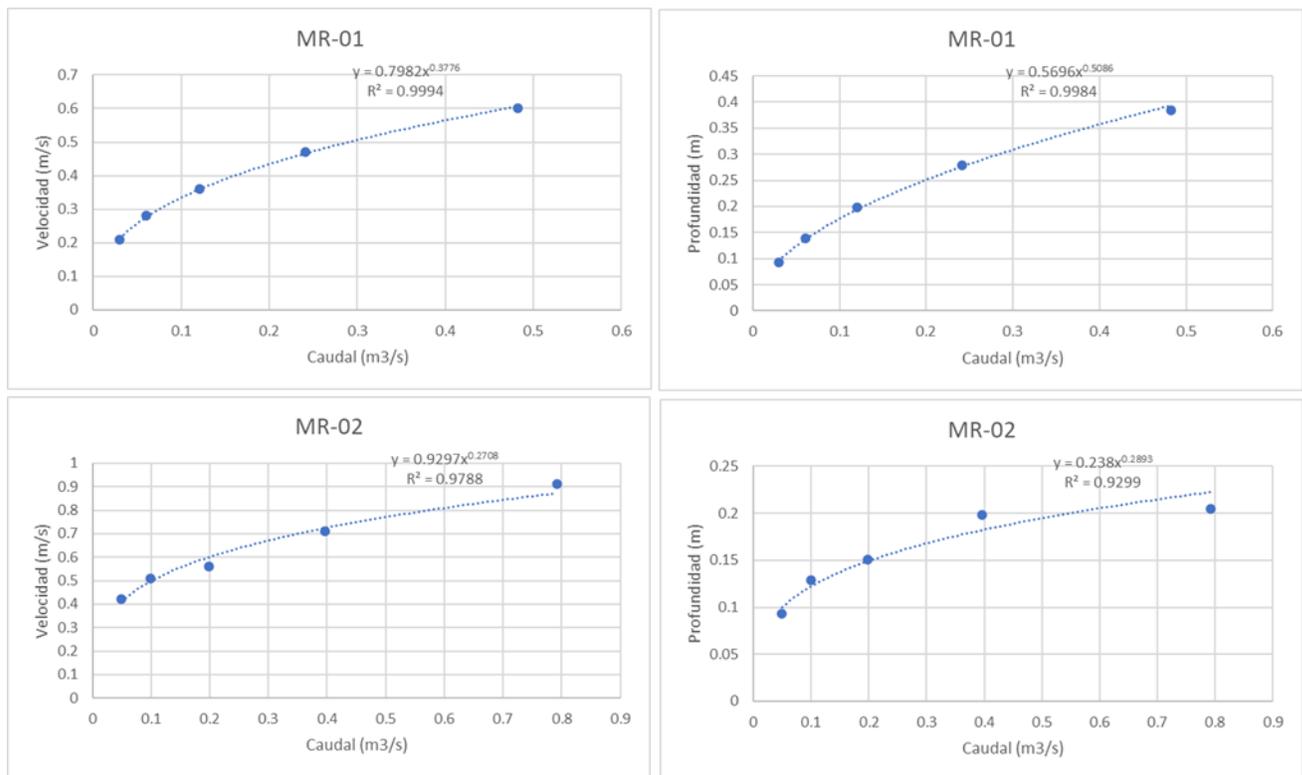


Figura 144. Curvas de calibración caudal-velocidad y caudal-profundidad para el tramo de estudio en la quebrada Mina Rica

2.3. Formulación de los Escenarios de calidad del agua

Se definieron cinco (5) escenarios de calidad del agua para establecer los usos potenciales del agua en las condiciones base (año 2023), cargas máximas permisibles según la resolución 631 de 2015 del MADS, corto plazo (2026), mediano plazo (2029) y largo plazo (2034). El escenario línea base permite identificar los usos potenciales para las condiciones actuales de calidad de las quebradas Buenavista, Bambuco, La Silenciosa y Mina Rica, así como las cargas vertidas en las condiciones actuales. El escenario carga máxima permisible define los usos potenciales para las condiciones actuales de calidad de los cuerpos de agua objeto de ordenamiento en condiciones de cargas máximas permisibles vertidas. El escenario de corto plazo busca establecer los usos potenciales considerando una proyección de cargas vertidas por crecimiento poblacional al 2026 sin implementación de acciones de saneamiento. El escenario de mediano plazo busca identificar los usos potenciales con proyección de cargas vertidas por crecimiento poblacional al 2029 implementando una eliminación de vertimientos y llevando las aguas residuales a un solo punto ubicado aguas arriba del punto de monitoreo BUE-04

sin tratamiento. Finalmente, el escenario de largo plazo define los usos potenciales con proyección de cargas vertidas por crecimiento poblacional al 2034 implementando una eliminación de vertimientos y llevando las aguas residuales a un solo punto ubicado aguas arriba del punto de monitoreo BUE-04 con construcción y operación de PTAR (Tabla 138).

Tabla 138. Descripción de los escenarios de simulación para los tramos objeto de ordenamiento

	Escenarios				
	Línea Base	Carga Máxima Permisible	Corto Plazo (2026)	Mediano Plazo (2029)	Largo Plazo (2034)
	Caudal característico Q95 (Cuerpo de agua y tributarios)	Caudal característico Q95 (Cuerpo de agua y tributarios)	Caudal característico Q95 (Cuerpo de agua y tributarios)	Caudal característico Q95 (Cuerpo de agua y tributarios)	Caudal característico Q95 (Cuerpo de agua y tributarios)
	Caudal vertido condición actual (vertimientos)	Caudal vertido condición actual (vertimientos)	Caudal vertido según proyección poblacional	Caudal vertido según proyección poblacional	Caudal vertido según proyección poblacional
	Cargas definidas con condiciones medidas para el monitoreo de año seco (2023)	Cargas máximas definidas en Res. 631 de 2015 MADS	Cargas proyectadas según proyección poblacional	Cargas proyectadas (con medidas de saneamiento en el mediano plazo)	Cargas proyectadas (con medidas de saneamiento en el largo plazo) Ideal
CUERPO DE AGUA					
Quebrada Buenavista	Vertimientos de ARD sin tratamiento		Vertimientos de ARD sin tratamiento		Eliminación de todos los puntos de vertimiento de ARD
	Se realiza la descarga de aguas residuales del casco urbano del municipio de Quimbaya en 8 puntos directamente sobre la quebrada Buenavista (QBD1, QBD2, QBD3, QBD4, QBD5, QBD6, QBD7, QBD8)	Vertimiento de ARD con valores de carga máxima según Res. 631 de 2015 MADS	Se realiza la descarga de aguas residuales del casco urbano del municipio de Quimbaya en 8 puntos directamente sobre la quebrada Buenavista (QBD1, QBD2, QBD3, QBD4, QBD5, QBD6, QBD7, QBD8)	Las aguas residuales son llevadas a un solo punto ubicado aguas abajo del punto de monitoreo BUE-04	Las aguas residuales son llevadas a una planta de tratamiento cuyo efluente tratado se vierte aguas abajo del punto de monitoreo BUE-04
Quebrada Bambuco	No presenta puntos de vertimientos puntuales	No presenta puntos de vertimientos puntuales	No presenta puntos de vertimientos puntuales	No presenta puntos de vertimientos puntuales	No presenta puntos de vertimientos puntuales

	Escenarios				
	Línea Base	Carga Máxima Permisible	Corto Plazo (2026)	Mediano Plazo (2029)	Largo Plazo (2034)
Quebrada La Silenciosa	Vertimientos de ARD de Quimbaya sin tratamiento		Vertimientos de ARD de Quimbaya sin tratamiento		
	Vertimientos de ARD de Decameron Panaca condición actual		Vertimientos de ARD de Decameron Panaca condición proyectada	Eliminación de todos los puntos de vertimiento de ARD provenientes del casco urbano de Quimbaya (QAD13 y QAD14)	Eliminación de todos los puntos de vertimiento de ARD provenientes del casco urbano de Quimbaya (QAD13 y QAD14)
	Se realiza la descarga de aguas residuales del casco urbano del municipio de Quimbaya en 2 puntos directamente sobre la quebrada La Silenciosa (QAD13 y QAD14)	Vertimiento de ARD con valores de carga máxima según Res. 631 de 2015 MADS	Se realiza la descarga de aguas residuales del casco urbano del municipio de Quimbaya en 2 puntos directamente sobre la quebrada La Silenciosa (QAD13 y QAD14)	Las aguas residuales de Quimbaya son llevadas a un solo punto ubicado en quebrada Buenavista aguas abajo del punto de monitoreo BUE-04	Las aguas residuales de Quimbaya son llevadas a un solo punto ubicado en quebrada Buenavista aguas abajo del punto de monitoreo BUE-04
	Se realiza la descarga de aguas residuales de Decameron-Panaca en 2 puntos directamente sobre la quebrada La Silenciosa		Se realiza la descarga de aguas residuales de Decameron-Panaca en 2 puntos directamente sobre la quebrada La Silenciosa		
Quebrada Mina Rica	Vertimientos de ARD de Quimbaya sin tratamiento		Vertimientos de ARD de Quimbaya sin tratamiento	Eliminación de todos los puntos de vertimiento de ARD provenientes del casco urbano de Quimbaya (QAD11A, QAD11, QAD10, QAD9 y QAD12)	Eliminación de todos los puntos de vertimiento de ARD provenientes del casco urbano de Quimbaya (QAD11A, QAD11, QAD10, QAD9 y QAD12)
	Se realiza la descarga de aguas residuales del casco urbano del municipio de Quimbaya en 5 puntos directamente sobre la quebrada Mina Rica (QAD11A, QAD11, QAD10, QAD9 y QAD12)	Vertimiento de ARD con valores de carga máxima según Res. 631 de 2015 MADS	Se realiza la descarga de aguas residuales del casco urbano del municipio de Quimbaya en 5 puntos directamente sobre la quebrada Mina Rica (QAD11A, QAD11, QAD10, QAD9 y QAD12)	Las aguas residuales son llevadas a un solo punto ubicado en quebrada Buenavista aguas abajo del punto de monitoreo BUE-04	Las aguas residuales son llevadas a un solo punto ubicado en quebrada Buenavista aguas abajo del punto de monitoreo BUE-04

En todos los escenarios de simulación se consideró el Q95 como valor representativo de caudales bajos en los cuerpos de agua receptores y tributarios (Tabla 139), de esta forma se garantiza que se realiza el análisis para las condiciones más críticas en cuanto

a la capacidad de dilución. Se consideraron los aportes de caudal provenientes de los principales cuerpos de agua definidos en el componente hidráulico de la modelación. Igualmente, se consideraron como abstracciones de caudal, los valores de caudal demandado y captado directamente en los cauces principales de las quebradas Buenavista, Bambuco, La Silenciosa y Mina Rica (Tabla 140).

Tabla 139. Caudales mínimos utilizados en los escenarios de simulación

Cuerpo de Agua	ID	Q95 (m ³ /s)
Quebrada Buenavista	BUE-01	0.0049
Quebrada Bambuco	BAM-01	0.0007
Quebrada La Silenciosa	SIL-01	0.0481
Quebrada Mina Rica	MR-01	0.042

Tabla 140. Caudales demandados directamente sobre las quebradas Buenavista, Bambuco, La Silenciosa y Mina Rica (l/s)

Municipio	Descripción	latitud	longitud	Caudal Actual (l/s)	Caudal 2026 (l/s)	Caudal 2029 (l/s)	Caudal 2034 (l/s)
Filandia	Acueducto Regional, captación en Quebrada Buenavista	4.6630	-75.6787	0.92	0.91	0.89	0.85
Filandia	Acueducto Regional, captación en Quebrada Bambuco	4.6575	-75.6777	0.47	0.47	0.45	0.43
Filandia	Bocatoma de uso agrícola vereda las Cruces	4.64539	-75.68978	8.17	8.17	8.17	8.17
Filandia	Bocatoma de uso pecuario vereda las Cruces	4.64539	-75.68978	3.03	3.75	6.98	30.06
Quimbaya	Acueducto Municipal, captación en Quebrada Buenavista	4.63167	-75.73583	130	130.88	133.10	137.66
Quimbaya	Bocatoma para uso doméstico en Quebrada La Silenciosa	4.61012	-75.82015	11	11.07	11.26	11.65
Quimbaya	Bocatoma para uso agrícola en Quebrada La Silenciosa	4.61728	-75.7872	2.125	2.13	2.13	2.13
Quimbaya	Bocatoma para uso pecuario en Quebrada Mina Rica	4.62198	-75.81734	0.226	1.24	1.93	5.27

2.3.1. Proyección de concentraciones por escenarios de simulación definidos

Una vez definidos los escenarios de simulación, es esencial establecer y proyectar las condiciones de calidad del agua para el cuerpo receptor, sus afluentes y las cargas puntuales (vertimientos) identificadas en cada tramo de análisis. Para ello, los monitoreos realizados en el marco del presente PORH sobre la Quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados, así como en los vertimientos más representativos de ARD/ARnD, ofrecen una visión aproximada de la calidad actual del agua en estas corrientes hídricas.

Las condiciones de calidad consideradas corresponden a los valores críticos observados en el monitoreo realizado durante condiciones hidrológicas secas, en concordancia con las recomendaciones de la Guía para el Ordenamiento del Recurso Hídrico Continental Superficial (MADS, 2018). Estas consideraciones presuponen simular los escenarios asumiendo una capacidad mínima de asimilación del cuerpo de agua para caudales mínimos característicos.

Para todos los escenarios, en las corrientes tributarias se adoptaron las condiciones de calidad del agua registradas en la parte alta de la corriente principal, bajo la premisa de un bajo grado de alteración en los ecosistemas acuáticos. Esta aproximación se basa en la suposición de que los tributarios, al encontrarse en áreas menos intervenidas y alejadas de fuentes de contaminación directa, mantienen una calidad del agua similar a la corriente principal en la parte alta de la cuenca. De igual manera, para los vertimientos menos representativos de ARD identificados en el PSMV y en los distintos informes técnicos de seguimiento y control por parte de la CRQ, las condiciones de calidad adoptadas se basan en los valores promedio de los vertimientos monitoreados. Estos promedios se sitúan dentro de los rangos reportados en Metcalf & Eddy et al. (2014) para valores típicos de aguas residuales domésticas no tratadas (Tabla 141).

Para el escenario de carga máxima permisible se tomó como referencia los valores máximos definidos en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015 (Tabla 142), correspondiente a la mezcla de ARD y ARnD de los prestadores del servicio público de alcantarillado. Los compuestos de nitrógeno y fósforo no tienen un límite definido, por lo tanto, se asumió una remoción baja del 10% del nitrógeno y fósforo totales. Además, se consideró la conversión de una fracción del nitrógeno orgánico y nitrógeno amoniacal del agua sin tratamiento, en nitritos y nitratos debido a la acción de las bacterias nitrobacter y nitrosomonas.

Tabla 141. Rangos típicos de concentración para diferentes determinantes representativos de aguas residuales domésticas

Determinante	Unidades	Resistencia baja	Resistencia media	Resistencia alta	Promedio vertimientos
Coliformes Totales	No/100 mL	10^6 a 10^8	10^7 a 10^9	10^7 a 10^{10}	7080566
Conductividad	uS/cm	450	833	1433	479.38
DBO5	mg O2/L	133	200	400	139.84
DQO	mg O2/L	339	508	1016	294
Fósforo Total	mg P/L	3.7	5.6	11	2.73
Nitratos	mg N/L	0	0	0	1*
Nitritos	mg N/L	0	0	0	0.006**
Nitrógeno amoniacal	mg N/L	14	20	41	24.18
Nitrógeno Total	mg N/L	23	35	69	28.16
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	130	195	389	85.1

Límite de cuantificación del método: *1 mg N-NO₃/L, **0.00608 mg N-NO₂/L

Tabla 142. Valores Máximos permisibles para los vertimientos. Resolución MADS 0631 de 2015

Parámetro	Unidades	Resolución MADS 0631 de 2015
		Artículo 8. ARD Carga menor a 625,00 kg/día
Generales		
pH	Unidades de pH	6,00 a 9,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O ₂	180,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L O ₂	90,00
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	90,00
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/L	5,00
Grasas y Aceites	mg/L	20,00
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	Análisis y Reporte
Hidrocarburos		
Hidrocarburos Totales (HTP)	mg/L	Análisis y Reporte
Compuestos de Fósforo		
Ortofosfatos (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	Análisis y Reporte
Fósforo Total (P)	mg/L	Análisis y Reporte
Compuestos de Nitrógeno		
Nitritos (N-NO ₂)	mg/L	Análisis y Reporte
Nitratos (N-NO ₃)	mg/L	Análisis y Reporte
Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃)	mg/L	Análisis y Reporte
Nitrógeno Total (N)	mg/L	Análisis y Reporte

En la Tabla 143 se presentan los valores asignados a cada determinante de calidad incorporado en el modelo Qual2k. Las concentraciones sin tratamiento se asignaron a los vertimientos directos no medidos y corresponden a los valores promedio registrados durante el monitoreo. Estos valores se utilizan para simular los escenarios de base, a corto y mediano plazo. En cuanto a las concentraciones con tratamiento, estas corresponden a los niveles de calidad requeridos según la Resolución MADS 0631 de 2015 y a los rangos mínimos establecidos para aguas residuales domésticas por Metcalf & Eddy et al. (2014). Estos valores se aplican en la simulación del escenario a largo plazo.

Tabla 143. Valores de ingreso de concentraciones de ARD en Qual2k.

Parámetro	Sin tratamiento	Con tratamiento
Alcalinidad [mg CaCO ₃ /L]	129.34	129.34
Coliformes Totales [NMP/100 mL]	7080566	1000000
Conductividad [uS/cm]	479.38	450
DBO ₅ [mg O ₂ /L]	139.84	90
DBO ₅ Disuelta [mg O ₂ /L]	94.45	45
DQO [mg O ₂ /L]	294	180
Fósforo Total [mg/L]	2.73	2.73
Nitratos [mg NO ₃ /L]	0.33	12
Nitritos [mg NO ₂ /L]	0.006	0.02
Nitrógeno Amoniacal [mg N-NH ₃ /L]	24.18	12
Nitrógeno Total Kjeldahl [mg NH ₃ /L]	27.82	24
Nitrógeno Total [mg N/L]	28.16	20
Ortofosfatos [mg PO ₄ /L]	8.37	3.15
Oxígeno Disuelto [mg/L]	4.82	4.82
pH [Unidades]	7.48	7.48
Sólidos Suspendidos Totales [mg/L]	85.1	85.1
Temperatura [°C]	24.2	24.2

Es importante señalar que, si alguno de los parámetros monitoreados en los vertimientos presenta condiciones de calidad superiores a las máximas permisibles, se considera mantener la carga aportada por dicho parámetro en cada escenario de simulación. Con esto, se logra reflejar mejoras continuas en la calidad del agua, garantizando que las estrategias de manejo y tratamiento se mantengan en concordancia con los objetivos ambientales y normativos establecidos.

La proyección de caudales para las aguas residuales domésticas en escenarios a corto, mediano y largo plazo se lleva a cabo siguiendo la metodología establecida por el Reglamento del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), de acuerdo con las normativas del MINAMBIENTE (2015), MINDESARROLLO (2000) y MINVIVIENDA (2017). Esta metodología toma en cuenta la proyección de la población que utiliza el servicio de acueducto y el área de descarga asociada a dicha población, estableciendo así el caudal de diseño requerido para manejar eficientemente las aguas residuales generadas.

$$\frac{P_m}{A_m} = \frac{P_v}{A_v}$$

$$Q_v = F * \{ [C_R * D_{Neta} * A_v] + Q_{Ind} + Q_{com} \} + [C_i * \phi * L] + \left[0.2 \frac{L}{ha} \right]$$

Donde:

P_m , es la población municipal proyectada a 25 años más la población flotante

A_m , área municipal

P_v , población asociada al vertimiento

A_v , área aferente al vertimiento

Q_v , caudal del vertimiento

F , factor de mayoración calculado con la ecuación de Flores (RAS, 2016), $F = 3.5/P_m^{0.1}$

$C_R = 0.85$

$D_{Neta} = 120$ L/hab*d cuando la elevación (E) de la población es mayor de 2000 m.s.n.m.,
130 L/hab*d cuando $1000 \text{ m.s.n.m.} < E < 2000 \text{ m.s.n.m.}$, 140 L/hab*d cuando $E < 1000$
m.s.n.m.

Q_{Ind} , es el caudal industrial

Q_{com} , corresponde al caudal comercial

C_i , es el coeficiente de infiltración;

ϕ y L indican el diámetro y longitud de la tubería respectivamente.

Las conexiones erradas tienen una magnitud de 0.2 litros / área sanitaria en hectáreas, tal como lo precisa el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS, Título D (MINVIVIENDA, 2016), la Resolución 0330 de 2017 (MINVIVIENDA, 2017) y la Resolución 799 de 2021 (MINVIVIENDA, 2021).

A continuación, se presentan los caudales de diseño estimados y proyectados para los diferentes escenarios de simulación de los vertimientos directos de aguas residuales domésticas (ARD) identificados en la corriente principal de las quebradas Buenavista, La Silenciosa, Mina Rica y Agua Linda. Aunque la Quebrada Agua Linda no forma parte del sistema de drenaje de la Unidad Hidrográfica de la Quebrada Buenavista, es fundamental considerar las descargas vertidas en este cuerpo de agua. Esto se debe a que, según lo establecido en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) del Municipio de Quimbaya, se plantea la construcción de un colector que transporte estas aguas residuales hacia una planta de tratamiento (PTAR) inicialmente situada sobre la Quebrada Buenavista. En el caso de las descargas provenientes de Fincas PANACA y Decameron-PANACA en la parte baja de la Quebrada La Silenciosa, la proyección de caudales se estima en función de una proporción de la población proyectada para cada escenario.

Tabla 144. Caudales estimados para las descargas de aguas residuales en los tramos de análisis

Vertimientos	Escenarios			
	Base (L/s)	2026 (L/s)	2029 (L/s)	2034 (L/s)
Quebrada Buenavista				
QBD1	3.38	3.40	3.43	3.47
QBD2	2.88	2.89	2.91	2.95
QBD3	1.33	1.33	1.34	1.35
QBD4	5.52	5.55	5.59	5.67
QBD5	4.13	4.16	4.19	4.24
QBD6	6.78	6.81	6.87	6.96
QBD7	6.53	6.57	6.62	6.71
QBD8	3.14	3.15	3.18	3.22
Quebrada La Silenciosa				
QAD13	1.71	1.72	1.73	1.75
QAD14	22.10	22.21	22.39	22.68
Quebrada Mina Rica				
QAD9	26.69	26.83	27.04	27.39
QAD10	9.16	9.21	9.28	9.41
QAD11	1.32	1.33	1.34	1.35
QAD11A	1.47	1.47	1.48	1.48
QAD12	2.72	2.73	2.75	2.79
Quebrada Agua Linda				
QAD1	6.68	6.72	6.77	6.86
QAD2	11.27	11.33	11.42	11.57
QAD3	1.88	1.89	1.90	1.92
QAD4	10.41	10.46	10.55	10.69
QAD4A	4.25	4.27	4.31	4.36
QAD5	2.02	2.03	2.04	2.06
QAD5B	1.30	1.30	1.31	1.32
QAD6	3.15	3.17	3.19	3.23
QAD7	2.29	2.30	2.32	2.34
QAD8	1.61	1.62	1.63	1.65

2.3.2. Resultados de la simulación de escenarios

Se realizó una agrupación de los posibles usos, clasificándolos según las condiciones de calidad requeridas en una de las cuatro categorías (A, B, C y D) indicadas en la Tabla 145. Los niveles permitidos para cada categoría se establecieron considerando el criterio más restrictivo entre los diferentes usos evaluados. Los valores de referencia utilizados provienen del Decreto 1076 de 2015 y de los criterios de calidad recopilados por Sierra (2011), que se detallan en la Tabla 146.

Tabla 145. Categorías de usos potenciales del agua para las Quebradas Buenavista, La Silenciosa, Mina Rica y Bambuco

Categoría	Usos potenciales	Convención
A	Preservación de fauna y flora. Recreativo con contacto secundario*. Agrícola sin restricciones. Pesca.	
B	Consumo humano y doméstico con tratamiento convencional. Agrícola con restricciones.	
C	Pecuario. Industrial**. Estético.	
D	Asimilación y transporte.	

Nota: *Inicialmente se consideró que en la Categoría A se incluiría el uso Recreativo con contacto primario, sin embargo, el análisis de los resultados de la modelación se considera que este uso debe restringirse ** Uso Industrial: Con restricción especial por parte de la Autoridad Ambiental para la actividad de explotación manual de material de construcción y material de arrastre por tratarse de una actividad con contacto secundario.

Tabla 146. Criterios de Calidad para diferentes usos

CATEGORÍA	USOS DEL AGUA	DBO ₅ [mg/L O ₂]	SST [mg/L]	Oxígeno Disuelto [mg/L O ₂]	pH [Unidades]	Coliformes Totales [NMP/100 mL]	Nitrógeno Amoniacal [mg/L N - NH ₃]	Nitritos + Nitratos [mg/L N]	Fósforo Total [mg/L P]
A	Preservación de flora y fauna	-	-	5	6.5 - 9.0	-	-	-	-
	Agrícola sin restricciones	10	-	-	6.0 - 9.0	5000	5	-	-
	Recreativo contacto primario (Sin Restricciones)	20	-	5	5.0 - 9.0	1000	2.5	-	0.5
	Recreativo contacto secundario (con restricciones)	30	30	2	5.0 - 9.0	5000	3	-	1
	Pesca, Maricultura y Acuicultura	5	-	2	5.0 - 9.0	-	3	-	1
	Valor más restrictivo	5	30	5	6.5 - 8.5	1000	3	10	0.5
B	Consumo humano y doméstico (Tratamiento convencional) *	-	-	-	5.0 - 9.0	20000	1	10	-
	Agrícola con restricciones	30	30	2	6.0 - 9.0	5000	5	-	10
	Valor más restrictivo	30	30	2	6.5 - 8.5	20000	1	10	0.5
C	Pecuario	-	-	-	6.5 - 9.0	-	1	10	0.5
	Industrial	-	1000	2	6.0 - 8.5	-	1	10	1
	Industrial: explotación manual de material de construcción y material de arrastre	-	1000	2	6.0 - 8.5	5000	1	10	1
	Estético	30	-	2	-	-	-	-	-
	Valor más restrictivo	30	1000	2	6.5 a 8.5	5000	-	10	0.5
D	Navegación y Transporte Acuático	-	-	-	-	-	-	-	-
	Valor más restrictivo	-	1000	-	-	-	-	-	-

Fuente: Adaptado de (Sierra, 2011)

* Según los criterios de calidad establecidos en el Decreto 1076 de 2015, Artículo 2.2.3.3.9.4, la destinación del recurso hídrico para consumo humano y doméstico con

solo desinfección requiere que la concentración de coliformes totales no supere el límite máximo de 1,000 NMP/100 mL. Sin embargo, en las simulaciones realizadas en el presente estudio, los escenarios de calidad analizados evidencian que los valores de coliformes totales exceden dicho umbral normativo. En consecuencia, este uso ha sido excluido de los propuestos en la Tabla 146, restringiendo su aplicación únicamente para tratamiento convencional, siempre que las condiciones de calidad lo permitan.

2.3.2.1. Resultados de la simulación para el cauce principal de la Quebrada Buenavista

La simulación de los escenarios de calidad del agua en la Quebrada Buenavista inicia en la parte alta de la corriente en el Km 36.45, a la altura de la bocatoma del Acueducto Regional Rural de Filandia. Los tramos definidos para determinar los usos potenciales y objetivos de calidad sobre esta corriente son:

Tramo 1: Definido desde el nacimiento de la Quebrada Buenavista en el municipio de Filandia hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada Bambuco (Km 28.01).

- **Tramo 1A:** Definido desde el nacimiento de la Quebrada Buenavista en el municipio de Filandia hasta aguas arriba de la bocatoma del Acueducto Regional Rural de Filandia (Km 36.45).
- **Tramo 1B:** Definido desde aguas abajo de la bocatoma del Acueducto Regional Rural de Filandia (Km 36.45) hasta aguas arriba de la confluencia de Quebrada Bambuco (Km 28.01).

Tramo 3: Definido desde aguas abajo de la confluencia de la Quebrada Bambuco (Km 28.01) hasta aguas arriba de la influencia del casco urbano de Quimbaya (Km 20.77).

- **Tramo 3A:** Definido desde aguas abajo de la confluencia de la Quebrada Bambuco (Km 28.01) hasta aguas arriba de la bocatoma del Acueducto de Quimbaya -EPQ- (Km 24.74).
- **Tramo 3B:** Definido desde aguas abajo de la bocatoma del Acueducto de Quimbaya -EPQ- (Km 24.74) hasta aguas arriba de la influencia del casco urbano de Quimbaya (Km 20.77).

Tramo 4: Definido desde aguas abajo de la influencia del casco urbano de Quimbaya (Km 20.77) hasta aguas arriba de la confluencia de la Quebrada La Silenciosa (Km 2.61)

Tramo 7: Definido desde aguas abajo de la confluencia de la Quebrada La Silenciosa (Km 2.61) hasta aguas arriba de su desembocadura al Río La Vieja (Km 0).

Uno de los escenarios de simulación propuestos para esta corriente hídrica incluye la implementación de acciones más restrictivas que las estipuladas en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. El objetivo es mejorar las condiciones de calidad del agua en los tramos analizados y permitir la calificación de la corriente para usos menos restrictivos. Este escenario, denominado 'Ideal', contempla que la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) proyectada sobre la Quebrada Buenavista logre remover el 80% de la carga contaminante vertida.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del modelo de calidad de agua para los escenarios de simulación y su comparación con las categorías de calidad definidas. Los determinantes analizados son: Sólidos Suspendidos Totales (SST), Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅), Oxígeno Disuelto, Potencial de hidrógeno (pH), Coliformes Totales, Nitrógeno Amoniacal, Nitratos + Nitritos, y Fosforo Total.

2.3.2.1.1. SST

Escenario Línea Base

Para este escenario, las concentraciones de SST desde la parte alta de la corriente principal (tramo 1A - Km 36.45) hasta aguas arriba de la influencia del casco urbano de Quimbaya (tramo 3B - Km 20.77) son bajas, lo cual indica una débil influencia en los SST de afluentes como las quebradas Agua Bonita (tramo 1B - Km 31.52), Bambuco (tramo 3A - Km 28.01), La Arenosa (tramo 3B - Km 23.33) y Armenia (tramo 3B - Km 21.41). A su paso por el casco urbano de Quimbaya, las descargas directas de ARD sobre la corriente Principal (tramo 4 - Km 19.21) aumentan su concentración a máximos de 15 mg/L aproximadamente. Otro aumento en la concentración de SST se sitúa a la altura de la confluencia de la Quebrada La Silenciosa (tramo 7 - Km 2.61), llegando a un pico más bajo con aproximadamente 9 mg/L, debido al aporte en carga por parte del casco urbano de Quimbaya en la parte alta de este afluente y a las descargas directas del sector turístico tales como Fincas PANACA y Decameron -PANACA. En términos generales, para este escenario se permiten todos los usos para los seis tramos de análisis correspondiendo a la **Categoría A**.

Escenario de Carga Máxima Permisible

Este escenario simula las condiciones de calidad del agua de la Quebrada Buenavista bajo el cumplimiento de la carga máxima permisible de vertimientos definido en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015 (90 mg/L). Se registra un ligero aumento en la concentración de sólidos suspendidos totales (SST) cerca del casco urbano de Quimbaya (tramo 4 - Km 19.21) en comparación con el escenario de línea base, lo que indica que la calidad de este parámetro se mantiene al aplicar estas normativas. Así mismo, en la confluencia con la Quebrada La Silenciosa (tramo 7 - Km 2.61), la concentración de SST tiene un comportamiento similar respecto al escenario base. Las

condiciones de calidad en este parámetro se mantienen en la **Categoría A** para los seis tramos de análisis.

Escenario Corto Plazo 2026

En este escenario, se analizan las cargas vertidas a la corriente hídrica de la Quebrada Buenavista, tomando en cuenta el incremento poblacional y sin implementar las acciones de saneamiento previstas por la empresa de servicios públicos. Se observan condiciones de calidad del agua similares a las del escenario base, con incrementos en la concentración de sólidos suspendidos totales (SST) cerca del casco urbano de Quimbaya debido a las descargas directas de aguas residuales domésticas (ARD) en el Km 19.21 (tramo 4), así como en la confluencia con la Quebrada La Silenciosa en el Km 2.61 (tramo 7). En términos generales, la proyección de calidad para el año 2026 sugiere que el aumento poblacional no influye significativamente, permitiendo mantener todos los usos previstos para los seis tramos analizados dentro de la **Categoría A**.

Escenario Mediano Plazo 2029

La construcción y operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), prevista en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) en la Quebrada Buenavista (tramo 4 - Km 15.55), junto con la consideración de una carga puntual sin tratamiento y un caudal proyectado considerando el crecimiento poblacional, revela un impacto significativo en la calidad del agua de la corriente hídrica. Esto limita su uso al de la Categoría D para el tramo 4, donde las concentraciones exceden los 30 mg/L. Aguas abajo de esta descarga, la corriente muestra una notable capacidad de recuperación, con un leve aumento en la concentración en la confluencia de la Quebrada La Silenciosa (tramo 7 - Km 2.61), aunque sin rebasar el umbral máximo de la Categoría A. En conclusión, bajo este escenario de simulación, los usos permitidos se clasifican como **Categoría A** para los tramos 1, 3 y 7, y **Categoría D** para el tramo 4.

Escenario Largo Plazo 2034

Este escenario evalúa el cumplimiento de la carga máxima permisible en la descarga de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), conforme lo estipula el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015, establecida en 90 mg/L. Además, se considera la proyección del caudal en función del crecimiento poblacional. La calidad del agua muestra un comportamiento similar al observado en el escenario a mediano plazo proyectado para 2029, con concentraciones superando los 30 mg/L. En este marco de simulación, los usos permitidos quedan categorizados como **Categoría A** para los tramos 1, 3 y 7, mientras que el tramo 4 se clasifica bajo la **Categoría D**.

Escenario Largo Plazo 2034 Ideal

Para este escenario, la PTAR se configura para alcanzar una remoción del 80% de la carga contaminante vertida. Esta intervención resulta en una disminución significativa en las concentraciones de SST a lo largo de todos los tramos de análisis, asegurando la preservación de la **Categoría A** para todos los tramos de la corriente hídrica. Este nivel de tratamiento mejora notablemente la calidad del agua, ampliando las posibilidades de uso del agua para actividades recreativas y la captación para consumo humano, cumpliendo así con los estándares más exigentes de gestión ambiental.

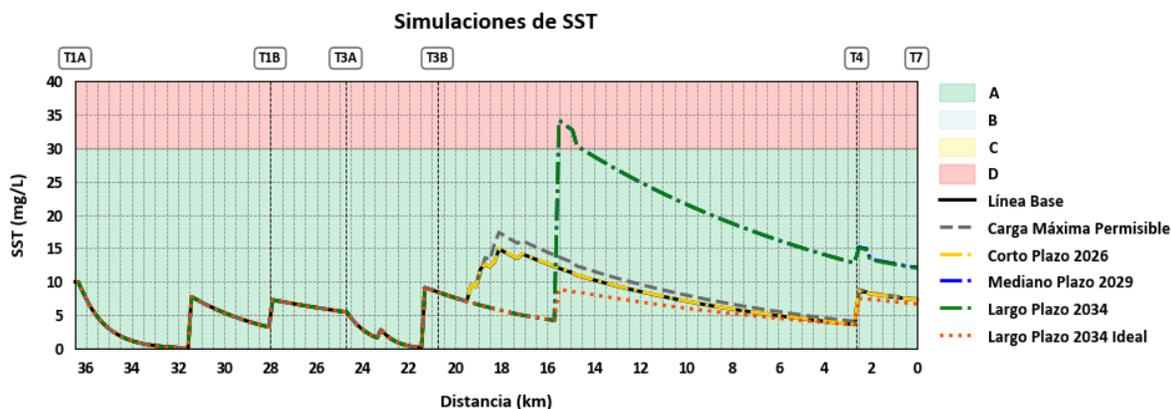


Figura 145. Resultados de simulación para los SST en la Quebrada Buenavista

2.3.2.1.2. DBO₅

Escenario Línea Base

En este escenario, se observa que las concentraciones de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) son bajas desde la parte alta de la corriente principal (tramo 1A - Km 36.45) hasta aguas arriba del casco urbano de Quimbaya (tramo 3B - Km 20.77), lo que refleja una influencia limitada de afluentes como las quebradas Agua Bonita (tramo 1B - Km 31.52), Bambuco (tramo 3A - Km 28.01), La Arenosa (tramo 3B - Km 23.33) y Armenia (tramo 3B - Km 21.41). Sin embargo, al atravesar el casco urbano de Quimbaya, las descargas directas de aguas residuales domésticas (ARD) en la corriente principal (tramo 4 - Km 19.21) elevan la concentración de DBO₅ a aproximadamente 13 mg/L, lo que requiere clasificar este tramo en la Categoría B. Más adelante, cerca de la confluencia con la Quebrada La Silenciosa (tramo 7 - Km 2.61), se registra un leve incremento en la concentración, aunque sin exceder el límite de 5 mgO₂/L establecido para la Categoría A. En resumen, bajo este escenario, se permiten usos de **Categoría A** para los tramos 1, 3 y 7, y de **Categoría B** para el tramo 4.

Escenario de Carga Máxima Permissible

Este escenario modela las condiciones de calidad del agua de la Quebrada Buenavista, asegurando el cumplimiento de la carga máxima permisible de vertimientos especificada en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015 (90 mg/L). Se observa un incremento significativo en la concentración de DBO_5 cerca del casco urbano de Quimbaya (tramo 4 - Km 19.21), producto de las descargas puntuales de ARD por parte de la cabecera municipal. Esto limita los usos del agua a los correspondientes a la Categoría B. En el punto de confluencia con la Quebrada La Silenciosa (tramo 7 - Km 2.61), aunque la concentración de DBO_5 muestra un aumento, no supera el límite de 5 mgO_2/L estipulado para la Categoría A. Según las condiciones de calidad proyectadas para este escenario, se asigna la **Categoría A** para los tramos 1, 3 y 7, y la **Categoría B** para el tramo 4.

Escenario Corto Plazo 2026

Este escenario evalúa las cargas vertidas a la corriente hídrica de la Quebrada Buenavista, considerando el aumento poblacional y la ausencia de acciones de saneamiento previstas por la empresa de servicios públicos. Se observa que la calidad del agua mantiene condiciones similares a las del escenario base, aunque con un aumento en la concentración de DBO_5 cerca del casco urbano de Quimbaya, debido al aporte de carga orgánica directa en el Km 19.21 (tramo 4), lo que restringe los usos del agua a los de la Categoría B. En el sitio de confluencia con la Quebrada La Silenciosa (tramo 7 - Km 2.61), la calidad del agua mejora, permitiendo el retorno a los usos de la Categoría A. En general, la proyección de calidad para 2026 indica que el aumento poblacional no tiene un impacto significativo en comparación con el escenario base, estableciendo usos de agua de **Categoría A** para los tramos 1, 3 y 7, y de **Categoría B** para el tramo 4.

Escenario Mediano Plazo 2029

La construcción y operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), planificada en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) en la Quebrada Buenavista (tramo 4 - Km 15.55), considerando una carga puntual sin tratamiento y un caudal proyectado acorde al crecimiento poblacional, tiene un impacto significativo en la calidad del agua, específicamente en la DBO_5 . Esta situación restringe el uso del agua al de la Categoría D para el tramo 4, donde las concentraciones superan los 30 mgO_2/L . Sin embargo, aguas abajo de esta descarga, la corriente exhibe una notable capacidad de autorrecuperación, lo que permite que se recupere hasta la Categoría A al inicio del tramo 7. En conclusión, en este escenario simulado, los usos permitidos se establecen como **Categoría A** para los tramos 1, 3 y 7, y **Categoría D** para el tramo 4.

Escenario Largo Plazo 2034

Este escenario evalúa el cumplimiento de la carga máxima permisible de descarga de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), establecida en 90 mgO₂/L según el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015, tomando en cuenta la proyección del caudal basada en el crecimiento poblacional. La calidad del agua muestra un comportamiento similar al proyectado en el escenario a mediano plazo para 2029, con altas concentraciones de DBO₅, aunque con una reducción significativa en la carga orgánica proveniente de las descargas de aguas residuales domésticas (ARD) del casco urbano de Quimbaya. Sin embargo, estas concentraciones aún superan los 30 mgO₂/L, siendo este el límite máximo para los usos de la Categoría B. En el tramo 7, la corriente mantiene su capacidad de asimilación de contaminantes, retornando a los usos de la Categoría A. En este escenario simulado, los usos permitidos se clasifican como **Categoría A** para los tramos 1, 3 y 7, y como **Categoría D** para el tramo 4.

Escenario Largo Plazo 2034 Ideal

En este escenario, se ajusta la operación de la PTAR para lograr una eliminación del 80% de la carga contaminante vertida. Esta medida conduce a una reducción notable en las concentraciones de DBO₅ a lo largo de todos los tramos de análisis. Como resultado, se consigue mantener la **Categoría B** en el tramo 4, con concentraciones que rondan los 10 mgO₂/L, mientras que los tramos 1, 3 y 7 preservan la **Categoría A**, reflejando así una mejora significativa en la calidad del agua y un avance hacia la sostenibilidad y la protección de los ecosistemas acuáticos.



Figura 146. Resultados de simulación para DBO₅ en la Quebrada Buenavista

2.3.2.1.3. Oxígeno Disuelto

Escenario Línea Base

En este escenario, se observa que las concentraciones de Oxígeno Disuelto (OD) son elevadas desde la parte alta de la corriente principal (tramo 1A - Km 36.45) hasta aguas arriba del casco urbano de Quimbaya (tramo 3B - Km 20.77). Esto indica una influencia positiva en la oxigenación del agua por afluentes como las quebradas Agua Bonita (tramo 1B - Km 31.52), Bambuco (tramo 3A - Km 28.01), La Arenosa (tramo 3B - Km 23.33) y Armenia (tramo 3B - Km 21.41). No obstante, al cruzar el casco urbano de Quimbaya, las descargas directas de aguas residuales domésticas (ARD) en la corriente principal (tramo 4 - Km 19.21) reducen la concentración de OD a aproximadamente 4.5 mgO₂/L, lo que clasifica este tramo en la Categoría B. Posteriormente, la corriente sufre un proceso de asimilación de contaminantes y oxigenación hasta cerca de la confluencia con la Quebrada La Silenciosa (tramo 7 - Km 2.61), detectando una leve disminución en la concentración de OD, aunque sin descender por debajo del límite inferior de 5 mgO₂/L establecido para la Categoría A. En conclusión, bajo este escenario, se permite el uso de **Categoría A** para los tramos 1, 3 y 7, mientras que el tramo 4 se clasifica en la **Categoría B**.

Escenario de Carga Máxima Permisible

Este escenario modela las condiciones de calidad del agua de la Quebrada Buenavista, asegurando el cumplimiento de la carga máxima permisible de vertimientos especificada en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Se observa una disminución significativa en la concentración de oxígeno disuelto cerca del casco urbano de Quimbaya (tramo 4 - Km 19.21), producto de las descargas puntuales de ARD por parte de la cabecera municipal. Esto limita los usos del agua a los correspondientes a la Categoría B. En el punto de confluencia con la Quebrada La Silenciosa (tramo 7 - Km 2.61), aunque la concentración de oxígeno disuelto muestra una disminución, no supera el límite de 5 mgO₂/L estipulado para la Categoría A. Según las condiciones de calidad proyectadas para este escenario, se asigna la **Categoría A** para los tramos 1, 3 y 7, y la **Categoría B** para el tramo 4.

Escenario Corto Plazo 2026

Este escenario analiza las cargas vertidas en la corriente hídrica de la Quebrada Buenavista, considerando el crecimiento poblacional y la falta de acciones de saneamiento por parte de la empresa de servicios públicos. Se observa que la calidad del agua se mantiene similar al escenario base, aunque se registra una disminución en la concentración de oxígeno disuelto cerca del casco urbano de Quimbaya, como resultado del aporte directo de ARD en el Km 19.21 (tramo 4), lo cual limita los usos del agua a los de la Categoría B. En el punto de confluencia con la Quebrada La Silenciosa (tramo 7 - Km 2.61), la calidad del agua mejora, permitiendo restablecer los usos de Categoría A. En general, la proyección de calidad para el año 2026 sugiere que el crecimiento poblacional no tiene un impacto significativo en comparación con el escenario base,

manteniendo los usos de agua de **Categoría A** para los tramos 1, 3 y 7, y de **Categoría B** para el tramo 4.

Escenario Mediano Plazo 2029

La construcción y operación de la PTAR, planificada en el PSMV en la Quebrada Buenavista (tramo 4 - Km 15.55), que contempla una carga puntual sin tratamiento y un caudal proyectado acorde con el crecimiento poblacional, tiene un impacto notable en la calidad del agua, particularmente en los niveles de oxígeno disuelto, que se mantienen bajos, cerca de 2 mgO₂/L. Esta condición restringe el uso del agua a la Categoría B, con la posibilidad de llegar a la Categoría D en el tramo 4. No obstante, aguas abajo de esta descarga, la corriente muestra una notable capacidad de reoxigenación, permitiendo una recuperación hasta alcanzar la Categoría A en el tramo 7. En resumen, en este escenario simulado, los usos del agua permitidos se establecen como **Categoría A** para los tramos 1, 3 y 7, y **Categoría B** para el tramo 4.

Escenario Largo Plazo 2034

Este escenario simula el cumplimiento de la carga máxima permisible en la PTAR, considerando la proyección del caudal con base en el crecimiento poblacional. La calidad del agua presenta un comportamiento similar al proyectado en el escenario a mediano plazo para 2029 en la parte alta de la corriente, aunque se observa un aumento significativo en la concentración de oxígeno disuelto respecto al escenario 2029, tras la descarga de la PTAR, alcanzando aproximadamente 3.5 mgO₂/L. Estas concentraciones permiten el uso del agua bajo condiciones de Categoría B. En el tramo 7, la corriente demuestra su capacidad de asimilación de contaminantes, recuperando las condiciones para los usos de Categoría A. En este escenario simulado, las restricciones impuestas a la descarga de la PTAR mejoran la calidad del agua en la parte media de la corriente, permitiendo usos de la **Categoría A** en los tramos 1, 3 y 7, y de la **Categoría B** en el tramo 4.

Escenario Largo Plazo 2034 Ideal

En este escenario, la operación de la PTAR se ajusta para alcanzar una eliminación del 80% de la carga contaminante vertida. Esta medida resulta en un aumento significativo de las concentraciones de oxígeno disuelto en los tramos afectados por la carga contaminante. Como consecuencia, se logra mantener la **Categoría A** de usos en todos los tramos analizados, superando los 5 mgO₂/L requeridos.

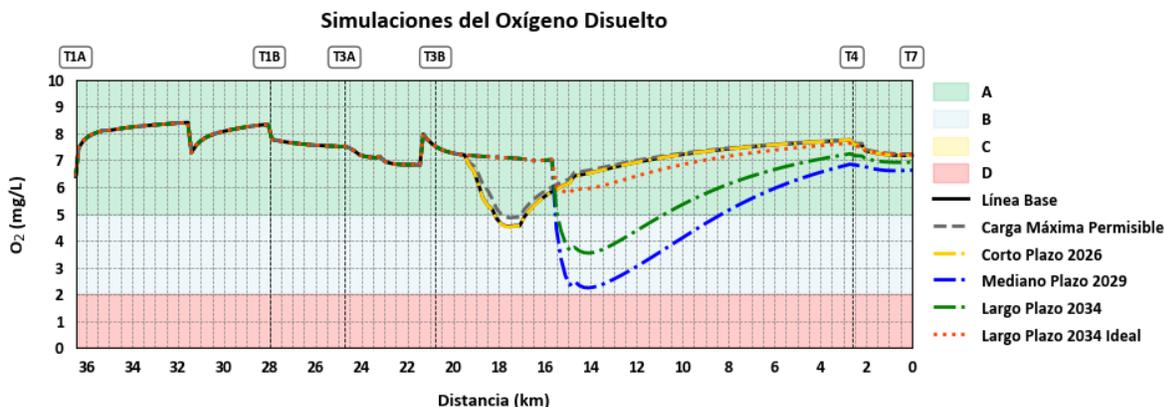


Figura 147. Resultados de las Simulaciones para el Oxígeno Disuelto en la Quebrada Buenavista

2.3.2.1.4. pH

Escenario Línea Base

En este escenario, se observa un comportamiento estable en la parte alta de la corriente principal de la Quebrada Buenavista, con un pH de 8, lo que indica una ligera tendencia hacia la alcalinidad, aunque permanece dentro de la Categoría A para los usos establecidos. Al llegar a las descargas de aguas residuales domésticas (ARD) del casco urbano de Quimbaya (tramo 4 - Km 19.21), el pH disminuye a aproximadamente 7.4, lo que sugiere una dilución de los iones alcalinos en la corriente hídrica debido a la incorporación de compuestos que son ligeramente ácidos o neutros. A pesar de este cambio, el pH sigue siendo adecuado para mantener la Categoría A de usos, aunque evidencia la influencia de las descargas directas en la química natural del agua. En la parte baja, cerca de la confluencia con la Quebrada La Silenciosa (tramo 7 - Km 2.61), se registra otra disminución del pH, pero sin afectar significativamente la calidad del agua. En conclusión, este análisis muestra que para este escenario todos los tramos evaluados continúan cumpliendo con los criterios de la **Categoría A** de uso.

Escenario de Carga Máxima Permissible

Se modela las condiciones de calidad del agua de la Quebrada Buenavista, garantizando el cumplimiento de la carga máxima permissible de vertimientos establecida en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Se evidencia una condición estable y coherente con la proyectada para el escenario base, con niveles de pH adecuados que permiten clasificar todos los tramos analizados dentro de la **Categoría A** de usos.

Escenario Corto Plazo 2026

Este análisis evalúa las cargas vertidas en la corriente de la Quebrada Buenavista, teniendo en cuenta el crecimiento poblacional y la ausencia de medidas de saneamiento por parte de la empresa de servicios públicos. Se observa que el pH permanece comparable al del escenario base. En términos generales, la proyección de calidad del agua para el año 2026 indica que el crecimiento poblacional no tendrá un impacto significativo en comparación con el escenario base, manteniéndose los usos de agua de **Categoría A** para todos los tramos.

Escenario Mediano Plazo 2029

La construcción y puesta en operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), planificada en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) para la Quebrada Buenavista (tramo 4 - Km 15.55), contempla una descarga puntual sin tratamiento y un caudal proyectado en función del crecimiento poblacional. Esto resulta en una reducción del pH de la corriente hídrica, modificando la tendencia alcalina hacia una condición más neutra, lo cual sigue cumpliendo con los requisitos de la Categoría A de usos. Este efecto de dilución se intensifica en la corriente hídrica, probablemente debido al aumento del caudal vertido, ya que, en este escenario, también se incluyen las descargas de aguas residuales domésticas (ARD) vertidas en la Quebrada Agua Linda. En este contexto simulado, los usos del agua se mantienen clasificados como **Categoría A** en todos los tramos evaluados.

Escenario Largo Plazo 2034

Este escenario simula el cumplimiento de la carga máxima permisible en la PTAR, tomando en cuenta la proyección del caudal basada en el crecimiento poblacional. La calidad del agua sigue un comportamiento similar al proyectado en el escenario a mediano plazo para el año 2029. Estas condiciones de calidad permiten mantener el uso del agua dentro de la **Categoría A** en todos los tramos evaluados.

Escenario Largo Plazo 2034 Ideal

En este escenario, la operación de la PTAR se ajusta para alcanzar una eliminación del 80% de la carga contaminante vertida. Esta medida resulta en un leve aumento en el pH, pero sin reflejar cambios significativos de este parámetro respecto a los escenarios a mediano y largo plazo. Se permite la **Categoría A** de usos para todos los tramos de corriente.

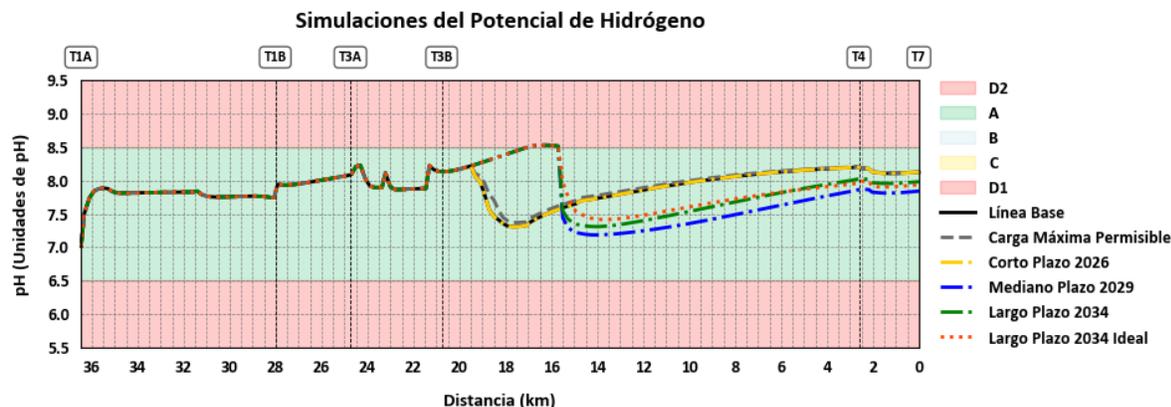


Figura 148. Resultados de las Simulaciones para el pH en la Quebrada Buenavista

2.3.2.1.5. Coliformes Totales

Escenario Línea Base

Se observa una notable variabilidad en los niveles de coliformes totales en los tramos 1 y 3 de la Quebrada Buenavista. En estos tramos se encuentran ubicadas las bocatomas del Acueducto Regional Rural de Filandia (tramo 1A - Km 36.45) y del casco urbano de Quimbaya (tramo 3A - Km 24.75), presentando condiciones aceptables de calidad del agua para ser consideradas en la **Categoría B y A** respectivamente. Estas captaciones, destinadas para el consumo humano y doméstico, cumplen con los criterios mínimos de calidad del agua establecidos para este propósito, manteniendo niveles inferiores a 20,000 NMP/100 mL. Sin embargo, es importante señalar que, debido a las concentraciones de coliformes totales detectadas, es necesario continuar con el tratamiento convencional del agua por parte de las empresas de servicios públicos. Por otro lado, con la incorporación de las descargas de aguas residuales domésticas (ARD) del casco urbano de Quimbaya, los niveles de coliformes aumentan significativamente, restringiendo el uso del agua en el tramo 4 a la **Categoría D**. Posteriormente, la entrada de la Quebrada La Silenciosa provoca un nuevo incremento en la carga orgánica, lo que sitúa el tramo 7 en la **Categoría A** de uso.

Escenario de Carga Máxima Permissible

Se modelan las condiciones de calidad del agua de la Quebrada Buenavista para garantizar el cumplimiento de la carga máxima permissible de vertimientos, según lo establecido en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. En la parte alta de la corriente, no se observa ningún cambio en las concentraciones de coliformes totales, ya que para estos tramos no se cuenta con vertimientos directos de ARD identificados para la simulación del escenario. Con esto, los tramos 1A, 1B, 3A y 3B continúan en la **Categoría B, C, A y C** respectivamente. Por otro lado, se observa una reducción en los

niveles de coliformes totales en el tramo 4 (Km 19.21), acercándose a los 20,000 NMP/100 mL permitidos. Aún así, este tramo conserva la **Categoría D** de usos. Asimismo, en la zona de confluencia con la Quebrada La Silenciosa (tramo 7 - Km 2.61), se registra una disminución en la carga orgánica del tramo 7, alcanzando la **Categoría A** de usos.

Escenario Corto Plazo 2026

Se evalúan las cargas vertidas en la corriente de la Quebrada Buenavista, considerando el crecimiento poblacional y la falta de medidas de saneamiento implementadas por la empresa de servicios públicos. Se observa que los niveles de coliformes totales se mantienen comparables al escenario base. En consecuencia, la proyección de la calidad del agua para el año 2026 sugiere que el crecimiento poblacional no tendrá un impacto significativo en comparación con el escenario base, manteniendo los tramos 1A, 1B, 3A y 3B en la **Categoría B, C, A y C** respectivamente, el tramo 4 en la **Categoría D**, y el tramo 7 en la **Categoría A**.

Escenario Mediano Plazo 2029

La construcción y puesta en operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), prevista en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) para la Quebrada Buenavista (tramo 4 - Km 15.55), incluye una descarga puntual sin tratamiento y un caudal proyectado de acuerdo con el crecimiento poblacional. Esta PTAR tiene un impacto significativo en la calidad del agua de la Quebrada Buenavista, especialmente en los niveles de coliformes totales, que aumentan a concentraciones superiores a 10^6 NMP/100 mL, lo que clasifica el tramo 4 en la **Categoría D** de usos permitidos. En resumen, en este escenario simulado, los usos del agua se establecen con los tramos 1A, 1B, 3A y 3B en la **Categoría B, C, A y C** respectivamente, el tramo 4 en la **Categoría D**, y el tramo 7 en la **Categoría A**.

Escenario Largo Plazo 2034

Este escenario simula el cumplimiento de la carga máxima permisible en la PTAR, tomando en cuenta la proyección del caudal basada en el crecimiento poblacional. Los niveles de coliformes totales muestran un comportamiento similar al previsto en el escenario a mediano plazo para 2029 en la parte alta de la corriente. Sin embargo, se observa una reducción en la concentración de coliformes totales en comparación con el escenario de 2029, tras la descarga de la PTAR, alcanzando aproximadamente 10^5 NMP/100 mL. Estas concentraciones permiten mantener el uso del agua bajo las condiciones de **Categoría D**. En este escenario simulado, las restricciones aplicadas a la descarga de la PTAR mejoran la calidad del agua en la parte media de la corriente, permitiendo que los tramos 1A, 1B, 3A y 3B continúen en la **Categoría B, C, A y C** respectivamente, el tramo 4 en la **Categoría D**, y el tramo 7 en la **Categoría A**.

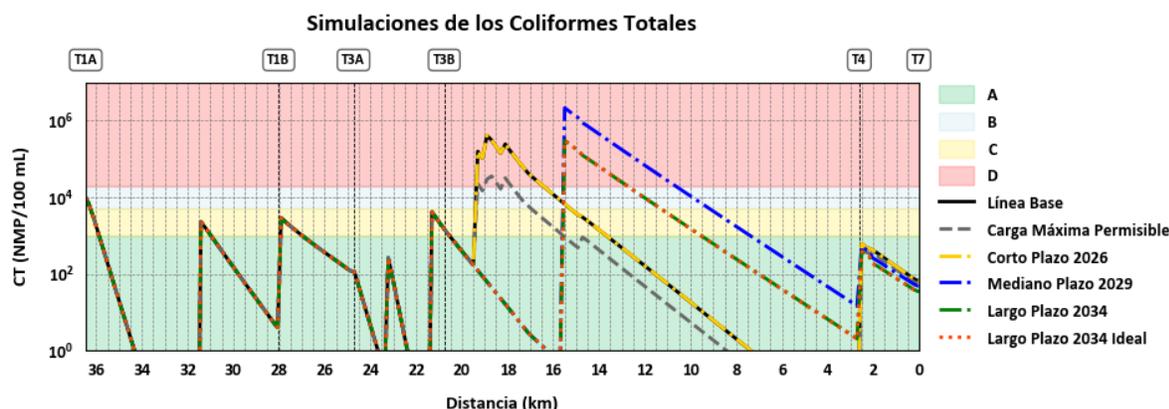


Figura 149. Resultados de las Simulaciones para Coliformes Totales en la Quebrada Buenavista

Escenario Largo Plazo 2034 Ideal

En este escenario, la PTAR se configura para lograr una remoción del 80% de la carga contaminante vertida. Al comparar la carga de coliformes totales proyectada para el escenario a mediano plazo de 2029 con la del escenario a largo plazo de 2034, se observa una reducción cercana al 85%. Esta remoción es más estricta que la planteada en el escenario ideal, por lo que se mantienen los niveles de coliformes totales en el escenario a largo plazo. Como resultado, los tramos 1A, 1B, 3A y 3B continúan en la **Categoría B**, C, A y C respectivamente, respectivamente, el tramo 4 en la **Categoría D**, y el tramo 7 en la **Categoría A**.

2.3.2.1.6. Nitrógeno Amoniacal

Escenario Línea Base

Para este escenario, las concentraciones de nitrógeno amoniacal en la corriente principal son bajas desde la parte alta de la corriente principal (tramo 1A - Km 36.45) hasta aguas arriba del casco urbano de Quimbaya (tramo 3B - Km 20.77), lo que refleja una influencia limitada de afluentes como las quebradas Agua Bonita (tramo 1B - Km 31.52), Bambuco (tramo 3A - Km 28.01), La Arenosa (tramo 3B - Km 23.33) y Armenia (tramo 3B - Km 21.41). Al pasar por el casco urbano de Quimbaya, las descargas directas de aguas residuales domésticas (ARD) en la corriente principal (tramo 4 - Km 19.21) elevan las concentraciones de nitrógeno amoniacal hasta aproximadamente 0.4 mg N/L.

Otro incremento significativo se observa en la confluencia con la Quebrada La Silenciosa (tramo 7 - Km 2.61), donde las concentraciones alcanzan alrededor de 0.5 mg N/L. Esto se debe a los aportes contaminantes del casco urbano de Quimbaya en la parte alta del afluente y a las descargas directas del sector turístico, como las provenientes de Fincas PANACA y Decameron - PANACA. En términos generales, para este escenario, se permiten todos los usos en los cuatro parámetros de análisis correspondientes a la **Categoría A**.

Escenario de Carga Máxima Permisible

Este escenario simula las condiciones de calidad del agua de la Quebrada Buenavista bajo el cumplimiento de las cargas máximas permisibles de vertimientos, según lo establecido en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Se observa un comportamiento similar en las concentraciones de nitrógeno amoniacal en comparación con el escenario base a lo largo de la corriente principal, lo que sugiere un efecto neutro en la adaptación de las cargas máximas a los vertimientos existentes. Las condiciones de calidad de este parámetro se mantienen dentro de la **Categoría A** para los cuatro tramos analizados.

Escenario Corto Plazo 2026

En este escenario, se evalúan las cargas vertidas a la corriente de la Quebrada Buenavista considerando el incremento poblacional y sin la implementación de las acciones de saneamiento planificadas por la empresa de servicios públicos. Las concentraciones de nitrógeno amoniacal se mantienen similares a las del escenario base, lo que indica que el crecimiento poblacional no tiene un impacto significativo en el aumento o disminución de las concentraciones de este parámetro. Como resultado, se mantienen todos los usos previstos para los cuatro tramos analizados dentro de la **Categoría A**.

Escenario Mediano Plazo 2029

La construcción y operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), contemplada en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) para la Quebrada Buenavista (Km 15.55), junto con la inclusión de una carga puntual sin tratamiento y un caudal proyectado en función del crecimiento poblacional, evidencian un impacto significativo en la calidad del agua del tramo 4. En esta sección, las concentraciones de nitrógeno amoniacal aumentan a aproximadamente 1.2 mg N/L, restringiendo el uso del agua a la Categoría D. Asimismo, en la confluencia con la Quebrada La Silenciosa (tramo 7 - Km 2.61), se registran incrementos en las concentraciones debido a la carga contaminante que este afluente aporta a la calidad de la Quebrada Buenavista. No obstante, en este tramo se mantiene la Categoría A para los usos permitidos. En conclusión, bajo este escenario de simulación, los usos permitidos

se clasifican como **Categoría A** para los tramos 1, 3 y 7, y como **Categoría D** para el tramo 4.

Escenario Largo Plazo 2034

Este escenario evalúa el cumplimiento de la carga máxima permisible en la descarga de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), según lo estipulado en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Además, se considera la proyección del caudal en función del crecimiento poblacional. Se observa una reducción significativa en la concentración de nitrógeno amoniacal en el tramo 4 de la corriente, disminuyendo a 0.8 mg N/L, lo que permite mantener la Categoría A para los usos del agua. En general, todos los usos previstos para los cuatro tramos analizados se mantienen dentro de la **Categoría A**.

Escenario Largo Plazo 2034 Ideal

En este escenario, la PTAR se ajusta para lograr una remoción del 80% de la carga contaminante vertida. Esta medida conduce a una reducción significativa en las concentraciones de nitrógeno amoniacal a lo largo de los tramos impactados por las descargas de aguas residuales domésticas (ARD), garantizando así la conservación de la **Categoría A** para toda la corriente hídrica.

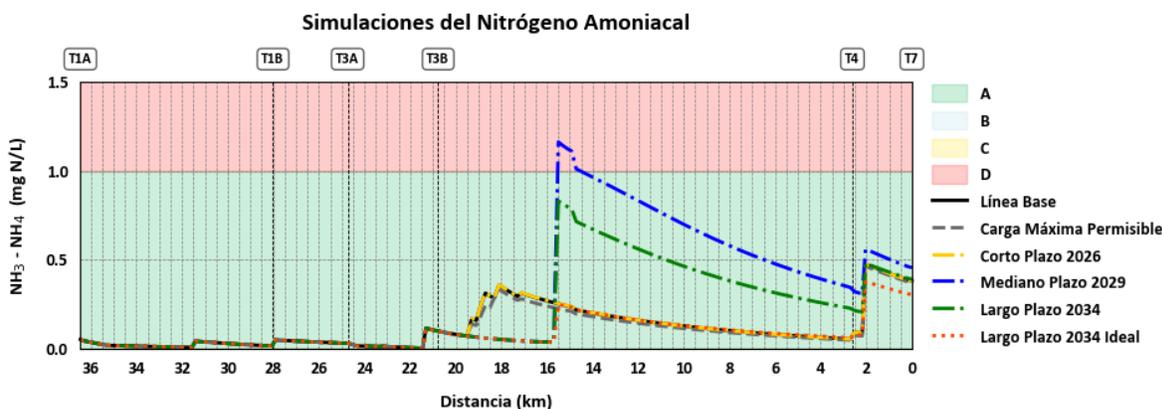


Figura 150. Resultados de las Simulaciones para el Nitrógeno Amoniacal en la Quebrada Buenavista

2.3.2.1.7. Nitritos y Nitratos

Escenario Línea Base

Para este escenario, las concentraciones de nitritos y nitratos permanecen bajas a lo largo de toda la corriente principal de la Quebrada Buenavista, con valores inferiores a

1 mg N/L. Con esto se determina la **Categoría A** de usos permitidos para todos los tramos de análisis.

Escenario de Carga Máxima Permisible

Este escenario simula las condiciones de calidad del agua de la Quebrada Buenavista bajo el cumplimiento de la carga máxima permisible de vertimientos, tal como se establece en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Se observa que la calidad del agua, en términos de nitritos y nitratos, se mantiene similar a la del escenario base, indicando que las medidas restrictivas no tienen un impacto significativo en las concentraciones de este parámetro. Para todos los tramos de análisis, se define la **Categoría A** de usos.

Escenario Corto Plazo 2026

En este escenario, se analizan las cargas vertidas en la corriente hídrica de la Quebrada Buenavista, considerando el incremento poblacional y sin implementar las acciones de saneamiento previstas por la empresa de servicios públicos. Las concentraciones de nitritos y nitratos se mantienen constantes a lo largo de toda la corriente principal de la Quebrada Buenavista, lo que sugiere que el aumento poblacional no afecta la calidad del agua en el escenario a corto plazo proyectado para 2026. Se establece la **Categoría A** de usos para todos los tramos analizados.

Escenario Mediano Plazo 2029

La construcción y operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), contemplada en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) para la Quebrada Buenavista (tramo 4 - Km 15.55), junto con la incorporación de una carga puntual sin tratamiento y un caudal proyectado considerando el crecimiento poblacional, resultan en un aumento de las concentraciones de nitritos y nitratos hasta aproximadamente 1.7 mg N/L. Sin embargo, estos cambios no suponen ningún riesgo para la calidad del agua en relación con este parámetro, manteniéndose la **Categoría A** de usos para todos los tramos analizados.

Escenario Largo Plazo 2034

Este escenario evalúa el cumplimiento de la carga máxima permisible en la descarga de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), de acuerdo con lo establecido en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015, además de considerar la proyección del caudal en función del crecimiento poblacional. Las concentraciones de nitratos y nitritos presentan un comportamiento similar al del escenario proyectado a mediano plazo para 2029, con una ligera disminución en los niveles en el punto de descarga de la PTAR (tramo 4 - Km 15.55) al aplicar las medidas restrictivas de carga máxima

permisible. Dentro de este marco de simulación, los usos permitidos se mantienen bajo la **Categoría A** para todos los tramos analizados.

Escenario Largo Plazo 2034 Ideal

En este escenario, la PTAR se ajusta para lograr una remoción del 80% de la carga contaminante vertida. Esta intervención produce una reducción significativa en las concentraciones de nitratos y nitritos en el punto de descarga de la PTAR (tramo 4 - Km 15.55), alcanzando niveles comparables a los del escenario base. Por esta razón, se mantiene la **Categoría A** de usos para todos los tramos analizados.

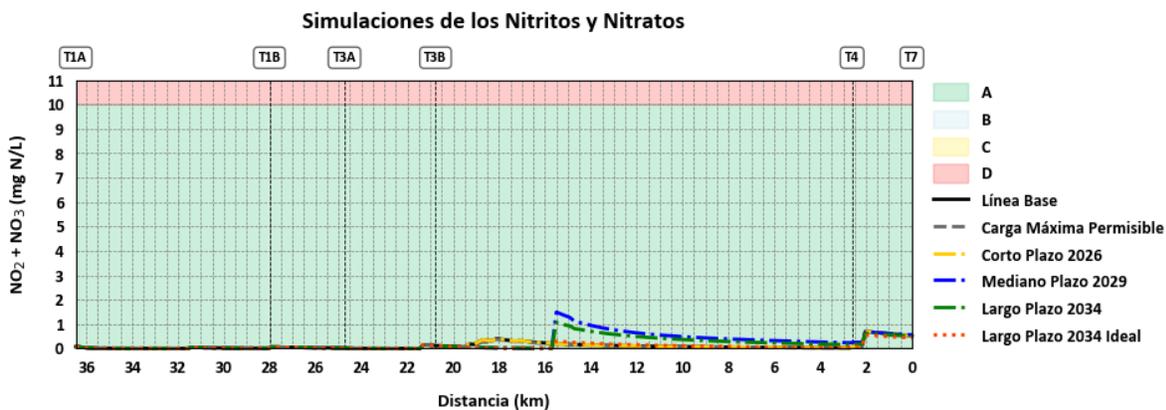


Figura 151. Resultados de las Simulaciones para el Nitrito y Nitrato en la Quebrada Buenavista

2.3.2.1.8. Fósforo Total

Escenario Línea Base

Para este escenario, las concentraciones de fósforo total desde la parte alta de la corriente principal (tramo 1A - Km 36.45) hasta aguas arriba de la influencia del casco urbano de Quimbaya (tramo 3B - Km 20.77) son bajas, lo que indica un escaso aporte de fósforo total para los tramos 1 y 3. Al pasar por el casco urbano de Quimbaya, las descargas directas de aguas residuales domésticas (ARD) sobre la corriente principal (tramo 4 - Km 19.21) incrementan la concentración de fósforo a un máximo aproximado de 0.35 mg P/L. Otro aumento adicional en la concentración de fósforo total se observa en la confluencia con la Quebrada La Silenciosa (tramo 7 - Km 2.61), alcanzando aproximadamente 0.2 mg P/L. En términos generales, para este escenario se permiten todos los usos contemplados en los cuatro ámbitos de análisis correspondientes a la **Categoría A**.

Escenario de Carga Máxima Permissible

Se simulan las condiciones de calidad del agua de la Quebrada Buenavista bajo el cumplimiento de la carga máxima permisible de vertimientos definido en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Se observa un comportamiento similar en las concentraciones de fósforo total en comparación con el escenario base a lo largo de la corriente principal, lo que sugiere un efecto neutro en la adaptación de las cargas máximas a los vertimientos existentes. Las condiciones de calidad de este parámetro se mantienen dentro de la **Categoría A** para los cuatro tramos analizados.

Escenario Corto Plazo 2026

En este escenario, se analizan las cargas vertidas a la corriente hídrica de la Quebrada Buenavista, tomando en cuenta el incremento poblacional y sin implementar las acciones de saneamiento previstas por la empresa de servicios públicos. Las concentraciones de fósforo total se mantienen similares a las del escenario base lo que indica que el crecimiento poblacional no tiene un impacto significativo en el aumento o disminución de las concentraciones de este parámetro. Como resultado, se mantienen todos los usos previstos para los cuatro tramos analizados dentro de la **Categoría A**.

Escenario Mediano Plazo 2029

La construcción y operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), contemplada en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) para la Quebrada Buenavista (tramo 4 - Km 15.55), junto con la incorporación de una carga puntual sin tratamiento y un caudal proyectado acorde con el crecimiento poblacional, revelan un impacto considerable en la calidad del agua del tramo 4. En esta ubicación, las concentraciones de fósforo total alcanzan aproximadamente 1 mg P/L, lo que limita el uso del agua a la Categoría D. Además, en la confluencia con la Quebrada La Silenciosa (tramo 7 - Km 2.61), se observan aumentos en las concentraciones de contaminantes debido a la carga adicional que este afluente introduce a la calidad de la Quebrada Buenavista. Sin embargo, en este tramo se mantiene la clasificación de Categoría A para los usos permitidos. En resumen, según este escenario de simulación, los usos permitidos se clasifican como **Categoría A** en los tramos 1, 3 y 7, y como **Categoría D** en el tramo 4.

Escenario Largo Plazo 2034

Se evalúa el cumplimiento de la carga máxima permisible en la descarga de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), según lo estipulado en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Además, se considera la proyección del caudal en función del crecimiento poblacional. Se observa un comportamiento similar en las concentraciones respecto al escenario a mediano plazo 2029, por lo que se infiere que la restricción a la PTAR ya cuenta con los niveles máximos permisibles según la norma

nacional. Con esto, se mantiene la **Categoría A** de uso en los tramos 1, 3 y 7, y **Categoría D** en el tramo 4.

Escenario Largo Plazo 2034 Ideal

En este escenario, la PTAR se ajusta para lograr una remoción del 80% de la carga contaminante vertida. Esta medida conduce a una reducción significativa en las concentraciones de fósforo total a lo largo de los tramos impactados por las descargas de aguas residuales domésticas (ARD), garantizando así la conservación de la **Categoría A** para toda la corriente hídrica.

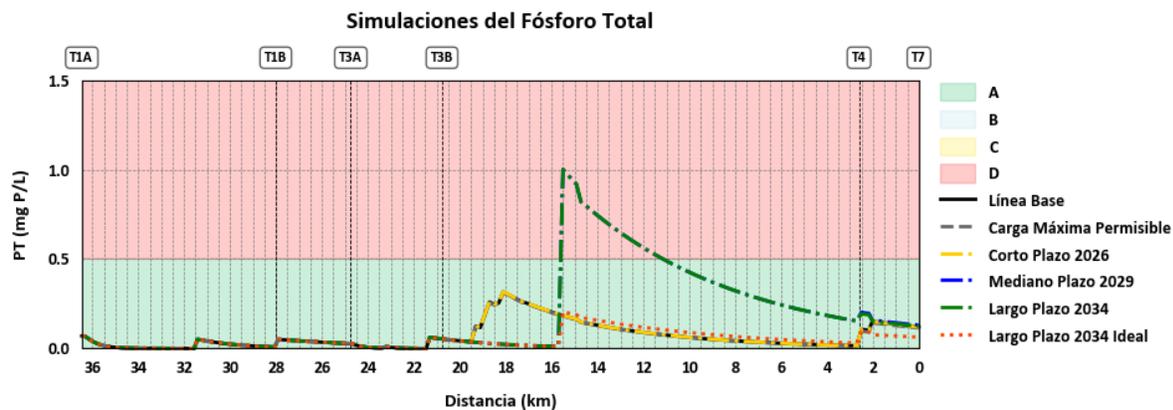


Figura 152. Resultados de las Simulaciones para el Fosforo Total en la Quebrada Buenavista

2.3.2.2. Resultados de la simulación para el cauce principal de la Quebrada La Silenciosa

Para el modelo de calidad en la Quebrada La Silenciosa, se estableció el inicio de la simulación de escenarios en el punto de monitoreo SIL-01, ubicado a la altura del Km 3.27 desde la confluencia de la Quebrada con La Silenciosa con la Quebrada Buenavista. En este punto, ya se ha considerado la carga contaminante de ARD proveniente del casco urbano de Quimbaya, específicamente de los puntos de vertimiento QAD13 y QAD14. Los tramos definidos permiten determinar los usos potenciales y los objetivos de calidad para esta corriente:

Tramo 5: Definido desde el nacimiento de la Quebrada La Silenciosa en el casco urbano del municipio de Quimbaya hasta aguas arriba de su confluencia a la Quebrada Buenavista (Km 0).

- **Tramo 5A:** Definido desde el nacimiento de la Quebrada La Silenciosa en el casco urbano del municipio de Quimbaya hasta aguas arriba de la bocatoma del Acueducto La Silenciosa (Km 2.7).
- **Tramo 5B:** Definido desde aguas abajo de la bocatoma del Acueducto La Silenciosa (Km 2.7) hasta aguas arriba de su confluencia a la Quebrada Buenavista (Km 0).

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del modelo de calidad de agua para los escenarios de simulación y su comparación con las categorías de calidad definidas. Los determinantes analizados son: Sólidos Suspendedos Totales (SST), Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅), Oxígeno Disuelto, Potencial de hidrógeno (pH), Coliformes Totales, Nitrógeno Amoniacal, Nitratos + Nitritos, y Fosforo Total.

2.3.2.2.1. SST

Escenario Línea Base

Los niveles iniciales de sólidos suspendidos totales (SST) en el escenario base se consideran bajos, comenzando desde el punto de monitoreo SIL-01 (tramo 5A - Km 3.27) hasta aguas arriba de la descarga de ARD de Fincas PANACA (tramo 5A - Km 1.94), con un promedio de 10 mg/L. Estos niveles permiten clasificar esta sección en la **Categoría A** de usos, una condición relevante dado que en esta zona se encuentra la captación de la Asociación de Usuarios del Acueducto La Silenciosa (tramo 5A - Km 2.7), cuyo principal objetivo es el suministro de agua para consumo humano y uso doméstico. Con la incorporación de los vertimientos provenientes de Fincas PANACA (tramo 5B - Km 1.94) y Decameron-PANACA (tramo 5B - Km 1.79), se registra un aumento significativo en la concentración de SST, alcanzando los 70 mg/L, lo que establece los usos de la **Categoría D** para esta área. Más adelante, aguas abajo, con la incorporación de afluentes como la Quebrada Belén (tramo 5B - Km 0.58), se observa un efecto de dilución considerable en la corriente principal de la Quebrada La Silenciosa, reduciendo las concentraciones a niveles inferiores a 30 mg/L, permitiendo que el sector retorne a la **Categoría A** de usos antes de su confluencia con la Quebrada Buenavista (Km 0).

Escenario de Carga Máxima Permissible

Este escenario simula las condiciones de calidad del agua de la Quebrada La Silenciosa bajo el cumplimiento de la carga máxima permissible de vertimientos definido en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Se registra un comportamiento similar al del escenario base tanto para el tramo correspondiente a la captación del Acueducto La Silenciosa (tramo 5A - Km 2.7) (**Categoría A**), como para el tramo influenciado por los vertimientos de Fincas PANACA (tramo 5B - Km 1.94) y Decameron-PANACA (tramo 5B - Km 1.79) (**Categoría D**). De igual manera, se observa el efecto de dilución causado por el ingreso al sistema de la Quebrada Belén (tramo 5B - Km 0.58).

Escenario Corto Plazo 2026

En este análisis, se examinan las cargas vertidas en la corriente hídrica de la Quebrada La Silenciosa, considerando el crecimiento poblacional y la ausencia de implementación de acciones de saneamiento por parte de la empresa de servicios públicos. Las concentraciones a lo largo de los tramos no muestran variaciones significativas en comparación con el escenario base, por lo que la proyección de calidad para el año 2026 indica que el incremento poblacional no tiene un impacto relevante. Así, se mantienen los usos para la captación del Acueducto La Silenciosa (tramo 5A - Km 2.7) en la **Categoría A**, mientras que el tramo influenciado por los vertimientos de Fincas PANACA (tramo 5B - Km 1.94) y Decameron-PANACA (tramo 5B - Km 1.79) permanecen en la **Categoría D**.

Escenario Mediano Plazo 2029

Con la construcción y operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), proyectada en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) sobre la Quebrada Buenavista, se eliminan los vertimientos QAD13 y QAD14, ubicados en la parte alta de la Quebrada La Silenciosa. Estas acciones de saneamiento no generan variaciones en la concentración de sólidos suspendidos totales (SST) en el punto de monitoreo SIL-01 (tramo 5A - Km 3.27), ni en la captación del Acueducto La Silenciosa (tramo 5A - Km 2.7). No obstante, la eliminación de estos vertimientos provenientes del casco urbano de Quimbaya es fundamental para prevenir posibles alteraciones en la calidad del agua que comprometan su uso prioritario, como el consumo humano y doméstico. En este escenario, se mantiene la **Categoría A** para los usos asociados a la captación del Acueducto La Silenciosa (tramo 5A - Km 2.7), y la **Categoría D** para el tramo con los vertimientos provenientes de las Fincas PANACA (tramo 5B - Km 1.94) y Decameron-PANACA (tramo 5B - Km 1.79). Finalmente, se retoma la **Categoría A** en el tramo final antes de la desembocadura en la Quebrada Buenavista.

Escenario Largo Plazo 2034

Este escenario evalúa el cumplimiento de la carga máxima permisible en las descargas de Fincas PANACA (tramo 5B - Km 1.94) y Decameron-PANACA (tramo 5B - Km 1.79), de acuerdo con lo establecido en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. También se considera la proyección del caudal en función del crecimiento poblacional flotante. La calidad del agua refleja un comportamiento similar al proyectado para 2029 en el escenario a mediano plazo, con concentraciones que superan los 30 mg/L. Aunque se observa una ligera mejora en las concentraciones de sólidos suspendidos totales (SST) en el tramo 5B afectado por los vertimientos, no se registran cambios significativos en la calidad general del agua, cumpliendo con los parámetros de carga vertida que exceden los máximos permisibles. Se conserva la **Categoría A** para los usos asociados a la

captación del Acueducto La Silenciosa (tramo 5A - Km 2.7), la **Categoría D** para los vertimientos de las Fincas PANACA (tramo 5B - Km 1.94) y Decameron-PANACA (tramo 5B Km 1.79). Al final del tramo 5B antes de su desembocadura en la Quebrada Buenavista se vuelve a la **Categoría A**.

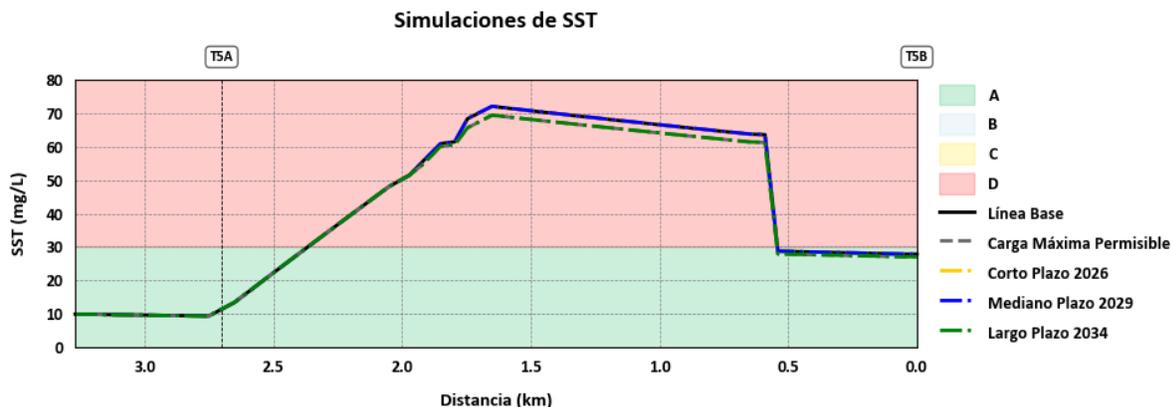


Figura 153. Resultados de las Simulaciones para los SST en la Quebrada La Silenciosa

2.3.2.2.2. DBO₅

Escenario Línea Base

En este escenario, se observa que las concentraciones de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) son bajas desde el punto de monitoreo SIL-01 (tramo 5A - Km 3.27) hasta aguas arriba de la descarga de aguas residuales domésticas (ARD) de Fincas PANACA (tramo 5A - Km 1.94), reflejando una leve influencia en época seca de los vertimientos QAD13 y QAD14 en la parte alta de la corriente principal, debido a la gran capacidad de recuperación y asimilación de agentes contaminantes por parte de la Quebrada La Silenciosa, con valores cercanos a 2 mg O₂/L. Sin embargo, al recibir los vertimientos de Fincas PANACA (tramo 5B - Km 1.94) y Decameron-PANACA (tramo 5B - Km 1.79), la concentración de DBO₅ se eleva a aproximadamente 5.5 mg O₂/L, lo que requiere clasificar este sector bajo la Categoría B. Posteriormente, la corriente experimenta un proceso de autorrecuperación, que, junto con el aporte de la Quebrada Belén (Km 0.58), provoca una dilución de la carga contaminante, reduciendo los niveles de DBO₅ a aproximadamente 3 mg O₂/L. Con base en estos resultados, se establece la **Categoría A** para los usos asociados a la captación del Acueducto La Silenciosa (tramo 5A - Km 2.7), la **Categoría B** para el tramo afectado por los vertimientos de Fincas PANACA (tramo 5B - Km 1.94) y Decameron-PANACA (tramo 5B - Km 1.79).

Escenario de Carga Máxima Permisible

Este escenario modela las condiciones de calidad del agua en la Quebrada La Silenciosa, garantizando el cumplimiento de la carga máxima permisible de vertimientos establecida en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Los niveles iniciales de DBO_5 muestran un comportamiento similar al del escenario base en el tramo 5A. Sin embargo, en el tramo 5B, donde influyen los vertimientos de Fincas PANACA (tramo 5B - Km 1.94) y Decameron-PANACA (tramo 5B - Km 1.79), se observa una reducción en la concentración de este parámetro a 4 mg O_2/L , lo que permite mantener la **Categoría A** de usos hasta el final del tramo (Km 0). La restricción en la carga, impuesta a los sistemas de tratamiento de aguas residuales de Fincas PANACA y Decameron-PANACA, permite restablecer las condiciones de calidad del agua, preservando la **Categoría A** de usos para los tramos de análisis.

Escenario Corto Plazo 2026

Este escenario evalúa las cargas vertidas a la Quebrada La Silenciosa, considerando el crecimiento poblacional y la falta de acciones de saneamiento planificadas por la empresa de servicios públicos. Se observa que las concentraciones de DBO_5 se mantienen similares a las del escenario base en ambos tramos analizados, lo que indica que el aumento poblacional no genera un impacto significativo en la calidad del agua proyectada para el año 2026. En este contexto, el tramo 5A se clasifica dentro de la **Categoría A** de usos, mientras que el tramo 5B corresponde a la **Categoría B**.

Escenario Mediano Plazo 2029

Con la construcción y operación de la PTAR, proyectada en el PSMV sobre la Quebrada Buenavista, se eliminan los vertimientos QAD13 y QAD14, ubicados en la parte alta de la Quebrada La Silenciosa. Estas acciones de saneamiento no generan variaciones en la concentración de DBO_5 para los tramos 5A y 5B, por lo que los niveles en carga se mantienen similares a los registrados para el escenario base. Aun así, es pertinente implementar estas acciones de saneamiento para la Quebrada La Silenciosa, debido a la captación para consumo humano y doméstico situada en el tramo 5A (Km 2.7). En conclusión, en este escenario simulado, los usos permitidos se establecen como **Categoría A** para el tramo 5A y **Categoría B** para el tramo 5B.

Escenario Largo Plazo 2034

Este escenario evalúa el cumplimiento de la carga máxima permisible en las descargas de las fincas PANACA (tramo 5B - Km 1.94) y Decameron-PANACA (tramo 5B - Km 1.79), según lo establecido en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Además, se contempla la proyección del caudal en función del crecimiento poblacional flotante. La calidad del agua muestra un comportamiento similar con el escenario de carga máxima permisible proyectado, con concentraciones que no superan los 5 mg O_2/L , valor

establecido para cumplir con los criterios de la **Categoría A** de usos, tanto en el tramo 5A como en el tramo 5B.



Figura 154. Resultados de las Simulaciones para la DBO₅ en la Quebrada La Silenciosa

2.3.2.2.3. Oxígeno Disuelto

Escenario Línea Base

En este escenario, se observa que las concentraciones de oxígeno disuelto (OD) son elevadas desde la parte alta del tramo 5A (Km 3.27) hasta el final del tramo 5B, manteniendo la **Categoría A** de usos con concentraciones de aproximadamente 7 mg O₂/L. Es de resaltar la gran capacidad de reoxigenación de la Quebrada La Silenciosa, con la asimilación de carga orgánica vertida en la parte alta de la corriente.

Escenario de Carga Máxima Permissible

Se modela las condiciones de calidad del agua en la Quebrada La Silenciosa, asegurando el cumplimiento de la carga máxima permissible de vertimientos según lo dispuesto en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Las concentraciones de oxígeno disuelto presentan un comportamiento similar a las proyectadas en el escenario base a lo largo de toda la corriente, lo que permite mantener la **Categoría A** de usos en los tramos 5A y 5B.

Escenario Corto Plazo 2026

Se evalúan las cargas vertidas a la Quebrada La Silenciosa, teniendo en cuenta el crecimiento poblacional y la ausencia de acciones de saneamiento planificadas por la empresa de servicios públicos. Al igual que en el escenario base, se proyectan concentraciones de aproximadamente 7 mg O₂/L a lo largo de toda la corriente, lo que asegura la **Categoría A** de usos para ambos tramos analizados. De lo anterior, se

concluye que el crecimiento poblacional no tendrá un impacto significativo en la calidad del agua proyectada para el año 2026.

Escenario Mediano Plazo 2029

Con la construcción y operación de la PTAR, proyectada en el PSMV sobre la Quebrada Buenavista, se eliminan los vertimientos QAD13 y QAD14, ubicados en la parte alta de la Quebrada La Silenciosa. Estas acciones de saneamiento no generan variaciones en la concentración del oxígeno disuelto para los tramos 5A y 5B, por lo que los niveles en carga se mantienen similares a los registrados para el escenario base. Se mantiene la **Categoría A** de usos para toda la corriente.

Escenario Largo Plazo 2034

Este escenario evalúa el cumplimiento de la carga máxima permisible en las descargas de las fincas PANACA (tramo 5B - Km 1.94) y Decameron-PANACA (tramo 5B - Km 1.79), según lo establecido en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Además, se contempla la proyección del caudal en función del crecimiento poblacional flotante. Estas restricciones a los sistemas de tratamiento de agua residual, no presenta cambios en el comportamiento del oxígeno disuelto para los tramos de análisis, por lo que se mantiene la **Categoría A** de usos.



Figura 155. Resultados de las Simulaciones para el Oxígeno Disuelto en la Quebrada La Silenciosa

2.3.2.2.4. pH

Escenario Línea Base

En este escenario, se observa un comportamiento estable en la parte alta de la corriente principal de la Quebrada La Silenciosa, con un pH de 8, lo que indica una ligera

tendencia hacia la alcalinidad, aunque permanece dentro de la **Categoría A** para los usos establecidos tanto para el tramo 5A como para el tramo 5B. Con el ingreso de los vertimientos de Fincas PANACA (tramo 5B - Km 1.94) y Decameron-PANACA (tramo 5B - Km 1.79), el pH disminuye a aproximadamente 7.6, lo que sugiere una dilución de los iones alcalinos en la corriente hídrica debido a la incorporación de compuestos que son ligeramente ácidos o neutros.

Escenario de Carga Máxima Permissible

Se modela las condiciones de calidad del agua de la Quebrada La Silenciosa, garantizando el cumplimiento de la carga máxima permissible de vertimientos establecida en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Se evidencia una condición estable y coherente con la proyectada para el escenario base, con niveles de pH adecuados que permiten clasificar todos los tramos analizados dentro de la **Categoría A** de usos.

Escenario Corto Plazo 2026

Este análisis evalúa las cargas vertidas en la corriente de la Quebrada La Silenciosa, teniendo en cuenta el crecimiento poblacional y la ausencia de medidas de saneamiento por parte de la empresa de servicios públicos. Se observa que el pH permanece comparable al del escenario base. En términos generales, la proyección de calidad del agua para el año 2026 indica que el crecimiento poblacional no tendrá un impacto significativo, manteniéndose los usos de agua de **Categoría A** para todos los tramos.

Escenario Mediano Plazo 2029

Con la construcción y operación de la PTAR, proyectada en el PSMV sobre la Quebrada Buenavista, se eliminan los vertimientos QAD13 y QAD14, ubicados en la parte alta de la Quebrada La Silenciosa. Estas acciones de saneamiento no generan variaciones en el pH para los tramos 5A y 5B, por lo que los niveles en carga se mantienen similares a los registrados para el escenario base. Se mantiene la **Categoría A** de usos para toda la corriente.

Escenario Largo Plazo 2034

Este escenario evalúa el cumplimiento de la carga máxima permissible en las descargas de las fincas PANACA (tramo 5B - Km 1.94) y Decameron-PANACA (tramo 5B - Km 1.79), según lo establecido en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Además, se contempla la proyección del caudal en función del crecimiento poblacional flotante. Estas restricciones a los sistemas de tratamiento de agua residual, no presenta cambios en el comportamiento del pH para los tramos de análisis, por lo que se mantiene la **Categoría A** de usos.



Figura 156. Resultados de las Simulaciones para el pH en la Quebrada La Silenciosa

2.3.2.2.5. Coliformes Totales

Escenario Línea Base

En el escenario base, los niveles iniciales de coliformes totales en el tramo 5A oscilan entre 5,000 y 1,000 NMP/100 mL, lo que permite clasificar esta sección en la **Categoría C** de usos. Aunque estas concentraciones están por debajo de los 20,000 NMP/100 mL, que es el criterio mínimo de calidad del agua para consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, es necesario seguir implementando este método de desinfección debido al aumento de coliformes en épocas de lluvia, provocado por la escorrentía superficial de las ARD provenientes del casco urbano de Quimbaya. Con la incorporación de vertimientos de las fincas PANACA (tramo 5B - Km 1.94) y Decameron-PANACA (tramo 5B - Km 1.79), se registra un aumento significativo en la concentración de coliformes totales, superando los 20,000 NMP/100 mL, lo que reclasifica el tramo 5B en la **Categoría D** de usos. Aguas abajo, con la incorporación de afluentes como la Quebrada Belén (tramo 5B - Km 0.58), se observa un efecto de dilución considerable en la corriente principal de la Quebrada La Silenciosa, reduciendo las concentraciones de coliformes a niveles inferiores a 5,000 NMP/100 mL. Esto permite que el sector vuelva a la **Categoría C** de usos antes de su confluencia con la Quebrada Buenavista (Km 0).

Escenario de Carga Máxima Permissible

Este escenario modela las condiciones de calidad del agua en la Quebrada La Silenciosa, asegurando el cumplimiento de la carga máxima permissible de vertimientos establecida en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Las concentraciones de coliformes totales en el tramo 5A presentan un comportamiento similar al del escenario base, permitiendo la **Categoría A** de usos. Sin embargo, en el tramo 5B, influenciado por los vertimientos de las fincas PANACA (tramo 5B - Km 1.94) y

Decameron-PANACA (tramo 5B - Km 1.79), se registra una reducción en la concentración de este parámetro a 20,000 NMP/100 mL. A pesar de esta reducción, el tramo 5B continúa clasificándose en la **Categoría D** de usos. La restricción en la carga de vertimientos impuesta a los sistemas de tratamiento de aguas residuales de Fincas PANACA y Decameron-PANACA permite restablecer las condiciones de calidad del agua del tramo en cuestión.

Escenario Corto Plazo 2026

Este escenario evalúa las cargas vertidas a la Quebrada La Silenciosa, considerando el crecimiento poblacional y la falta de acciones de saneamiento planificadas por la empresa de servicios públicos. Se observa que las concentraciones de coliformes totales se mantienen similares a las del escenario base en ambos tramos analizados, lo que indica que el aumento poblacional no genera un impacto significativo en la calidad del agua proyectada para el año 2026. En este contexto, el tramo 5A se clasifica dentro de la **Categoría C** de usos, mientras que el tramo 5B corresponde a la **Categoría D**.

Escenario Mediano Plazo 2029

Con la construcción y operación de la PTAR, prevista en el PSMV sobre la Quebrada Buenavista, se eliminan los vertimientos QAD13 y QAD14, ubicados en la parte alta de la Quebrada La Silenciosa. A pesar de que estas acciones de saneamiento no alteran significativamente la concentración de coliformes totales en los tramos 5A y 5B, manteniéndose las cargas en niveles similares a los del escenario base, su implementación es crucial. Esto se debe a la existencia de un punto de captación para consumo humano y doméstico en el tramo 5A (Km 2.7). En conclusión, en el escenario simulado, los usos permitidos son de la **Categoría C** para el tramo 5A y de la **Categoría D** para el tramo 5B.

Escenario Largo Plazo 2034

Este escenario evalúa el cumplimiento de la carga máxima permisible en las descargas de las fincas PANACA (tramo 5B - Km 1.94) y Decameron-PANACA (tramo 5B - Km 1.79), de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Asimismo, se considera la proyección del caudal en relación con el crecimiento poblacional flotante. Con lo anterior, la calidad del agua presenta un comportamiento similar al proyectado para la carga máxima permisible, por lo que se asigna la **Categoría C** para los usos del tramo 5A y la **Categoría D** para el tramo 5B.

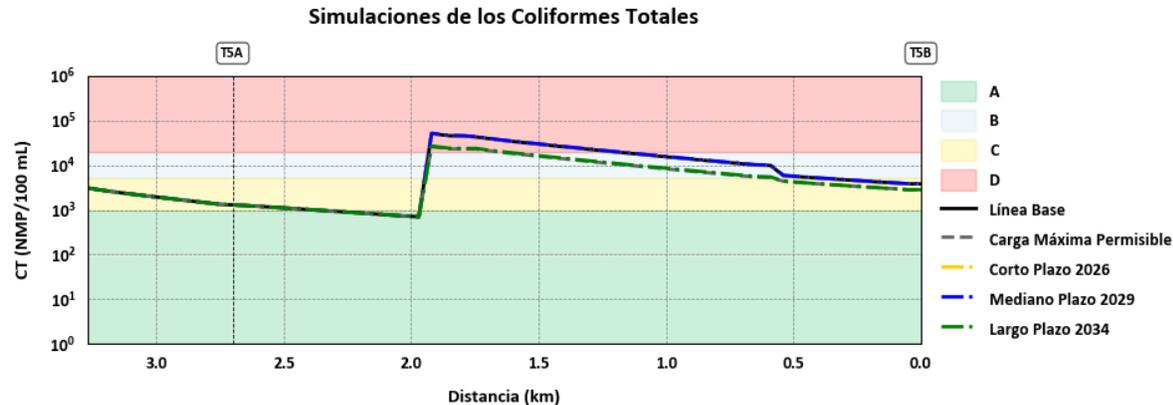


Figura 157. Resultados de las Simulaciones para los Coliformes Totales en la Quebrada La Silenciosa

2.3.2.2.6. Nitrógeno Amoniacal

Escenario Línea Base

En este escenario, se observa que las concentraciones de nitrógeno amoniacal son bajas desde el punto de monitoreo SIL-01 (tramo 5A - Km 3.27) hasta aguas arriba de la descarga de aguas residuales domésticas (ARD) de las Fincas PANACA (tramo 5A - Km 1.94), con valores cercanos a 0.4 mg N/L. No obstante, tras recibir los vertimientos de las Fincas PANACA (tramo 5B - Km 1.94) y Decameron-PANACA (tramo 5B - Km 1.79), la concentración de nitrógeno amoniacal aumenta a aproximadamente 0.75 mg N/L, manteniéndose dentro de la Categoría A de usos para el tramo 5B. Posteriormente, la corriente experimenta un proceso de autorrecuperación, que, junto con el aporte de la Quebrada Belén (Km 0.58), favorece la dilución de la carga contaminante, reduciendo los niveles de nitrógeno amoniacal a aproximadamente 0.25 mg N/L. Con base en estos resultados, se ratifica la **Categoría A** de usos para ambos tramos analizados.

Escenario de Carga Máxima Permissible

Este escenario modela las condiciones de calidad del agua en la Quebrada La Silenciosa, asegurando el cumplimiento de la carga máxima permissible de vertimientos, conforme a lo establecido en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Los niveles iniciales de nitrógeno amoniacal en el tramo 5A presentan un comportamiento similar al del escenario base. No obstante, en el tramo 5B, donde inciden los vertimientos de las Fincas PANACA (tramo 5B - Km 1.94) y Decameron-PANACA (tramo 5B - Km 1.79), se registra una disminución en la concentración de este parámetro, pasando de 0.75 a 0.5 mg N/L, manteniendo la Categoría A de usos hasta el final del tramo (Km 0). La restricción impuesta sobre la carga a los sistemas de tratamiento de aguas residuales de

Fincas PANACA y Decameron-PANACA contribuye a la recuperación de la calidad del agua, preservando la **Categoría A** de usos en los tramos evaluados.

Escenario Corto Plazo 2026

Este escenario evalúa las cargas vertidas a la Quebrada La Silenciosa, considerando el crecimiento poblacional y la falta de acciones de saneamiento planificadas por la empresa de servicios públicos. Se observa que las concentraciones de nitrógeno amoniacal se mantienen similares a las del escenario base en los dos tramos analizados, lo que indica que el aumento poblacional no genera un impacto significativo en la calidad del agua proyectada para el año 2026. En este contexto, el tramo 5A y 5B se clasifica dentro de la **Categoría A** de usos.

Escenario Mediano Plazo 2029

Con la construcción y operación de la PTAR, proyectada en el PSMV sobre la Quebrada Buenavista, se eliminan los vertimientos QAD13 y QAD14, ubicados en la parte alta de la Quebrada La Silenciosa. Estas acciones de saneamiento no generan variaciones en la concentración de nitrógeno amoniacal para los tramos 5A y 5B, por lo que los niveles en carga se mantienen similares a los registrados para el escenario base. Aun así, es pertinente implementar estas acciones de saneamiento para la Quebrada La Silenciosa, debido a la captación para consumo humano y doméstico situada en el tramo 5A (Km 2.7). En conclusión, en este escenario simulado, los usos permitidos tanto para el tramo 5A y 5B se establecen como **Categoría A**.

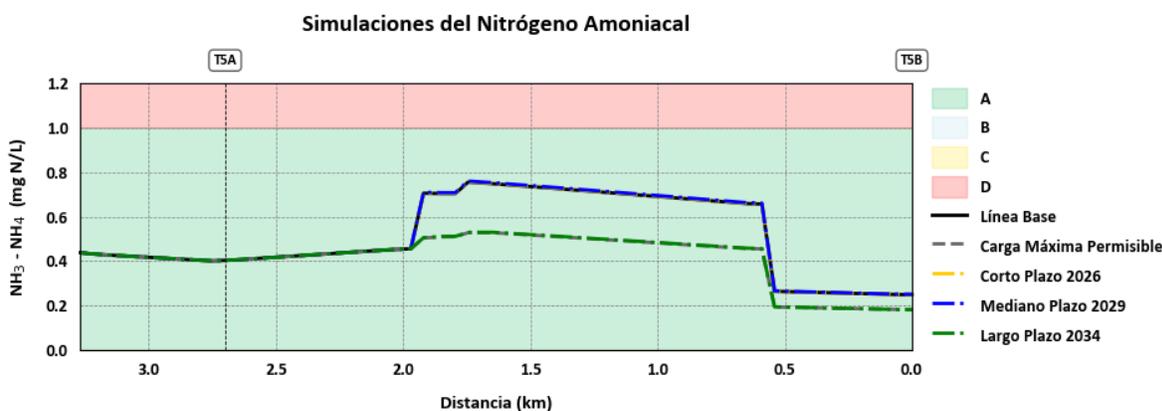


Figura 158. Resultados de las Simulaciones el Nitrógeno Amoniacal en la Quebrada La Silenciosa

Escenario Largo Plazo 2034

Este escenario evalúa el cumplimiento de la carga máxima permisible en las descargas de las fincas PANACA (tramo 5B - Km 1.94) y Decameron-PANACA (tramo 5B - Km 1.79),

según lo establecido en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Además, se contempla la proyección del caudal en función del crecimiento poblacional flotante. La calidad del agua muestra un comportamiento similar con el escenario de carga máxima permisible proyectado, cumpliendo con los criterios establecidos para la **Categoría A** de usos, tanto en el tramo 5A como en el tramo 5B.

2.3.2.2.7. Nitritos y Nitratos

Escenario Línea Base

Para este escenario, las concentraciones de nitritos y nitratos permanecen bajas a lo largo de toda la corriente principal de la Quebrada La Silenciosa, con valores inferiores a 1 mg N/L para el tramo 5A y de 1 mg N/L para el tramo 5B. Con esto se determina la **Categoría A** de usos permitidos para todos los tramos de análisis.

Escenario de Carga Máxima Permisible

Este escenario modela las condiciones de calidad del agua en la Quebrada La Silenciosa, asegurando el cumplimiento de la carga máxima permisible de vertimientos, conforme a lo establecido en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Se observa que la calidad del agua, en términos de nitritos y nitratos, se mantiene similar a la del escenario base, indicando que las medidas restrictivas no tienen un impacto significativo en las concentraciones de este parámetro. Para todos los tramos de análisis, se define la **Categoría A** de usos.

Escenario Corto Plazo 2026

Este escenario evalúa las cargas vertidas a la Quebrada La Silenciosa, considerando el crecimiento poblacional y la falta de acciones de saneamiento planificadas por la empresa de servicios públicos. Las concentraciones de nitritos y nitratos se mantienen constantes a lo largo de toda la corriente principal de la Quebrada La Silenciosa, lo que sugiere que el aumento poblacional no afecta la calidad del agua en el escenario a corto plazo proyectado para 2026. Se establece la **Categoría A** de usos para todos los tramos analizados.

Escenario Mediano Plazo 2029

Con la construcción y operación de la PTAR, proyectada en el PSMV sobre la Quebrada Buenavista, se eliminan los vertimientos QAD13 y QAD14, ubicados en la parte alta de la Quebrada La Silenciosa. Estas acciones de saneamiento no generan variaciones en la concentración de nitritos y nitratos para los tramos 5A y 5B, manteniéndose la **Categoría A** de usos para todos los tramos analizados.

Escenario Largo Plazo 2034

Este escenario evalúa el cumplimiento de la carga máxima permisible en las descargas de las fincas PANACA (tramo 5B - Km 1.94) y Decameron-PANACA (tramo 5B - Km 1.79), según lo establecido en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Además, se contempla la proyección del caudal en función del crecimiento poblacional flotante. Las concentraciones de nitratos y nitritos presentan un comportamiento similar con el escenario de carga máxima permisible, cumpliendo con los criterios establecidos para la **Categoría A** de usos, tanto en el tramo 5A como en el tramo 5B.



Figura 159. Resultados de las Simulaciones del nitrito y nitrato en la Quebrada La Silenciosa

2.3.2.2.8. Fosforo Total

Escenario Línea Base

En este escenario, las concentraciones de fósforo total en la parte alta de la corriente principal, desde el punto de monitoreo SIL-01 (tramo 5A - Km 3.27) hasta aguas arriba de la descarga de ARD de las Fincas PANACA (tramo 5A - Km 1.94), son bajas, con un promedio de 0.35 mg P/L. Estos niveles permiten clasificar esta sección dentro de la **Categoría A** de usos, lo cual es crucial, ya que en esta área se encuentra la captación de la Asociación de Usuarios del Acueducto La Silenciosa (tramo 5A - Km 2.7), cuyo objetivo principal es el suministro de agua para consumo humano y uso doméstico. Sin embargo, tras la incorporación de los vertimientos de las Fincas PANACA (tramo 5B - Km 1.94) y Decameron-PANACA (tramo 5B - Km 1.79), se produce un incremento significativo en la concentración de fósforo total, alcanzando los 1.6 mg P/L, lo que sitúa esta área en la **Categoría D** de usos. Aguas abajo, con la incorporación de afluentes como la Quebrada Belén (tramo 5B - Km 0.58), se observa un efecto de dilución considerable en la corriente principal de la Quebrada La Silenciosa, reduciendo las concentraciones a niveles inferiores a 0.5 mg P/L, lo que permite que este sector recupere la **Categoría A** de usos antes de su confluencia con la Quebrada Buenavista (Km 0).

Escenario de Carga Máxima Permisible

Este escenario simula las condiciones de calidad del agua de la Quebrada La Silenciosa bajo el cumplimiento de la carga máxima permisible de vertimientos definido en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Las concentraciones de fósforo total en el tramo 5A presentan un comportamiento similar al del escenario base, permitiendo la **Categoría A** de usos. Sin embargo, en el tramo 5B, influenciado por los vertimientos de las fincas PANACA (tramo 5B - Km 1.94) y Decameron-PANACA (tramo 5B - Km 1.79), se registra una reducción en la concentración de este parámetro a 1.5 mg P/L. A pesar de esta reducción, el tramo 5B continúa clasificándose en la **Categoría D** de usos. Por último, se observa el efecto de dilución causado por el ingreso al sistema de la Quebrada Belén (tramo 5B - Km 0.58).

Escenario Corto Plazo 2026

En este análisis, se examinan las cargas vertidas en la corriente hídrica de la Quebrada La Silenciosa, considerando el crecimiento poblacional y la ausencia de implementación de acciones de saneamiento por parte de la empresa de servicios públicos. Las concentraciones a lo largo de los tramos no muestran variaciones significativas en comparación con el escenario base, por lo que la proyección de calidad para el año 2026 indica que el incremento poblacional no tiene un impacto relevante. Así, se mantienen los usos para la captación del Acueducto La Silenciosa (tramo 5A - Km 2.7) en la **Categoría A**, mientras que el tramo influenciado por los vertimientos de Fincas PANACA (tramo 5B - Km 1.94) y Decameron-PANACA (tramo 5B - Km 1.79) permanecen en la **Categoría D**.

Escenario Mediano Plazo 2029

Con la construcción y operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), proyectada en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) sobre la Quebrada Buenavista, se eliminan los vertimientos QAD13 y QAD14, ubicados en la parte alta de la Quebrada La Silenciosa. Estas acciones de saneamiento no generan variaciones en la concentración del fósforo total en el punto de monitoreo SIL-01 (tramo 5A - Km 3.27), ni en la captación del Acueducto La Silenciosa (tramo 5A - Km 2.7). No obstante, la eliminación de estos vertimientos provenientes del casco urbano de Quimbaya es fundamental para prevenir posibles alteraciones en la calidad del agua que comprometan su uso prioritario, como el consumo humano y doméstico. En este escenario, se mantiene la **Categoría A** para los usos asociados a la captación del Acueducto La Silenciosa (tramo 5A - Km 2.7), y la **Categoría D** para el tramo con los vertimientos provenientes de las Fincas PANACA (tramo 5B - Km 1.94) y Decameron-PANACA (tramo 5B - Km 1.79). Finalmente, se retoma la **Categoría A** en el tramo final antes de la desembocadura en la Quebrada Buenavista.

Escenario Largo Plazo 2034

Este escenario evalúa el cumplimiento de la carga máxima permisible en las descargas de Fincas PANACA (tramo 5B - Km 1.94) y Decameron-PANACA (tramo 5B - Km 1.79), de acuerdo con lo establecido en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. También se considera la proyección del caudal en función del crecimiento poblacional flotante. Las concentraciones de fósforo total reflejan un comportamiento similar al proyectado para el escenario de carga máxima permisible, por lo que se asigna la **Categoría A** para los usos del tramo 5A y la **Categoría D** para el tramo 5B.

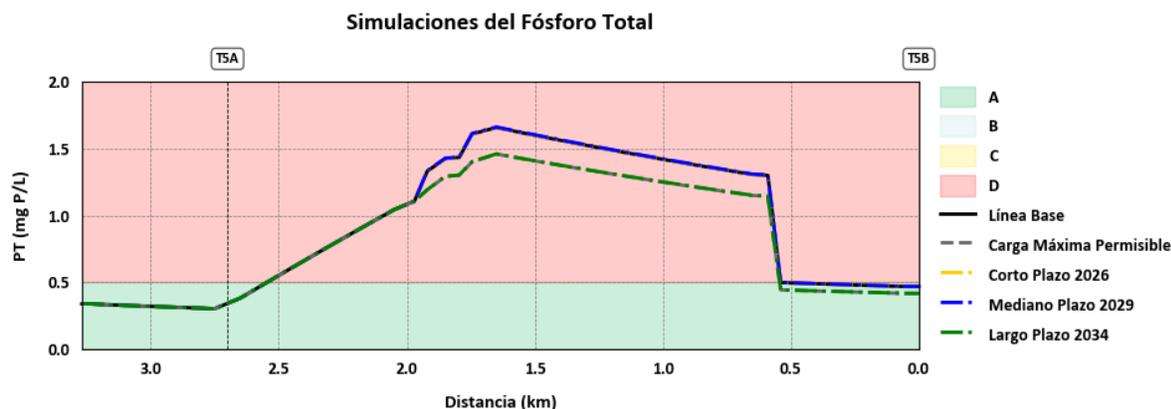


Figura 160. Resultados de las Simulaciones del Fósforo Total en la Quebrada La Silenciosa

2.3.2.3. Resultados de la simulación para el cauce principal de la Quebrada Mina Rica

Para el modelo de calidad en la Quebrada Mina Rica, se estableció el inicio de la simulación de escenarios en el punto de monitoreo MR-01, ubicado a la altura del Km 8.5 desde la confluencia de la Quebrada Mina Rica con la Quebrada Buenavista. En este punto, ya se ha considerado la carga contaminante de ARD proveniente del casco urbano de Quimbaya, específicamente de los puntos de vertimiento QAD11A, QAD11, QAD10, QAD9 y QAD12. Los tramos definidos permiten determinar los usos potenciales y los objetivos de calidad para esta corriente:

Tramo 6: Definido desde el nacimiento de la Quebrada Mina Rica en el casco urbano del municipio de Quimbaya hasta aguas arriba de su confluencia a la Quebrada Buenavista (Km 0).

- **Tramo 6A:** Definido desde el nacimiento de la Quebrada La Silenciosa en el casco urbano del municipio de Quimbaya hasta aguas arriba del sitio de monitoreo MR-01 (Km 8.5).

- **Tramo 6B:** Definido desde aguas abajo del sitio de monitoreo MR-01 (Km 8.5) hasta aguas arriba de su confluencia a la Quebrada Buenavista (Km 0).

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del modelo de calidad de agua para los escenarios de simulación y su comparación con las categorías de calidad definidas. Los determinantes analizados son: Sólidos Suspendedos Totales (SST), Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅), Oxígeno Disuelto, Potencial de hidrógeno (pH), Coliformes Totales, Nitrógeno Amoniacal, Nitratos + Nitritos, y Fosforo Total.

2.3.2.3.1. SST

Escenario Línea Base

Para este escenario, las concentraciones de Sólidos Suspendedos Totales (SST) permanecen bajas a lo largo de toda la corriente principal de la Quebrada Mina Rica, con niveles promedio de 10 mg/L para el tramo 6A y 6B. Con esto se determina la **Categoría A** de usos permitidos para los dos tramos de análisis.

Escenario de Carga Máxima Permisible

Este escenario modela las condiciones de calidad del agua en la Quebrada Mina Rica, asegurando el cumplimiento de la carga máxima permisible de vertimientos, conforme a lo establecido en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Se observa que la calidad del agua, en términos de SST, se mantiene similar a la del escenario base, indicando que las medidas restrictivas no tienen un impacto significativo en las concentraciones de este parámetro. Para todos los tramos de análisis, se define la **Categoría A** de usos.

Escenario Corto Plazo 2026

Este escenario evalúa las cargas vertidas a la Quebrada Mina Rica, considerando el crecimiento poblacional y la falta de acciones de saneamiento planificadas por la empresa de servicios públicos. Las concentraciones de SST se mantienen constantes a lo largo de toda la corriente principal, lo que sugiere que el aumento poblacional no afecta la calidad del agua en el escenario a corto plazo proyectado para 2026. Se establece la **Categoría A** de usos para todos los tramos analizados.

Escenario Mediano Plazo 2029

Con la construcción y operación de la PTAR, proyectada en el PSMV sobre la Quebrada Buenavista, se eliminan los vertimientos QAD11A, QAD11, QAD10, QAD9 y QAD12, ubicados en la parte alta de la Quebrada Mina Rica. Estas acciones de saneamiento no generan variaciones en la concentración de SST para los tramos 6A y 6B, manteniéndose la **Categoría A** de usos para todos los tramos analizados.

Escenario Largo Plazo 2034

Con la eliminación de los vertimientos QAD11A, QAD11, QAD10, QAD9 y QAD12, prevista para el escenario de mediano plazo en 2029, las concentraciones de sólidos suspendidos totales (SST) se mantienen estables a lo largo de los tramos analizados. Por lo tanto, estas acciones de saneamiento no afectan negativamente la calidad del agua en la Quebrada Mina Rica, preservando así la **Categoría A** de usos para los tramos 6A y 6B.



Figura 161. Resultados de las Simulaciones para los SST en la Quebrada Mina Rica

2.3.2.3.2. DBO₅

Escenario Línea Base

En el escenario base, las concentraciones iniciales de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) muestran niveles moderados de 4 mg O₂/L en el sitio de monitoreo MR-01 (tramo 6A - Km 8.5), ubicado aguas abajo del casco urbano de Quimbaya sobre la Quebrada Mina Rica. Este valor de DBO₅ es resultado de las descargas de aguas residuales domésticas (ARD) de Quimbaya, que aportan materia orgánica cuya descomposición incrementa la demanda de oxígeno en el agua. Más adelante, en el sitio de monitoreo MR-02 (tramo 6B - Km 4.42), las concentraciones aumentan a aproximadamente 5 mg O₂/L, lo que indica una nueva fuente de contaminación. Este incremento podría deberse a aportes de aguas residuales industriales o a escorrentías agrícolas que introducen fertilizantes y pesticidas en forma difusa desde las tierras de cultivo. Con base en estos resultados, se asigna la **Categoría A** de usos para el tramo 6A y la **Categoría B** para el tramo 6B.

Escenario de Carga Máxima Permissible

Este escenario modela las condiciones de calidad del agua en la Quebrada Mina Rica, asegurando el cumplimiento de la carga máxima permissible de vertimientos establecida

en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Las concentraciones de DBO_5 presentan un comportamiento similar al observado en el escenario base tanto en el tramo 6A como en el tramo 6B. Al igual que en el escenario base, se registra un aumento en los niveles de DBO_5 en el sitio de monitoreo MR-02 (tramo 6B - Km 4.42), lo que hace necesario identificar las causas de este incremento y aplicar las regulaciones conforme a la normativa nacional vigente. Se ratifica la **Categoría A** de usos para el tramo 6A y la **Categoría B** para el tramo 6B.

Escenario Corto Plazo 2026

Se evalúan las cargas vertidas en la Quebrada Mina Rica, teniendo en cuenta el crecimiento poblacional y la ausencia de acciones de saneamiento planificadas por la empresa de servicios públicos. Los resultados muestran que las concentraciones de DBO_5 permanecen similares a las observadas en el escenario base para ambos tramos analizados, lo que sugiere que el incremento poblacional no produce un impacto significativo en la calidad del agua proyectada para el año 2026. En este contexto, el tramo 6A se clasifica dentro de la **Categoría A** de usos, mientras que el tramo 6B corresponde a la **Categoría B**.

Escenario Mediano Plazo 2029

La construcción y operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), proyectada en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) sobre la Quebrada Buenavista, permitirá la eliminación de los vertimientos QAD11A, QAD11, QAD10, QAD9 y QAD12, ubicados en la parte alta de la Quebrada Mina Rica. Estas acciones de saneamiento producen cambios significativos en las concentraciones de DBO_5 para los tramos 6A y 6B, logrando la **Categoría A** de usos para toda la corriente.

Escenario Largo Plazo 2034

Con la eliminación de los vertimientos QAD11A, QAD11, QAD10, QAD9 y QAD12, prevista para el escenario de mediano plazo en 2029, la Quebrada Mina Rica dejará de recibir descargas directas de aguas residuales domésticas (ARD) provenientes del casco urbano de Quimbaya. Al igual que en el escenario a mediano plazo para el 2029, la calidad del agua mejora significativamente para toda la corriente, estableciendo la **Categoría A** de usos para los tramos 6A y 6B de la Quebrada Mina Rica.



Figura 162. Resultados de las Simulaciones para la DBO₅ en la Quebrada Mina Rica

2.3.2.3.3. Oxígeno Disuelto

Escenario Línea Base

En este escenario, se observa que las concentraciones de oxígeno disuelto (OD) al inicio del tramo modelado, en el sitio de monitoreo MR-01 (tramo 6A - Km 8.5), se encuentran en niveles moderados de 4.5 mg O₂/L, como resultado de las descargas de aguas residuales domésticas (ARD) del casco urbano de Quimbaya. Estas descargas incrementan el consumo de oxígeno por parte de los microorganismos, que lo utilizan para descomponer la materia orgánica presente, lo que reduce su disponibilidad en la corriente. Por ello, se asigna la **Categoría B** de usos para este tramo. Más adelante, en el sitio de monitoreo MR-02 (tramo 6B - Km 4.42) y hacia el final del tramo 6B (Km 0), se observa un proceso de reoxigenación de la corriente, con un aumento en las concentraciones de OD a 6 y 7 mg O₂/L, respectivamente. Esto permite clasificar el tramo 6B dentro de la **Categoría A** de usos.

Escenario de Carga Máxima Permissible

Se modelan las condiciones de calidad del agua en la Quebrada Mina Rica, garantizando el cumplimiento de la carga máxima permisible de vertimientos establecida en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Las concentraciones de oxígeno disuelto muestran un comportamiento similar al proyectado en el escenario base a lo largo de toda la corriente, lo que permite mantener la clasificación de la **Categoría B** para el tramo 6A y la **Categoría A** para el tramo 6B.

Escenario Corto Plazo 2026

Se analizan las cargas vertidas a la Quebrada Mina Rica, considerando el crecimiento poblacional y la falta de acciones de saneamiento previstas por la empresa de servicios públicos. Al igual que en el escenario base, se proyectan concentraciones de oxígeno

disuelto de aproximadamente 4.5 mg O₂/L en el tramo 6A y 6 mg O₂/L en el tramo 6B, lo que garantiza la clasificación de la **Categoría B y A** de usos, respectivamente. A partir de estos resultados, se concluye que el crecimiento poblacional no tendrá un impacto significativo en la calidad del agua proyectada para el año 2026.

Escenario Mediano Plazo 2029

Con la construcción y operación de la PTAR, planificada en el PSMV sobre la Quebrada Buenavista, se eliminan los vertimientos QAD11A, QAD11, QAD10, QAD9 y QAD12, ubicados en la parte alta de la Quebrada Mina Rica. Estas medidas de saneamiento producen leves cambios en las concentraciones de oxígeno disuelto en los tramos 6A y 6B, logrando la **Categoría A** de usos para toda la corriente.

Escenario Largo Plazo 2034

Con la eliminación de los vertimientos QAD11A, QAD11, QAD10, QAD9 y QAD12, prevista en el escenario de mediano plazo para 2029, la Quebrada Mina Rica dejará de recibir descargas directas de aguas residuales domésticas (ARD) provenientes del casco urbano de Quimbaya. Al igual que en el escenario a mediano plazo para el 2029, la concentración de oxígeno disuelto mejora significativamente para toda la corriente, estableciendo la **Categoría A** de usos para los tramos 6A y 6B de la Quebrada Mina Rica.

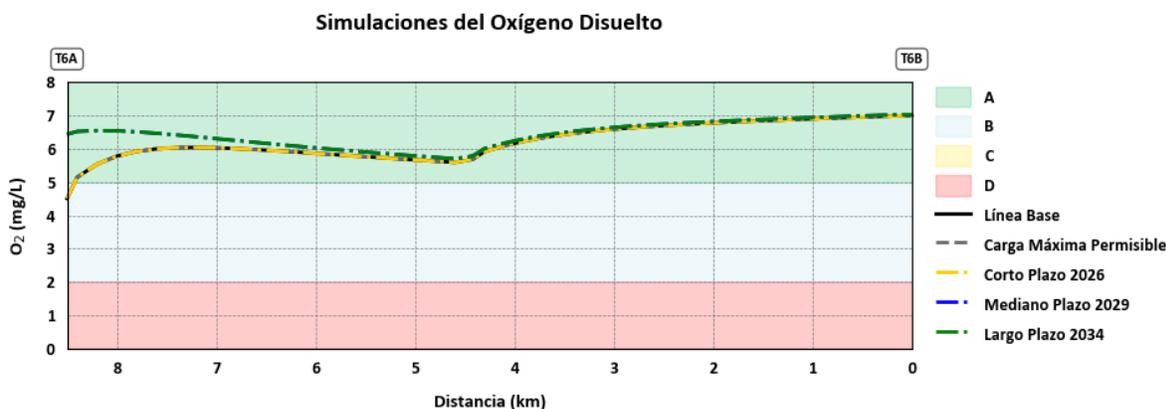


Figura 163. Resultados de las Simulaciones para el Oxígeno Disuelto en la Quebrada Mina Rica

2.3.2.3.4. pH

Escenario Línea Base

Al inicio del tramo 6A, se registran niveles neutros de pH, atribuibles a las aguas residuales domésticas (ARD) del casco urbano de Quimbaya, que aportan compuestos

ligeramente ácidos o neutros, característicos de este tipo de efluentes. Más adelante, en el tramo 6B, se observa una tendencia hacia la alcalinidad en la Quebrada Mina Rica, con un pH de 8 al final del tramo (tramo 6B - Km 0). A lo largo de toda la corriente, se mantiene la clasificación de **Categoría A** de usos.

Escenario de Carga Máxima Permissible

Este escenario modela las condiciones de calidad del agua en la Quebrada Mina Rica, garantizando el cumplimiento de la carga máxima permissible de vertimientos establecida en el artículo 8 de la Resolución MADs 0631 de 2015. Los niveles de pH muestran un comportamiento similar al proyectado en el escenario base a lo largo de toda la corriente, lo que permite mantener la clasificación de la **Categoría A** para toda la corriente hídrica.

Escenario Corto Plazo 2026

Se evaluaron las cargas vertidas a la Quebrada Mina Rica, teniendo en cuenta el crecimiento poblacional y la ausencia de acciones de saneamiento planificadas por la empresa de servicios públicos. Al igual que en el escenario base, se proyectan niveles de pH de 7 en el tramo 6A y de 8 en el tramo 6B, lo que asegura la clasificación de la **Categoría A** de usos para los dos tramos de análisis. Con base en estos resultados, se concluye que el crecimiento poblacional no generará un impacto significativo en la calidad del agua proyectada para el año 2026.

Escenario Mediano Plazo 2029

La construcción y operación de la PTAR, planificada en el PSMV sobre la Quebrada Buenavista, permitirá eliminar los vertimientos QAD11A, QAD11, QAD10, QAD9 y QAD12, ubicados en la parte alta de la Quebrada Mina Rica. Estas acciones de saneamiento generan cambios significativos en los niveles de pH en los tramos 6A y 6B. Como resultado, se conserva la clasificación de **Categoría A** de usos tanto para el tramo 6A como para el tramo 6B.

Escenario Largo Plazo 2034

Con la eliminación de los vertimientos QAD11A, QAD11, QAD10, QAD9 y QAD12, prevista en el escenario de mediano plazo para 2029, la Quebrada Mina Rica dejará de recibir descargas directas de aguas residuales domésticas (ARD) provenientes del casco urbano de Quimbaya. Al igual que en el escenario a mediano plazo para el 2029, los niveles de pH mejoran significativamente para toda la corriente, estableciendo la **Categoría A** de usos para los tramos 6A y 6B de la Quebrada Mina Rica.

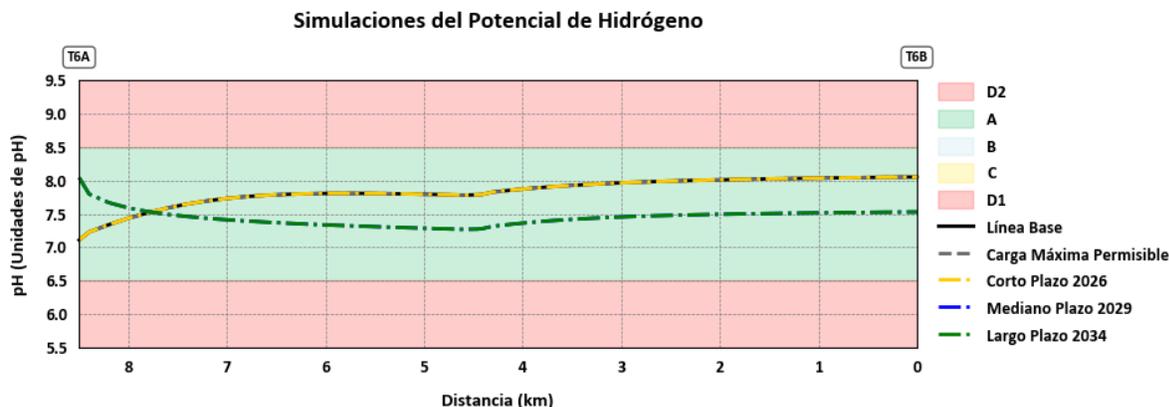


Figura 164. Resultados de las Simulaciones para el pH en la Quebrada Mina Rica

2.3.2.3.5. Coliformes Totales

Escenario Línea Base

En este escenario, se observan concentraciones elevadas de coliformes totales al inicio del tramo 6A, superando los 200,000 NMP/100 mL. Estas condiciones limitan los usos permitidos a la **Categoría D**, debido a las descargas de aguas residuales domésticas (ARD) del casco urbano de Quimbaya. En el tramo 6B, se evidencia un proceso de dilución y asimilación de la carga contaminante, reduciendo las concentraciones a niveles inferiores de 20,000 NMP/100 mL hasta el final del tramo, antes de su desembocadura en la Quebrada Buenavista (Km 0), lo que permite clasificar este tramo en la **Categoría B** de usos.

Escenario de Carga Máxima Permissible

Este escenario modela las condiciones de calidad del agua en la Quebrada Mina Rica, garantizando el cumplimiento de la carga máxima permisible de vertimientos según lo establecido en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Las concentraciones de coliformes totales presentan un comportamiento similar al proyectado en el escenario base, con una alta presencia en el tramo 6A, alcanzando los 200,000 NMP/100 mL, y una reducción progresiva en el tramo 6B, donde descienden a niveles inferiores a los 20,000 NMP/100 mL. Estas condiciones permiten clasificar el tramo 6A en la **Categoría D** de uso y el tramo 6B en la **Categoría B**, lo que indica que las restricciones impuestas a los vertimientos no generan una mejora significativa en la calidad del agua de la Quebrada Mina Rica.

Escenario Corto Plazo 2026

Se evaluaron las cargas vertidas en la Quebrada Mina Rica, teniendo en cuenta el crecimiento poblacional y la falta de acciones de saneamiento planificadas por la

empresa de servicios públicos. Al igual que en el escenario base, las concentraciones de coliformes totales permanecen elevadas en el tramo 6A, mientras que en el tramo 6B se observa una tendencia hacia la recuperación. Esto permite mantener las clasificaciones de **Categoría D** para el tramo 6A y **Categoría B** para el tramo 6B. A partir de estos resultados, se concluye que el crecimiento poblacional no tendrá un impacto significativo en la calidad del agua proyectada para el año 2026.

Escenario Mediano Plazo 2029

La construcción y operación de la PTAR, planificada en el PSMV para la Quebrada Buenavista, permitirá la eliminación de los vertimientos QAD11A, QAD11, QAD10, QAD9 y QAD12, localizados en la parte alta de la Quebrada Mina Rica. Estas medidas de saneamiento generan cambios significativos en las concentraciones de coliformes totales, logrando la **Categoría C** para el tramo 6A y la **Categoría A** para el tramo 6B

Escenario Largo Plazo 2034

Con la eliminación de los vertimientos QAD11A, QAD11, QAD10, QAD9 y QAD12, prevista para el escenario de mediano plazo en 2029, la Quebrada Mina Rica dejará de recibir descargas directas de aguas residuales domésticas (ARD) provenientes del casco urbano de Quimbaya. Al igual que en el escenario a mediano plazo para el 2029, las concentraciones de coliformes totales mejoran significativamente para toda la corriente, manteniendo la **Categoría C** de usos para el tramo 6A y la **Categoría A** para el tramo 6B.

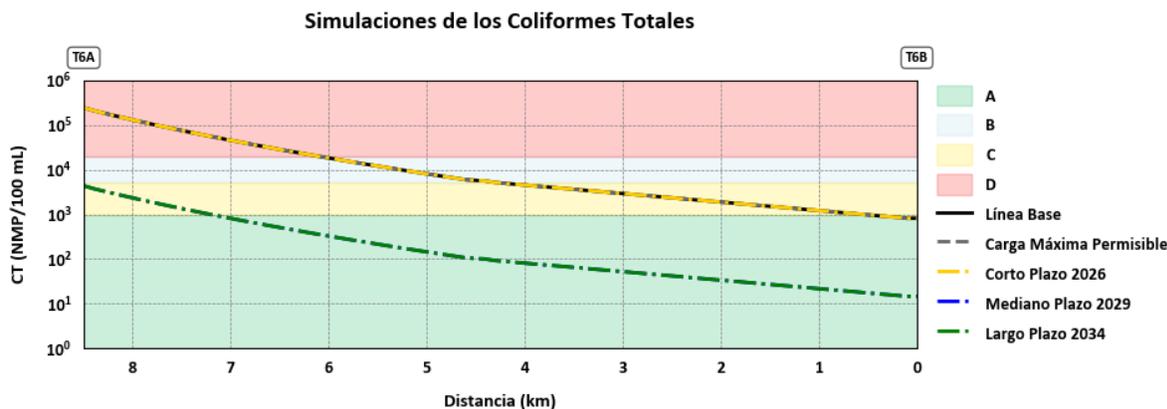


Figura 165. Resultados de las Simulaciones para los Coliformes Totales en la Quebrada Mina Rica

2.3.2.3.6. Nitrógeno Amoniacal

Escenario Línea Base

En el escenario base, las concentraciones iniciales de nitrógeno amoniacal registran niveles moderados de 0.4 mg N/L en el sitio de monitoreo MR-01 (tramo 6A - Km 8.5), ubicado aguas abajo del casco urbano de Quimbaya sobre la Quebrada Mina Rica. Estos niveles se deben a las descargas de ARD provenientes de Quimbaya, aunque no son lo suficientemente altos como para afectar la clasificación de Categoría A de usos. Más adelante, en el sitio de monitoreo MR-02 (tramo 6B - Km 4.42), las concentraciones se incrementan hasta alcanzar los 2 mg N/L, lo que evidencia un aporte significativo de contaminantes debido a la escorrentía agrícola, derivada del uso de fertilizantes nitrogenados que son arrastrados hacia la corriente. En este escenario, se asigna la **Categoría A** de uso para el tramo 6A y la **Categoría D** para el tramo 6B.

Escenario de Carga Máxima Permisible

Este escenario modela las condiciones de calidad del agua en la Quebrada Mina Rica, garantizando el cumplimiento de la carga máxima permisible de vertimientos establecida en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Las concentraciones de nitrógeno amoniacal muestran un comportamiento similar al del escenario base en ambos tramos, 6A y 6B. Al igual que en el escenario anterior, se observa un aumento en los niveles de nitrógeno amoniacal en el sitio de monitoreo MR-02 (tramo 6B - Km 4.42), lo que resalta la necesidad de aplicar las regulaciones adecuadas para reducir dichas concentraciones de acuerdo con la normativa nacional vigente. Se confirma la clasificación de **Categoría A** de usos para el tramo 6A y de **Categoría D** para el tramo 6B.

Escenario Corto Plazo 2026

Se evalúan las cargas vertidas en la Quebrada Mina Rica, teniendo en cuenta el crecimiento poblacional y la ausencia de acciones de saneamiento planificadas por la empresa de servicios públicos. Los resultados muestran que las concentraciones de nitrógeno amoniacal permanecen similares a las observadas en el escenario base para ambos tramos analizados, lo que sugiere que el incremento poblacional no produce un impacto significativo en la calidad del agua proyectada para el año 2026. En este contexto, el tramo 6A se clasifica dentro de la **Categoría A** de usos, mientras que el tramo 6B corresponde a la **Categoría D**.

Escenario Mediano Plazo 2029

La construcción y operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), planificada en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) sobre la Quebrada Buenavista, permitirá eliminar los vertimientos QAD11A, QAD11, QAD10,

QAD9 y QAD12, ubicados en la parte alta de la Quebrada Mina Rica. Estas medidas de saneamiento generan leves cambios en las concentraciones de nitrógeno amoniacal, principalmente para el tramo 6A reafirmando la Categoría A de usos. En conclusión, bajo este escenario simulado, se mantienen los usos asignados de **Categoría A** para el tramo 6A y **Categoría D** para el tramo 6B.

Escenario Largo Plazo 2034

Con la eliminación de los vertimientos QAD11A, QAD11, QAD10, QAD9 y QAD12, prevista para el escenario de mediano plazo en 2029, la Quebrada Mina Rica dejará de recibir descargas directas de aguas residuales domésticas (ARD) del casco urbano de Quimbaya. Al igual que en el escenario a mediano plazo para el 2029, las concentraciones de nitrógeno amoniacal mejoran levemente para toda la corriente manteniendo la clasificación de **Categoría A** para el tramo 6A y de **Categoría D** para el tramo 6B.

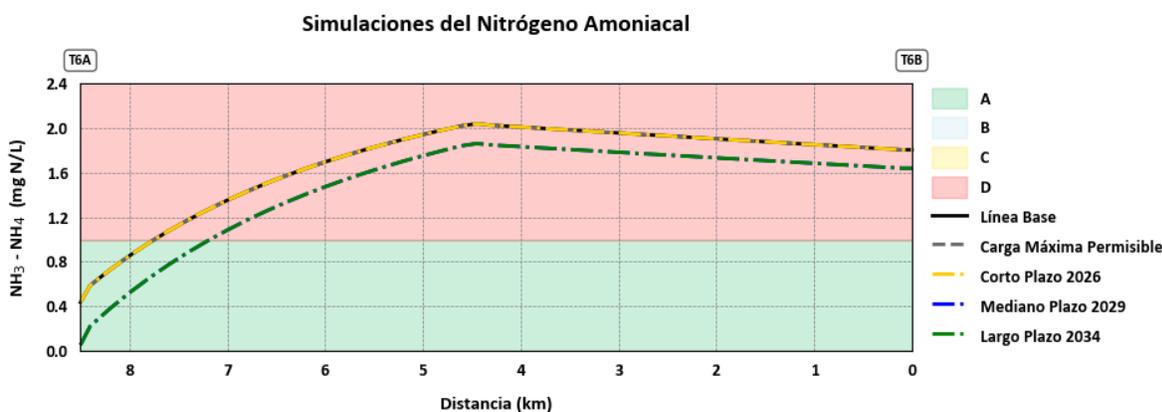


Figura 166. Resultados de las Simulaciones el Nitrógeno Amoniacal en la Quebrada Mina Rica

2.3.2.3.7. Nitritos y Nitratos

Escenario Línea Base

En este escenario, las concentraciones de nitritos y nitratos se mantienen bajas a lo largo de la corriente principal de la Quebrada Mina Rica, con valores inferiores a 1 mg N/L en el tramo 6A y 3 mg N/L en el tramo 6B. Las concentraciones observadas en el tramo 6B refuerzan la hipótesis de que las actividades agrícolas están contribuyendo con una carga difusa de contaminantes a la Quebrada Mina Rica en este tramo. A pesar de ello, se establece la **Categoría A** de usos permitidos para todos los tramos evaluados.

Escenario de Carga Máxima Permisible

Este escenario modela las condiciones de calidad del agua en la Quebrada Mina Rica, asegurando el cumplimiento de la carga máxima permisible de vertimientos, conforme a lo establecido en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Se observa que la calidad del agua, en términos de nitritos y nitratos, se mantiene similar a la del escenario base, indicando que las medidas restrictivas no tienen un impacto significativo en las concentraciones de este parámetro. Para todos los tramos de análisis, se define la **Categoría A** de usos.

Escenario Corto Plazo 2026

Este escenario evalúa las cargas vertidas a la Quebrada Mina Rica, considerando el crecimiento poblacional y la falta de acciones de saneamiento planificadas por la empresa de servicios públicos. Las concentraciones de nitritos y nitratos se mantienen constantes a lo largo de toda la corriente principal de la Quebrada Mina Rica, lo que sugiere que el aumento poblacional no afecta la calidad del agua en el escenario a corto plazo proyectado para 2026. Se establece la Categoría A de usos para todos los tramos analizados.

Escenario Mediano Plazo 2029

Con la construcción y operación de la PTAR, proyectada en el PSMV sobre la Quebrada Buenavista, se eliminan los vertimientos QAD11A, QAD11, QAD10, QAD9 y QAD12, ubicados en la parte alta de la Quebrada Mina Rica. Estas acciones de saneamiento no generan variaciones en la concentración de nitritos y nitratos para los tramos 6A y 6B, manteniéndose la **Categoría A** de usos para todos los tramos analizados.

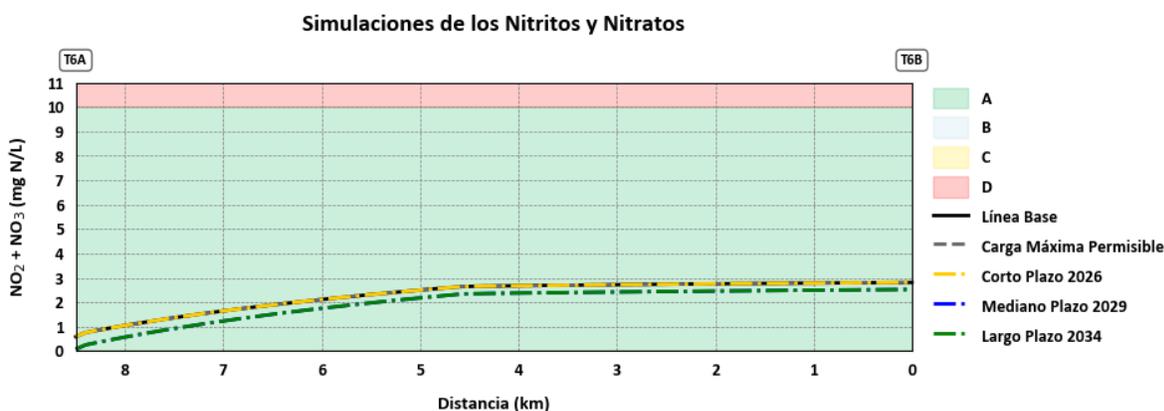


Figura 167. Resultados de las Simulaciones del nitrito y nitrato en la Quebrada Mina Rica

Escenario Largo Plazo 2034

Con la eliminación de los vertimientos QAD11A, QAD11, QAD10, QAD9 y QAD12, prevista para el escenario de mediano plazo en 2029, la Quebrada Mina Rica dejará de

recibir descargas directas de aguas residuales domésticas (ARD) provenientes del casco urbano de Quimbaya. Al igual que en el escenario a mediano plazo para el 2029, las concentraciones de nitritos y nitratos mejoran levemente para toda la corriente, manteniendo la clasificación de **Categoría A** para todos los tramos.

2.3.2.3.8. Fosforo Total

Escenario Línea Base

En este escenario, se registran concentraciones elevadas de fósforo total al inicio del tramo 6A sobre la Quebrada Mina Rica, superando los 0.5 mg P/L. Estas condiciones restringen los usos permitidos a la **Categoría D**, debido a las descargas de aguas residuales domésticas (ARD) provenientes del casco urbano de Quimbaya. En el tramo 6B, se observa un proceso de dilución y asimilación de la carga contaminante, lo que reduce las concentraciones a aproximadamente 0.37 mg P/L hacia el final del tramo, antes de su desembocadura en la Quebrada Buenavista (Km 0), permitiendo la clasificación de este tramo en la **Categoría A** de usos.

Escenario de Carga Máxima Permissible

Este escenario modela las condiciones de calidad del agua en la Quebrada Mina Rica, garantizando el cumplimiento de la carga máxima permissible de vertimientos según lo establecido en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Las concentraciones de fosforo total presentan un comportamiento similar al proyectado en el escenario base, con una alta presencia en el tramo 6A, alcanzando los 0.78 mg P/L, y una reducción progresiva en el tramo 6B, donde descienden a niveles inferiores a los 0.5 mg P/L. Estas condiciones permiten clasificar el tramo 6A en la **Categoría D** de uso y el tramo 6B en la **Categoría A**, lo que indica que las restricciones impuestas a los vertimientos no generan una mejora significativa en la calidad del agua de la Quebrada Mina Rica.

Escenario Corto Plazo 2026

Se evaluaron las cargas vertidas en la Quebrada Mina Rica, teniendo en cuenta el crecimiento poblacional y la falta de acciones de saneamiento planificadas por la empresa de servicios públicos. Al igual que en el escenario base, las concentraciones de fosforo total permanecen elevadas en el tramo 6A, mientras que en el tramo 6B se observa una tendencia hacia la recuperación. Esto permite mantener las clasificaciones de **Categoría D** para el tramo 6A y **Categoría A** para el tramo 6B. A partir de estos resultados, se concluye que el crecimiento poblacional no tendrá un impacto significativo en la calidad del agua proyectada para el año 2026.

Escenario Mediano Plazo 2029

La construcción y operación de la PTAR, planificada en el PSMV para la Quebrada Buenavista, permitirá la eliminación de los vertimientos QAD11A, QAD11, QAD10, QAD9 y QAD12, localizados en la parte alta de la Quebrada Mina Rica. Estas medidas de saneamiento generan cambios significativos en las concentraciones de fósforo total en los tramos 6A y 6B, manteniendo la **Categoría A** para toda la corriente.

Escenario Largo Plazo 2034

Con la eliminación de los vertimientos QAD11A, QAD11, QAD10, QAD9 y QAD12, prevista para el escenario de mediano plazo en 2029, la Quebrada Mina Rica dejará de recibir descargas directas de aguas residuales domésticas (ARD) provenientes del casco urbano de Quimbaya. Al igual que en el escenario a mediano plazo para el 2029, las concentraciones de fósforo total mejoran significativamente para toda la corriente, manteniendo la clasificación de **Categoría A** para todos los tramos.



Figura 168. Resultados de las Simulaciones del Fósforo Total en la Quebrada Mina Rica

2.3.2.4. Resultados de la simulación para el cauce principal de la Quebrada Bambuco

La simulación de los escenarios de calidad del agua en la Quebrada Bambuco inicia en la parte alta de la corriente en el Km 8.5, a la altura de la bocatoma del Acueducto Regional Rural de Filandia. Los tramos definidos para determinar los usos potenciales y objetivos de calidad sobre esta corriente son:

Tramo 2: Definido desde el nacimiento de la Quebrada Bambuco en el municipio de Filandia hasta aguas arriba de su confluencia a la Quebrada Buenavista (Km 0).

- **Tramo 2A:** Definido desde el nacimiento de la Quebrada Bambuco en el municipio de Filandia hasta aguas arriba de la bocatoma del Acueducto Regional Rural de Filandia (Km 8.5).
- **Tramo 2B:** Definido desde aguas abajo de la bocatoma del Acueducto Regional Rural de Filandia (Km 8.5) hasta aguas arriba de su confluencia a la Quebrada Buenavista (Km 0).

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del modelo de calidad de agua para los escenarios de simulación y su comparación con las categorías de calidad definidas. Los determinantes analizados son: Sólidos Suspendedos Totales (SST), Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅), Oxígeno Disuelto, Potencial de hidrógeno (pH), Coliformes Totales, Nitrógeno Amoniacal, Nitratos + Nitritos, y Fosforo Total.

2.3.2.4.1. SST

Escenario Línea Base

En este escenario, las concentraciones de Sólidos Suspendedos Totales (SST) se mantienen bajas en toda la corriente principal de la Quebrada Bambuco, con un promedio de 10 mg/L en los tramos 2A y 2B. Esto permite establecer la **Categoría A** de usos para ambos tramos.

Escenario de Carga Máxima Permisible

Este escenario simula la calidad del agua en la Quebrada Bambuco bajo el cumplimiento de la carga máxima permisible de vertimientos, según lo estipulado en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Dado que no se detectan vertimientos significativos de aguas residuales domésticas (ARD), las concentraciones de SST permanecen similares a las del escenario base. Como resultado, se mantiene la **Categoría A** de usos para todos los tramos evaluados.

Escenario Corto Plazo 2026

Este escenario contempla el crecimiento poblacional y la falta de acciones de saneamiento planificadas. Las concentraciones de SST se mantienen en niveles comparables al escenario base, ya que no hay vertimientos identificados en la corriente. Por tanto, los dos tramos analizados conservan la **Categoría A** de usos.

Escenario Mediano Plazo 2029

Sin vertimientos de ARD identificados, no se implementan acciones de saneamiento en la Quebrada Bambuco. Como resultado, las concentraciones de SST en los tramos 2A y 2B no experimentan variaciones significativas, y se continúa con la clasificación de **Categoría A** de usos a lo largo de la corriente.

Escenario Largo Plazo 2034

En el largo plazo, las concentraciones de SST se mantienen estables debido a la ausencia de vertimientos en la Quebrada Bambuco. Esto asegura que los tramos 2A y 2B conserven la **Categoría A** de usos.



Figura 169. Resultados de las Simulaciones para los SST en la Quebrada Bambuco

2.3.2.4.2. DBO₅

Escenario Línea Base

En este escenario, las concentraciones de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) se mantienen bajas en toda la corriente principal de la Quebrada Bambuco, con un promedio de 2 mgO₂/L en los tramos 2A y 2B. Esto permite establecer la **Categoría A** de usos para ambos tramos.

Escenario de Carga Máxima Permisible

Este escenario simula la calidad del agua en la Quebrada Bambuco bajo el cumplimiento de la carga máxima permisible de vertimientos, según lo estipulado en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Dado que no se detectan vertimientos significativos de aguas residuales domésticas (ARD), las concentraciones de DBO₅ permanecen similares a las del escenario base. Como resultado, se mantiene la **Categoría A** de usos para todos los tramos evaluados.

Escenario Corto Plazo 2026

Este escenario contempla el crecimiento poblacional y la falta de acciones de saneamiento planificadas. Las concentraciones de DBO₅ se mantienen en niveles comparables al escenario base, ya que no hay vertimientos identificados en la corriente. Por tanto, los dos tramos analizados conservan la **Categoría A** de usos.

Escenario Mediano Plazo 2029

Sin vertimientos de ARD identificados, no se implementan acciones de saneamiento en la Quebrada Bambuco. Como resultado, las concentraciones de DBO_5 en los tramos 2A y 2B no experimentan variaciones significativas, y se continúa con la clasificación de **Categoría A** de usos a lo largo de la corriente.

Escenario Largo Plazo 2034

En el largo plazo, las concentraciones de DBO_5 se mantienen estables debido a la ausencia de vertimientos en la Quebrada Bambuco. Esto asegura que los tramos 2A y 2B conserven la **Categoría A** de usos.



Figura 170. Resultados de las Simulaciones para la DBO_5 en la Quebrada Bambuco

2.3.2.4.3. Oxígeno Disuelto

Escenario Línea Base

En este escenario, las concentraciones de oxígeno disuelto se mantienen bajas en toda la corriente principal de la Quebrada Bambuco, con un promedio de $8 \text{ mgO}_2/\text{L}$ en los tramos 2A y 2B. Esto permite establecer la **Categoría A** de usos para ambos tramos.

Escenario de Carga Máxima Permisible

Este escenario simula la calidad del agua en la Quebrada Bambuco bajo el cumplimiento de la carga máxima permisible de vertimientos, según lo estipulado en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Dado que no se detectan vertimientos significativos de aguas residuales domésticas (ARD), las concentraciones de oxígeno disuelto permanecen similares a las del escenario base. Como resultado, se mantiene la **Categoría A** de usos para todos los tramos evaluados.

Escenario Corto Plazo 2026

Este escenario contempla el crecimiento poblacional y la falta de acciones de saneamiento planificadas. Las concentraciones de oxígeno disuelto se mantienen en niveles comparables al escenario base, ya que no hay vertimientos identificados en la corriente. Por tanto, los dos tramos analizados conservan la **Categoría A** de usos.

Escenario Mediano Plazo 2029

Sin vertimientos de ARD identificados, no se implementan acciones de saneamiento en la Quebrada Bambuco. Como resultado, las concentraciones de oxígeno disuelto en los tramos 2A y 2B no experimentan variaciones significativas, y se continúa con la clasificación de **Categoría A** de usos a lo largo de la corriente.

Escenario Largo Plazo 2034

En el largo plazo, las concentraciones de oxígeno disuelto se mantienen estables debido a la ausencia de vertimientos en la Quebrada Bambuco. Esto asegura que los tramos 2A y 2B conserven la **Categoría A** de usos.



Figura 171. Resultados de las Simulaciones para el Oxígeno Disuelto en la Quebrada Bambuco

2.3.2.4.4. pH

Escenario Línea Base

En este escenario, los niveles de pH se mantienen neutros en toda la corriente principal de la Quebrada Bambuco, con un promedio de 7.8 en los tramos 2A y 2B. Esto permite establecer la **Categoría A** de usos para ambos tramos.

Escenario de Carga Máxima Permisible

Este escenario simula la calidad del agua en la Quebrada Bambuco bajo el cumplimiento de la carga máxima permisible de vertimientos, según lo estipulado en el

artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Dado que no se detectan vertimientos significativos de aguas residuales domésticas (ARD), los niveles de pH permanecen similares a los del escenario base. Como resultado, se mantiene la **Categoría A** de usos para todos los tramos evaluados.

Escenario Corto Plazo 2026

Este escenario contempla el crecimiento poblacional y la falta de acciones de saneamiento planificadas. Los niveles de pH se mantienen en niveles comparables al escenario base, ya que no hay vertimientos identificados en la corriente. Por tanto, los dos tramos analizados conservan la **Categoría A** de usos.

Escenario Mediano Plazo 2029

Sin vertimientos de ARD identificados, no se implementan acciones de saneamiento en la Quebrada Bambuco. Como resultado, los niveles de pH en los tramos 2A y 2B no experimentan variaciones significativas, y se continúa con la clasificación de **Categoría A** de usos a lo largo de la corriente.

Escenario Largo Plazo 2034

En el largo plazo, los niveles de pH se mantienen estables debido a la ausencia de vertimientos en la Quebrada Bambuco. Esto asegura que los tramos 2A y 2B conserven la **Categoría A** de usos.



Figura 172. Resultados de las Simulaciones para el pH en la Quebrada Bambuco

2.3.2.4.5. Coliformes Totales

Escenario Línea Base

En el escenario inicial, se observan concentraciones elevadas de coliformes totales en el inicio del tramo 2A, justo antes de la bocatoma del Acueducto Regional Rural de

Filandia (tramo 2A - Km 8.5). Esta condición podría estar influenciada por las actividades pecuarias en la zona de drenaje del punto de captación. En este punto, las concentraciones de coliformes alcanzan aproximadamente 5,000 NMP/100 mL, clasificándose en la **Categoría C** de usos, lo cual requiere un tratamiento convencional para asegurar su consumo humano y doméstico de manera segura. Más adelante, en el tramo 2B, en el punto de monitoreo BAM-02 (tramo 2B - Km 1.15), las concentraciones se incrementan hasta aproximadamente 8,000 NMP/100 mL. Este aumento se atribuye a una mayor influencia de la actividad pecuaria, lo cual intensifica la carga orgánica en la Quebrada Bambuco hasta su confluencia con la Quebrada Buenavista (Km 0), clasificando esta sección en la **Categoría B** de usos.

Escenario de Carga Máxima Permisible

Este escenario simula la calidad del agua en la Quebrada Bambuco, considerando el cumplimiento de la carga máxima permitida de vertimientos estipulada en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Dado que no se identifican vertimientos significativos de aguas residuales domésticas (ARD), las concentraciones de coliformes totales se mantienen similares a los observados en el escenario base. En consecuencia, la clasificación para el tramo 2A continúa siendo la **Categoría C**, mientras que para el tramo 2B se conserva la **Categoría B**.

Escenario Corto Plazo 2026

Este escenario contempla el crecimiento poblacional y la falta de acciones de saneamiento planificadas. Las concentraciones de coliformes totales se mantienen en niveles comparables al escenario base, ya que no hay vertimientos identificados en la corriente. Por tanto, el tramo 2A conserva la **Categoría C** de usos y el tramo 2B la **Categoría B**.

Escenario Mediano Plazo 2029

No se han identificado vertimientos de drenaje ácido de roca (ARD) en la Quebrada Bambuco, por lo cual no se han implementado acciones de saneamiento. En consecuencia, las concentraciones de coliformes totales en los tramos 2A y 2B se mantienen sin variaciones significativas. Por ello, la clasificación de la calidad del agua para estos tramos continúa siendo **Categoría B y C** para sus respectivos usos a lo largo de la corriente hídrica.

Escenario Largo Plazo 2034

En el largo plazo, las concentraciones de coliformes totales se mantienen estables debido a la ausencia de vertimientos en la Quebrada Bambuco. Esto asegura que los tramos 2A y 2B conserven la **Categoría C y B** de usos, respectivamente.

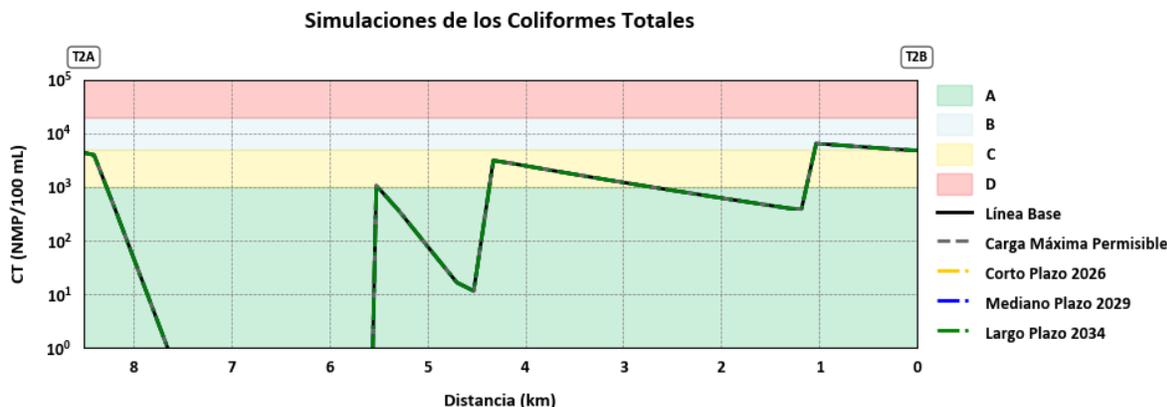


Figura 173. Resultados de las Simulaciones para los Coliformes Totales en la Quebrada Bambuco

2.3.2.4.6. Nitrógeno Amoniacal

Escenario Línea Base

En este contexto, las concentraciones de nitrógeno amoniacal en la corriente principal de la Quebrada Bambuco son consistentemente bajas, manteniéndose por debajo de 0.1 mg N/L, lo que permite clasificar ambos tramos analizados dentro de la Categoría A de usos. Estos resultados ratifican de la **Categoría A** de usos para ambos tramos evaluados.

Escenario de Carga Máxima Permisible

Este escenario simula la calidad del agua en la Quebrada Bambuco, considerando el cumplimiento de la carga máxima permitida de vertimientos estipulada en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Dado que no se identifican vertimientos significativos de aguas residuales domésticas (ARD), las concentraciones de nitrógeno amoniacal se mantienen similares a los observados en el escenario base. En consecuencia, la clasificación para el tramo 2A y 2B se conserva en la **Categoría A**.

Escenario Corto Plazo 2026

Este escenario contempla el crecimiento poblacional y la falta de acciones de saneamiento planificadas. Las concentraciones de nitrógeno amoniacal se mantienen en niveles comparables al escenario base, ya que no hay vertimientos identificados en la corriente. Por tanto, el tramo 2A y 2B conserva la **Categoría A** de usos.

Escenario Mediano Plazo 2029

No se han identificado vertimientos de drenaje ácido de roca (ARD) en la Quebrada Bambuco, por lo cual no se han implementado acciones de saneamiento. En consecuencia, las concentraciones de nitrógeno amoniacal en los tramos 2A y 2B se

mantienen sin variaciones significativas. Por ello, la clasificación de la calidad del agua para estos tramos continúa siendo de **Categoría A**.

Escenario Largo Plazo 2034

En el largo plazo, las concentraciones de nitrógeno amoniacal se mantienen estables debido a la ausencia de vertimientos en la Quebrada Bambuco. Esto asegura que los tramos 2A y 2B conserven la **Categoría A** de usos.



Figura 174. Resultados de las Simulaciones el Nitrógeno Amoniacal en la Quebrada Bambuco

2.3.2.4.7. Nitritos y Nitratos

Escenario Línea Base

En este escenario, las concentraciones de nitritos y nitratos se mantienen bajas en toda la corriente principal de la Quebrada Bambuco, con un promedio de 0.1 mg N/L en los tramos 2A y 2B. Esto permite establecer la **Categoría A** de usos para ambos tramos.

Escenario de Carga Máxima Permissible

Este escenario simula la calidad del agua en la Quebrada Bambuco bajo el cumplimiento de la carga máxima permissible de vertimientos, según lo estipulado en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Dado que no se detectan vertimientos significativos de aguas residuales domésticas (ARD), las concentraciones de nitritos y nitratos permanecen similares a los del escenario base. Como resultado, se mantiene la **Categoría A** de usos para todos los tramos evaluados.

Escenario Corto Plazo 2026

Este escenario contempla el crecimiento poblacional y la falta de acciones de saneamiento planificadas. Las concentraciones de nitritos y nitratos se mantienen en

niveles comparables al escenario base, ya que no hay vertimientos identificados en la corriente. Por tanto, los dos tramos analizados conservan la **Categoría A** de usos.

Escenario Mediano Plazo 2029

Sin vertimientos de ARD identificados, no se implementan acciones de saneamiento en la Quebrada Bamucu. Como resultado, las concentraciones de nitritos y nitratos en los tramos 2A y 2B no experimentan variaciones significativas, y se continúa con la clasificación de **Categoría A** de usos a lo largo de la corriente.

Escenario Largo Plazo 2034

En el largo plazo, las concentraciones de nitritos y nitratos se mantienen estables debido a la ausencia de vertimientos en la Quebrada Bamucu. Esto asegura que los tramos 2A y 2B conserven la **Categoría A** de usos.



Figura 175. Resultados de las Simulaciones del nitrito y nitrato en la Quebrada Bamucu

2.3.2.4.8. Fosforo Total

Escenario Línea Base

En este escenario, las concentraciones de fosforo total se mantienen bajas en toda la corriente principal de la Quebrada Bamucu, con un promedio de 0.1 mg N/L en los tramos 2A y 2B. Esto permite establecer la **Categoría A** de usos para ambos tramos.

Escenario de Carga Máxima Permissible

Este escenario simula la calidad del agua en la Quebrada Bamucu bajo el cumplimiento de la carga máxima permissible de vertimientos, según lo estipulado en el artículo 8 de la Resolución MADS 0631 de 2015. Dado que no se detectan vertimientos significativos de aguas residuales domésticas (ARD), las concentraciones de fosforo total

permanecen similares a los del escenario base. Como resultado, se mantiene la **Categoría A** de usos para todos los tramos evaluados.

Escenario Corto Plazo 2026

Este escenario contempla el crecimiento poblacional y la falta de acciones de saneamiento planificadas. Las concentraciones de fósforo total se mantienen en niveles comparables al escenario base, ya que no hay vertimientos identificados en la corriente. Por tanto, los dos tramos analizados conservan la **Categoría A** de usos.

Escenario Mediano Plazo 2029

Sin vertimientos de ARD identificados, no se implementan acciones de saneamiento en la Quebrada Bambuco. Como resultado, las concentraciones de fósforo total en los tramos 2A y 2B no experimentan variaciones significativas, y se continúa con la clasificación de **Categoría A** de usos a lo largo de la corriente.

Escenario Largo Plazo 2034

En el largo plazo, las concentraciones de fósforo total se mantienen estables debido a la ausencia de vertimientos en la Quebrada Bambuco. Esto asegura que los tramos 2A y 2B conserven la **Categoría A** de usos.



Figura 176. Resultados de las Simulaciones del Fósforo Total en la Quebrada Bambuco

2.4. Clasificación de los cuerpos de agua y definición de usos potenciales

2.4.1. Clasificación de los tramos objeto de ordenamiento en función de los vertimientos

El artículo 2.2.3.2.20.1 del decreto 1076 de 2015, que compila al artículo 205 del decreto 1541 de 1978, establece la siguiente clasificación de las aguas en función de los vertimientos:

- Clase I. Cuerpos de agua que no admiten vertimientos.
- Clase II. Cuerpos de agua que admiten vertimientos con algún tratamiento

Pertencen a la Clase I:

1. Las cabeceras de las fuentes de agua
2. Las aguas subterráneas
3. Los cuerpos de agua o zonas costeras, utilizadas actualmente para recreación
4. Un sector aguas arriba de las bocatomas para agua potable
5. Aquellos que declare el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible como especialmente protegidos de acuerdo con lo dispuesto por los artículos 70 y 137 del decreto-ley 2811 de 1974.

Pertencen a la Clase II, los demás cuerpos de agua no incluidos en la Clase I.

En este contexto, los siguientes tramos se clasifican como **Clase I**, teniendo en cuenta que corresponden a las cabeceras de los cuatro cuerpos de agua objeto de ordenamiento:

- El tramo comprendido entre el nacimiento de la quebrada Buenavista y la bocatoma del acueducto regional de Filandia sobre la quebrada Buenavista (BUE-01)
- El tramo entre el nacimiento de la quebrada Bambuco y la bocatoma del acueducto regional de Filandia sobre la quebrada Bambuco (BAM-01)
- El tramo entre el nacimiento de la quebrada La Silenciosa y la bocatoma del acueducto La Silenciosa (SIL-01)
- El tramo entre el nacimiento de la quebrada Mina Rica y el sitio de monitoreo MR-01

Para determinar la extensión del segmento aguas arriba de la captación para agua potable del casco urbano de Quimbaya (BUE-02). Se calculó la longitud de mezcla a partir de los resultados de los aforos realizados en época seca y húmeda, seleccionando la

mayor longitud en ambas condiciones. Su cálculo se realizó aplicando las siguientes ecuaciones válidas para descargas laterales:

$$L_m = 0.4 \frac{UB^2}{D_{lat}}$$

$$D_{lat} = 0.6HU^*$$

$$U^* = \sqrt{gS_oH}$$

Donde, U es la velocidad media en m/s, B el ancho superficial en m, H la profundidad media en m calculada como A/B , siendo A el área húmeda en m^2 , S_o la pendiente longitudinal, D_{lat} el coeficiente de dispersión lateral o transversal en m^2/s , U^* la velocidad de fricción y g la aceleración de la gravedad (9.81 m/s^2). De acuerdo con la Tabla 147 la longitud de mezcla es inferior a la longitud del subtramo, y dada la poca capacidad de auto-asimilación del cuerpo de agua en época seca, se establece que el subtramo comprendido entre la confluencia de la quebrada Bambuco en la quebrada Buenavista y la bocatoma municipal de Quimbaya (BUE-02) no debe recibir vertimientos directos de aguas residuales, por lo que corresponde a un sector de **Clase I**. El resto de los subtramos se clasifican en la Clase II (Tabla 148).

Tabla 147. longitudes de mezcla y distancia aguas arriba de la captación de agua potable en época seca y húmeda

ID	Ubicación	Abscisa (km)	So	A (m ²)	B(m)	H(m)	U (m/s)	Q (m ³ /s)	U* (m/s)	Dlat (m ² /s)	Lm (m)	Distancia de mezcla (km)
BUE-02	Bocatoma EPQ (Época Seca)	24.746	0.0193	0.88	4.5	0.20	0.26	0.23	0.19	0.02	93.77	0.1
BUE-02	Bocatoma EPQ (Época Húmeda)	24.746	0.0193	1.46	5	0.29	0.75	1.089	0.24	0.04	181.07	0.2

Tabla 148. Clasificación de las aguas en función de los vertimientos para los tramos en ordenamiento

Tramo	Subtramo	Corriente	Descripción	Clasificación de las aguas
1	A	Quebrada Buenavista	Desde nacimiento quebrada Buenavista - Hasta la bocatoma del acueducto regional Filandia en la quebrada Buenavista (BUE-01)	Clase I
1	B	Quebrada Buenavista	Desde la bocatoma del acueducto regional Filandia en la quebrada Buenavista (BUE-01) - Hasta la confluencia de la quebrada Bambuco	Clase II
2	A	Quebrada Bambuco	Desde nacimiento quebrada Bambuco - Hasta la bocatoma del acueducto regional Filandia en la quebrada Bambuco (BAM-01)	Clase I
2	B	Quebrada Bambuco	Desde la bocatoma del acueducto regional Filandia en la quebrada Bambuco (BAM-01) - Hasta la confluencia a la quebrada Buenavista	Clase II
3	A	Quebrada Buenavista	Desde la confluencia de la quebrada Bambuco - Hasta aguas arriba de la bocatoma municipal de Quimbaya (BUE-02)	Clase I
3	B	Quebrada Buenavista	Desde aguas arriba de la bocatoma municipal de Quimbaya (BUE-02) - Hasta aguas arriba del centro poblado Quimbaya (BUE-03)	Clase II

Tramo	Subtramo	Corriente	Descripción	Clasificación de las aguas
4	-	Quebrada Buenavista	Desde aguas arriba del centro poblado Quimbaya (BUE-03) - Hasta la confluencia de la quebrada La Silenciosa	Clase II
5	A	Quebrada La Silenciosa	Desde nacimiento de la quebrada La Sapera - Hasta la bocatoma La Silenciosa (SIL-02)	Clase I
5	B	Quebrada La Silenciosa	Desde la bocatoma La Silenciosa (SIL-02) - Hasta la confluencia a la quebrada Buenavista	Clase II
6	A	Quebrada Mina Rica	Desde nacimiento de la quebrada Mina Rica - Hasta el punto de monitoreo MR-01	Clase I
6	B	Quebrada Mina Rica	Desde el punto de monitoreo MR-01 - Hasta la confluencia a la quebrada Buenavista	Clase II
7	-	Quebrada Buenavista	Desde la confluencia de la quebrada La Silenciosa - Hasta la confluencia al río La Vieja	Clase II

2.4.2. Identificación de los usos potenciales del agua

Los usos potenciales fueron identificados para la condición más crítica en términos de capacidad de dilución, la cual corresponde a la época seca definida en los escenarios de simulación. Para ello se siguió el siguiente procedimiento:

1. En cada uno de los tramos de las quebradas Buenavista, Bambuco, La Silenciosa, y Mina Rica, se implementaron escenarios de simulación en condición de Línea Base, Máxima Carga Permisible, Corto Plazo (2026), Mediano Plazo (2029) y Largo Plazo (2034).
2. En cada tramo se identificaron los valores más restrictivos de los resultados de simulación, definiendo con ello la categoría de uso en la que se clasificaría cada tramo en cada escenario.
3. Se identificaron los usos potenciales permitidos utilizando como referentes los criterios de calidad del agua adoptados en Colombia por el Decreto 1076 de 2015 y consultas de literatura internacional. Para ello se utilizó como referencia el consolidado elaborado por Sierra (2011). Como se cuenta con diferentes valores de referencia por cada categoría de uso se definió entre ellos el más restrictivo.
4. Una vez identificados los usos potenciales, se hizo la categorización de los tramos aplicando los criterios de calidad establecidos.

Tabla 149. Clasificación de los tramos 1A y 1B en función de los usos potenciales en época seca en la quebrada Buenavista

DETERMINANTE	TRAMO 1A					TRAMO 1B				
	BASE	MCP	2026	2029	2034	BASE	MCP	2026	2029	2034
SST	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
DBO5	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
OD	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
pH	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Coliformes Totales	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Nitrógeno Amoniacal	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Nitritos + Nitratos	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Fósforo Total	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Condición crítica	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

Tabla 150. Clasificación de los tramos 3A y 3B en función de los usos potenciales en época seca en la quebrada Buenavista

DETERMINANTE	TRAMO 3A					TRAMO 3B				
	BASE	MCP	2026	2029	2034	BASE	MCP	2026	2029	2034
SST	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
DBO5	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
OD	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
pH	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Coliformes Totales	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Nitrógeno Amoniacal	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Nitritos + Nitratos	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Fósforo Total	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Condición crítica	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

Tabla 151. Clasificación de los tramos 4 y 7 en función de los usos potenciales en época seca en la quebrada Buenavista

DETERMINANTE	TRAMO 4					TRAMO 7				
	BASE	MCP	2026	2029	2034	BASE	MCP	2026	2029	2034
SST	A	A	A	A	D	A	A	A	A	A
DBO5	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A
OD	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A
pH	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Coliformes Totales	D	D	D	D	D	A	A	A	A	A
Nitrógeno Amoniacal	A	A	A	D	A	A	A	A	A	A
Nitritos + Nitratos	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Fósforo Total	A	A	A	A	D	A	A	A	A	A
Condición crítica	D	D	D	D	D	A	A	A	A	A

Tabla 152. Clasificación de los tramos 2A y 2B en función de los usos potenciales en época seca en la quebrada Bambuco

DETERMINANTE	TRAMO 2A					TRAMO 2B				
	BASE	MCP	2026	2029	2034	BASE	MCP	2026	2029	2034
SST	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
DBO5	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
OD	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
pH	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Coliformes Totales	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Nitrógeno Amoniacal	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Nitritos + Nitratos	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Fósforo Total	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Condición crítica	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

Tabla 153. Clasificación de los tramos 5A y 5B en función de los usos potenciales en época seca en la quebrada La Silenciosa

DETERMINANTE	TRAMO 5A					TRAMO 5B				
	BASE	MCP	2026	2029	2034	BASE	MCP	2026	2029	2034
SST	A	A	A	A	A	D	D	D	D	D
DBO5	A	A	A	A	A	B	A	B	B	A
OD	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
pH	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Coliformes Totales	B	B	B	B	B	D	D	D	D	D
Nitrógeno Amoniacal	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Nitritos + Nitratos	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Fósforo Total	A	A	A	A	A	D	D	D	D	D
Condición crítica	B	B	B	B	B	D	D	D	D	D

Tabla 154. Clasificación de los tramos 6A y 6B en función de los usos potenciales en época seca en la quebrada Mina Rica

DETERMINANTE	TRAMO 6A					TRAMO 6B				
	BASE	MCP	2026	2029	2034	BASE	MCP	2026	2029	2034
SST	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
DBO5	A	A	A	A	A	B	B	B	A	A
OD	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A
pH	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Coliformes Totales	D	D	D	B	B	D	D	D	A	A
Nitrógeno Amoniacal	A	A	A	A	A	D	D	D	D	D
Nitritos + Nitratos	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Fósforo Total	D	D	D	A	A	D	D	D	A	A
Condición crítica	D	D	D	B	B	D	D	D	D	D

2.5. Revisión y ajuste de los objetivos de calidad del agua de los tramos en ordenamiento

Inicialmente se evaluaron los objetivos de calidad fijados por la CRQ mediante la Resolución 1736 de 2020, los cuales fueron establecidos para el cauce principal de la quebrada Buenavista y quebrada Mina Rica, se hace necesario ajustarlos para reflejar el mayor nivel de detalle técnico del PORH.

Estos valores fueron contrastados y ajustados para los siete (7) tramos establecidos en el PORH, para ello se realizó un análisis de los resultados de monitoreo de calidad del agua y los escenarios simulados, considerando determinantes como oxígeno disuelto, DBO5, sólidos suspendidos totales, coliformes totales, pH, compuestos de nitrógeno y de fósforo. A partir de los resultados de la clasificación de los usos potenciales se definieron los valores máximos permisibles, de acuerdo con los establecidos en el decreto 1076 de 2015 y los presentados por Sierra (2011). Las sustancias no contenidas en el artículo segundo de la resolución 1736 de 2020, que corresponden principalmente a iones, metales y metaloides, no fueron simuladas debido

a que se encontraron por debajo del límite de detección en los puntos medidos sobre las quebradas Buenavista, Bambuco, La Silenciosa y Mina Rica, y para aquellas si detectadas, no se presentaron niveles de concentración prohibitivos.

Los objetivos de calidad se definieron únicamente para la época seca, que es cuando se presentan las condiciones más críticas en términos de capacidad de dilución. En época húmeda y de transición se deberá verificar por parte de la CRQ que los objetivos de calidad del agua asignados en época seca no sean excedidos, con excepción de los SST, los cuales aumentan naturalmente (no necesariamente por un incremento en el aporte puntual de vertimientos) por el lavado de la unidad hidrográfica y el aumento de la fuerza tractiva y capacidad de transporte de los cuerpos de agua.

Para la definición de los objetivos de calidad en época seca, se aplicó el siguiente procedimiento:

A cada tramo de las quebradas Buenavista, Bambuco, La Silenciosa y Mina Rica, se le asignó una de las categorías usadas para la definición de los usos potenciales. Conceptualmente, un tramo categorizado en A permite los usos contenidos en una categoría inferior (B, C o D), debido a que los criterios de calidad del agua correspondientes son más restrictivos acotando casos especiales. De acuerdo con los resultados del análisis realizado sobre los usos potenciales, se identificaron en cada tramo las condiciones más críticas encontradas para los diferentes determinantes de calidad del agua. Así mismo se evaluaron los casos especiales que permitan agrupar de manera progresiva los usos con motivo de definir un valor apropiado para el objetivo de calidad. Lo anterior implica que, con el fin de permitir una categoría superior, se realiza la limitación con respecto a ciertas actividades específicas para un determinante específico, lo cual se documenta de forma clara en la definición del objetivo de calidad.

2.5.1. Objetivos de Calidad del Agua para el Cauce Principal de la Quebrada Buenavista

Los tramos objeto de ordenamiento del cauce principal de la quebrada Buenavista en los que se realizó la determinación de objetivos de calidad son los siguientes:

Tramo 1A: Comprendido desde el nacimiento de la quebrada Buenavista hasta la captación del acueducto regional Filandia en el punto de monitoreo BUE-01 (km. 36.455).

Tramo 1B: Comprendido desde el punto de monitoreo BUE-01 (km. 36.455) hasta aguas arriba de la confluencia de la quebrada Bambuco (km. 28.013).

Tramo 3A: Desde la confluencia de la quebrada Bambuco (km. 28.013) - Hasta aguas arriba de la bocatoma municipal de Quimbaya en el punto de monitoreo BUE-02 (km. 24.746).

Tramo 3B: Desde aguas arriba de la bocatoma municipal de Quimbaya en el punto de monitoreo BUE-02 (km. 24.746) - Hasta aguas arriba del centro poblado Quimbaya en el punto de monitoreo BUE-03 (km. 20.771).

Tramo 4: Desde aguas arriba del centro poblado Quimbaya en el punto de monitoreo BUE-03 (km. 20.771) - Hasta la confluencia de la quebrada La Silenciosa (km. 2.161).

Tramo 7: Desde la confluencia de la quebrada La Silenciosa (km. 2.161) - Hasta la confluencia al río La Vieja (km. 0.000)

A partir de la determinación de los usos potenciales en función de los niveles de concentración obtenidos con la simulación de los escenarios Línea Base, Máxima Carga Permissible, Corto Plazo, Mediano Plazo, y Largo Plazo, para 10 determinantes de calidad del agua, y a partir de las categorías más críticas encontradas por determinante, se estableció para la quebrada Buenavista una categoría única por cada tramo para cada escenario. En la Tabla 156 se presentan los determinantes y los valores objetivo de calidad para cada categoría.

Tabla 155. Clasificación de los usos potenciales en la quebrada Buenavista

CATEGORÍA	TRAMO 1A					TRAMO 1B					TRAMO 3A				
	BASE	MCP	2026	2029	2034	BASE	MCP	2026	2029	2034	BASE	MCP	2026	2029	2034
	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
CATEGORÍA	TRAMO 3B					TRAMO 4					TRAMO 7				
	BASE	MCP	2026	2029	2034	BASE	MCP	2026	2029	2034	BASE	MCP	2026	2029	2034
	B	B	B	B	B	D	D	D	D	D	A	A	A	A	A

Tabla 156. Objetivos de calidad del agua para la quebrada Buenavista

Determinante de calidad del agua	Unidades	A	B	C	D
DBO5	mg/l O ₂	5	30	30	60
DQO*	mg/l O ₂	15	90	90	180
SST	mg/l	20	30	1000	1000
Oxígeno Disuelto	mg/l O ₂	5	4	2	-
pH	Unidades	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	5.0 - 9.0
Coliformes Totales	NMP/100 ml	1000	20000*	5000	1000000
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1000	1000	5000	200000
Nitrógeno Amoniacal	mg/l N - NH ₃	1	1	3	10
Nitritos + Nitratos	mg/l N	10	10	10	10
Fósforo Total	mg/l P	0.5	0.5	0.5	10

***Coliformes totales:** Es el único determinante analizado que no da cumplimiento al valor más restrictivo para la categoría B en los tramos 1A y 1B, correspondiendo a un límite de 1000 y 5000 NMP/100 ml para los usos consumo humano y doméstico (solo

desinfección) y agrícola con restricciones, respectivamente. Por lo que el objetivo de calidad para coliformes totales será 20000 NMP/100 ml en todos los escenarios en los tramos 1A y 1B, e implementando una restricción a los usos consumo humano y doméstico (solo desinfección) y agrícola con restricciones. De manera similar, para los tramos 3A y 3B se deberá restringir el uso para consumo humano y doméstico (solo desinfección) en todos los escenarios.

***DQO:** El valor fue establecido a partir de los límites establecidos para la DBO5, en una relación constante de DBO5/DQO aproximada de 0.33.

Los determinantes no incluidos en la Tabla 156 deberán cumplir con lo establecido en los artículos 2.2.3.3.9.3 al 2.2.3.3.9.13 del Decreto 1076 de 2015 correspondientes al respectivo uso.

2.5.2. Objetivos de Calidad del Agua para el Cauce Principal de la Quebrada Bambuco

Los tramos del cauce principal de la quebrada Bambuco para los cuales se realizó la determinación de objetivos de calidad son los siguientes:

Tramo 2A: Desde nacimiento quebrada Bambuco – Hasta la bocatoma del acueducto regional Filandia en la quebrada Bambuco en el punto de monitoreo BAM-01 (km. 8.511).

Tramo 2B: Desde la bocatoma del acueducto regional Filandia en la quebrada Bambuco en el punto de monitoreo BAM-01 (km. 8.511) – Hasta la confluencia a la quebrada Buenavista (km. 0.000).

A partir de la determinación de los usos potenciales en función de los niveles de concentración obtenidos con la simulación de los escenarios Línea Base, Máxima Carga Permisible, Corto Plazo, Mediano Plazo, y Largo Plazo, para 10 determinantes de calidad del agua, y a partir de las categorías más críticas encontradas por determinante, se estableció para la quebrada Bambuco una categoría única por cada tramo para cada escenario. En la Tabla 158 se presentan los determinantes y los valores objetivo de calidad para cada categoría.

Tabla 157. Clasificación de los usos potenciales en la quebrada Bambuco

CATEGORÍA	TRAMO 2A					TRAMO 2B				
	BASE	MCP	2026	2029	2034	BASE	MCP	2026	2029	2034
	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

Tabla 158. Objetivos de calidad del agua para la quebrada Bambuco

Determinante de calidad del agua	Unidades	A	B	C	D
DBO5	mg/l O ₂	5	30	30	60
DQO*	mg/l O ₂	15	90	90	180
SST	mg/l	20	30	1000	1000
Oxígeno Disuelto	mg/l O ₂	5	4	2	-
pH	Unidades	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	5.0 - 9.0
Coliformes Totales	NMP/100 ml	1000	20000*	5000	1000000
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1000	1000	5000	200000
Nitrógeno Amoniacal	mg/l N - NH ₃	1	1	3	10
Nitritos + Nitratos	mg/l N	10	10	10	10
Fósforo Total	mg/l P	0.5	0.5	0.5	10

***Coliformes totales:** Es el único determinante analizado que no da cumplimiento al valor más restrictivo para la categoría B en el tramo 2B, correspondiendo a un límite de 1000 y 5000 NMP/100 ml para los usos consumo humano y doméstico (solo desinfección) y agrícola con restricciones, respectivamente. Por lo que el objetivo de calidad para coliformes totales será 20000 NMP/100 ml en todos los escenarios en los tramos 2A y 2B, e implementando una restricción a los usos consumo humano y doméstico (solo desinfección) y agrícola con restricciones en todos los escenarios.

***DQO:** El valor fue establecido a partir de los límites establecidos para la DBO5, en una relación constante de DBO5/DQO aproximada de 0.33.

Los determinantes no incluidos en la Tabla 158 deberán cumplir con lo establecido en los artículos 2.2.3.3.9.3 al 2.2.3.3.9.13 del Decreto 1076 de 2015 correspondientes al respectivo uso.

2.5.3. Objetivos de Calidad del Agua para el Cauce Principal de la Quebrada La Silenciosa

Los tramos del cauce principal de la quebrada La Silenciosa para los cuales se realizó la determinación de objetivos de calidad son los siguientes:

Tramo 5A: Desde nacimiento de la quebrada La Sopera - Hasta la bocatoma La Silenciosa en el punto de monitoreo SIL-02 (km 2.694).

Tramo 5B: Desde la bocatoma La Silenciosa en el punto de monitoreo SIL-02 (km 2.694) - Hasta la confluencia a la quebrada Buenavista (km 0.000).

Tabla 159. Clasificación de los usos potenciales en la quebrada La Silenciosa

CATEGORÍA	TRAMO 5A					TRAMO 5B				
	BASE	MCP	2026	2029	2034	BASE	MCP	2026	2029	2034
	B	B	B	B	B	D	D	D	D	D

Tabla 160. Objetivos de calidad del agua para la quebrada La Silenciosa

Determinante de calidad del agua	Unidades	A	B	C	D
DBO5	mg/l O ₂	5	30	30	60
DQO*	mg/l O ₂	15	90	90	180
SST	mg/l	20	30	1000	1000
Oxígeno Disuelto	mg/l O ₂	5	4	2	-
pH	Unidades	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	5.0 - 9.0
Coliformes Totales	NMP/100 ml	1000	20000*	5000	1000000
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1000	1000	5000	200000
Nitrógeno Amoniacal	mg/l N - NH ₃	1	1	3	10
Nitritos + Nitratos	mg/l N	10	10	10	10
Fósforo Total	mg/l P	0.5	0.5	0.5	10

A partir de la determinación de los usos potenciales en función de los niveles de concentración obtenidos con la simulación de los escenarios Línea Base, Máxima Carga Permisible, Corto Plazo, Mediano Plazo, y Largo Plazo, para 10 determinantes de calidad del agua, y a partir de las categorías más críticas encontradas por determinante, se estableció para la quebrada La Silenciosa una categoría única por cada tramo para cada escenario. En la Tabla 160 se presentan los determinantes y los valores objetivo de calidad para cada categoría.

***Coliformes totales:** Es el único determinante analizado que no da cumplimiento al valor más restrictivo para la categoría B en el tramo 5A, correspondiendo a un límite de 1000 el uso consumo humano y doméstico (solo desinfección). Por lo que el objetivo de calidad para coliformes totales será 20000 NMP/100 ml en todos los escenarios en el tramo 5A, e implementando una restricción al uso consumo humano y doméstico (solo desinfección) en todos los escenarios.

***DQO:** El valor fue establecido a partir de los límites establecidos para la DBO5, en una relación constante de DBO5/DQO aproximada de 0.33.

Los determinantes no incluidos en la Tabla 160 deberán cumplir con lo establecido en los artículos 2.2.3.3.9.3 al 2.2.3.3.9.13 del Decreto 1076 de 2015 correspondientes al respectivo uso.

2.5.4. Objetivos de Calidad del Agua para el Cauce Principal de la Quebrada Mina Rica

Los tramos del cauce principal de la quebrada Mina Rica para los cuales se realizó la determinación de objetivos de calidad son los siguientes:

Tramo 6A: Desde nacimiento de la quebrada Mina Rica - Hasta el punto de monitoreo MR-01 (km 8.500).

Tramo 6B: Desde el punto de monitoreo MR-01 (km 8.500) - Hasta la confluencia a la quebrada Buenavista (km 0.000).

A partir de la determinación de los usos potenciales en función de los niveles de concentración obtenidos con la simulación de los escenarios Línea Base, Máxima Carga Permisible, Corto Plazo, Mediano Plazo, y Largo Plazo, para 10 determinantes de calidad del agua, y a partir de las categorías más críticas encontradas por determinante, se estableció para la quebrada Mina Rica una categoría única por cada tramo para cada escenario. En la Tabla 162 se presentan los determinantes y los valores objetivo de calidad para cada categoría.

Tabla 161. Clasificación de los usos potenciales en la quebrada Mina Rica

CATEGORÍA	TRAMO 6A					TRAMO 6B				
	BASE	MCP	2026	2029	2034	BASE	MCP	2026	2029	2034
	D	D	D	B	B	D	D	D	D	D

Tabla 162. Objetivos de calidad del agua para la quebrada Mina Rica

Determinante de calidad del agua	Unidades	A	B	C	D
DBO5	mg/l O ₂	5	30	30	60
DQO*	mg/l O ₂	15	90	90	180
SST	mg/l	20	30	1000	1000
Oxígeno Disuelto	mg/l O ₂	5	4	2	-
pH	Unidades	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	5.0 - 9.0
Coliformes Totales	NMP/100 ml	1000	20000*	5000	1000000
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1000	1000	5000	200000
Nitrógeno Amoniacal	mg/l N - NH ₃	1	1	3	10
Nitritos + Nitratos	mg/l N	10	10	10	10
Fósforo Total	mg/l P	0.5	0.5	0.5	10

***Coliformes totales:** Es el único determinante analizado que no da cumplimiento al valor más restrictivo para la categoría B en el tramo 6A en el escenario Largo Plazo (2034), correspondiendo a un límite de 1000 el uso consumo humano y doméstico (solo desinfección). Por lo que el objetivo de calidad para coliformes totales será 20000 NMP/100 ml en el escenario 2034 en el tramo 6A, e implementando una restricción al uso consumo humano y doméstico (solo desinfección).

***DQO:** El valor fue establecido a partir de los límites establecidos para la DBO5, en una relación constante de DBO5/DQO aproximada de 0.33.

Los determinantes no incluidos en la Tabla 162 deberán cumplir con lo establecido en los artículos 2.2.3.3.9.3 al 2.2.3.3.9.13 del Decreto 1076 de 2015 correspondientes al respectivo uso.

2.6. Prohibición de usos específicos

Con el propósito de alcanzar los usos potenciales y objetivos de calidad propuestos en los escenarios definidos, se hace necesario fijar las siguientes prohibiciones y/o condicionamientos de uso:

Tabla 163. Matriz de prohibiciones y condicionamientos en los tramos objeto de ordenamiento

Tramo	Cuerpo de agua	Prohibiciones y/o condicionamientos	Justificación
1A	Quebrada Buenavista	No se deberán permitir vertimientos puntuales directos e indirectos.	Cuerpo de agua Clase I
		Se deberá prohibir el uso para consumo humano y doméstico con sólo desinfección en todos los escenarios simulados.	La concentración de coliformes totales es superior a 1000 NMP/100 ml
		No se deberán permitir los usos de categoría A en todos los escenarios	Usos incompatibles
1B	Quebrada Buenavista	Se deberá prohibir el uso para consumo humano y doméstico con sólo desinfección en todos los escenarios simulados.	La concentración de coliformes totales es superior a 1000 NMP/100 ml
		No se deberán permitir los usos de categoría A en todos los escenarios	Usos incompatibles
2A	Quebrada Bambuco	No se deberán permitir vertimientos puntuales directos e indirectos.	Cuerpo de agua Clase I
		Se deberá prohibir el uso para consumo humano y doméstico con sólo desinfección en todos los escenarios simulados.	La concentración de coliformes totales es superior a 1000 NMP/100 ml
		No se deberán permitir los usos de categoría A en todos los escenarios	Usos incompatibles
2B	Quebrada Bambuco	Se deberá prohibir el uso para consumo humano y doméstico con sólo desinfección en todos los escenarios simulados.	La concentración de coliformes totales es superior a 1000 NMP/100 ml
		No se deberán permitir los usos de categoría A en todos los escenarios	Usos incompatibles
3A	Quebrada Buenavista	No se deberán permitir vertimientos puntuales directos e indirectos.	Cuerpo de agua Clase I
		Se deberá prohibir el uso para consumo humano y doméstico con sólo desinfección en todos los escenarios simulados.	La concentración de coliformes totales es superior a 1000 NMP/100 ml
		No se deberán permitir los usos de categoría A en todos los escenarios	Usos incompatibles
3B	Quebrada Buenavista	Se deberá prohibir el uso para consumo humano y doméstico con sólo desinfección en todos los escenarios simulados.	La concentración de coliformes totales es superior a 1000 NMP/100 ml
		No se deberán permitir los usos de categoría A en todos los escenarios	Usos incompatibles
4	Quebrada Buenavista	No se deberán permitir los usos de categoría A, B y C en todos los escenarios	Usos incompatibles
5A		No se deberán permitir vertimientos puntuales directos e indirectos.	Cuerpo de agua Clase I

Tramo	Cuerpo de agua	Prohibiciones y/o condicionamientos	Justificación
	Quebrada La Silenciosa	Se deberán prohibir los usos consumo humano y doméstico con sólo desinfección y recreativo por contacto primario en todos los escenarios simulados.	La concentración de coliformes totales es superior a 1000 NMP/100 ml
		No se deberán permitir los usos de categoría A en todos los escenarios	Usos incompatibles
5B	Quebrada La Silenciosa	No se deberán permitir los usos de categoría A, B y C en todos los escenarios	Usos incompatibles
6A	Quebrada Mina Rica	No se deberán permitir vertimientos puntuales directos e indirectos	Cuerpo de agua Clase I
		No se deberán permitir los usos de categoría A, B y C en los escenarios Línea Base, Máxima Carga Permisible, Corto Plazo y Mediano Plazo	Usos incompatibles
6B	Quebrada Mina Rica	No se deberán permitir los usos de categoría A, B y C en todos los escenarios	Usos incompatibles
7	Quebrada Buenavista	No se deberán permitir los usos de categoría A y B en los escenarios Línea Base, Corto Plazo y Mediano Plazo y Largo Plazo	Usos incompatibles

2.7. Estimación cualitativa de riesgos asociados a reducción de la oferta y disponibilidad del recurso hídrico

Se implementó el análisis del riesgo asociado a la disponibilidad del recurso hídrico, en términos de calidad del agua, a partir de los resultados obtenidos en los modelos de simulación para el corto, mediano y largo plazo. El análisis se realizó para cada uno de los siete (7) tramos definidos para la identificación de usos potenciales, cuatro (4) tramos sobre la corriente principal de la quebrada Buenavista (tramos 1, 3, 4 y 7), y tres tramos en los afluentes principales, uno (1) en la quebrada Bambuco (tramo 2), uno (1) en la quebrada La Silenciosa (tramo 5), y uno (1) en la quebrada Mina Rica (tramo 6).

2.7.1. Vulnerabilidad

La vulnerabilidad se determinó identificando los usos del agua, de forma que las captaciones para abastecimiento doméstico corresponden a una **Vulnerabilidad Alta**, las captaciones para usos agrícola y pecuario corresponden a una **Vulnerabilidad Media**. Los demás usos corresponden a **Vulnerabilidad Baja**. Para los tramos en los cuales no se encontraron captaciones se consideran como no Vulnerables. Las categorías de vulnerabilidad obtenidas al aplicar estos criterios en los tramos objeto de ordenamiento se presentan en la Figura 177.

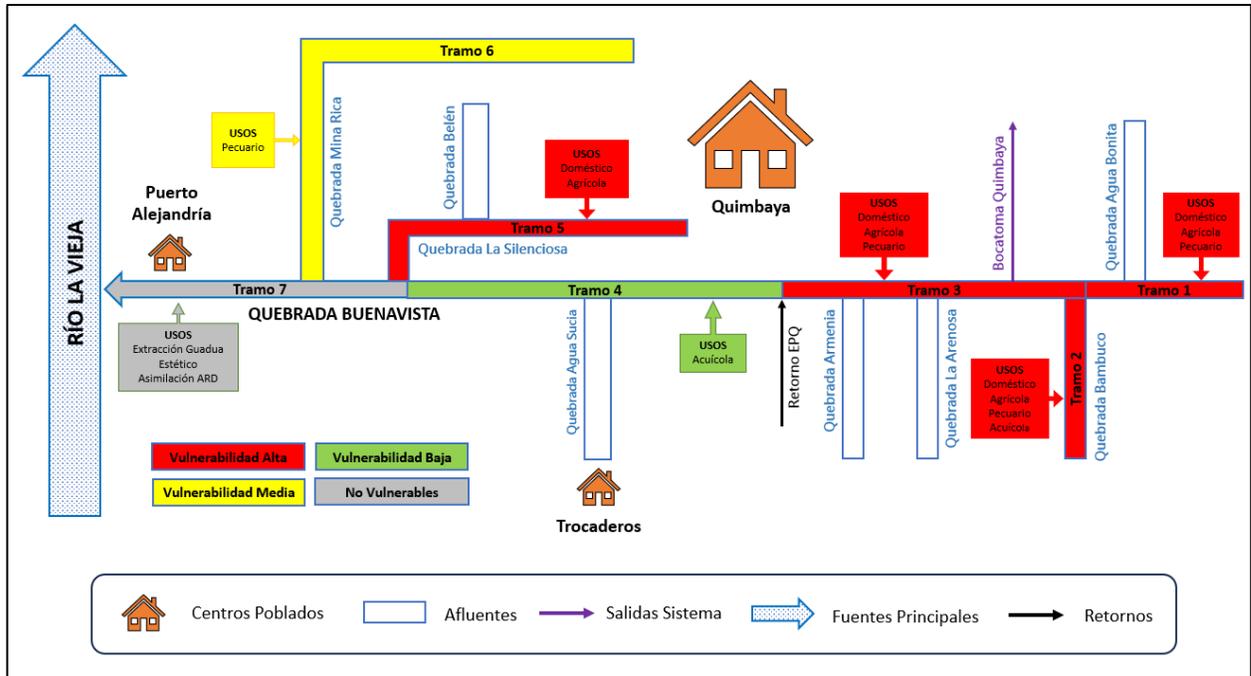


Figura 177. Esquema con las categorías de vulnerabilidad en los tramos definidos para las quebradas Buenavista, Bambuco, La Silenciosa, y Mina Rica

2.7.1.1. Vulnerabilidad en los tramos de la quebrada Buenavista

Para la quebrada Buenavista en su parte alta (tramo 1) y media (tramo 3) se presenta una **Vulnerabilidad Alta**, debido a la presencia de captaciones para Consumo Humano y Uso Doméstico (Figura 177). En la zona media (tramo 4) se identifica una **Vulnerabilidad Baja** por la presencia de uso acuícola. Finalmente, la zona baja (tramo 7) presenta una condición de **no Vulnerable** por no contar con captaciones de agua.

2.7.1.2. Vulnerabilidad en el tramo de la quebrada Bambuco

La quebrada Bambuco presenta una **Vulnerabilidad Alta**, dada la presencia de captaciones para uso Agrícola, Consumo Humano y Uso Doméstico (tramo 2, Figura 177).

2.7.1.3. Vulnerabilidad en el tramo de la quebrada La Silenciosa

La quebrada La Silenciosa cuenta con una **Vulnerabilidad Alta**, debido a que cuenta con captaciones para uso Agrícola, Consumo Humano y Uso Doméstico (tramo 5, Figura 177).

2.7.1.4. Vulnerabilidad en el tramo de la quebrada Mina Rica

En la quebrada Mina Rica se presentan captaciones para uso Pecuario, lo cual le atribuye una **Vulnerabilidad Media** (tramo 6, Figura 177).

2.7.2. Amenaza

El MADS (2018) recomienda la cuantificación de la amenaza a partir de la comparación entre los objetivos de calidad definidos para cada tramo y las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos respectivos, obtenidas de la simulación de escenarios de corto, mediano y largo plazo. Para cada escenario se calculó el indicador de amenaza asociado a la disponibilidad mediante la siguiente ecuación:

$$I_A = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{C_i}{OC_i}}{N}$$

Donde,

I_A es el indicador de amenaza asociado a la disponibilidad hídrica, N es el número total de parámetros asociados a los objetivos de calidad para un determinado uso, C_i es la concentración del parámetro i obtenida de los resultados de la simulación de escenarios, y OC_i es el objetivo de calidad asociado al parámetro i .

De acuerdo con la formulación del índice I_A , valores cercanos a 1 indican que las concentraciones esperadas en los respectivos parámetros estarán muy cerca del objetivo de calidad, por lo que esta condición se puede asociar a una Amenaza Alta. Por el contrario, valores de I_A cercanos a cero, indican que las concentraciones estarán muy por debajo de los objetivos de calidad, por lo que correspondería un nivel de Amenaza Bajo. La guía no define los límites para la determinación de cada categoría, por lo tanto, en concordancia con otros instrumentos de planificación del recurso hídrico de la CRQ, se han propuesto los rangos representados en la Tabla 164. De esta forma, valores entre 0.75 y 1 se consideran como una Amenaza Alta, valores entre 0.25 y 0.74 corresponden a una Amenaza Media, y valores entre 0 y 0.24 se refieren a una Amenaza Baja.

Tabla 164. Categorías de Amenaza a partir de I_A

Categoría de Amenaza	Rango numérico	
Alta	1	0.75
Media	0.74	0.25
Baja	0.24	0

2.7.2.1. Determinación de la amenaza en los tramos de la quebrada Buenavista

Se presentan valores de **Amenaza Media** en todos los escenarios de los tramos 1^a, 3A y 7 (Tabla 165, Tabla 166 y Tabla 167), con la condición de mayor amenaza para oxígeno disuelto (tramo 1A y tramo 7) y nitrógeno amoniacal (tramo 3A). los tramos 1B y 3B presentan una **Amenaza Baja** (Tabla 165, Tabla 166 y Tabla 167) en todos los escenarios, con la condición de mayor amenaza para oxígeno disuelto (tramos 1B y 3B), fósforo total

(tramo 7). En el tramo 4 se identifica una **Amenaza Media** en el escenario de mediano plazo con la condición de mayor amenaza en coliformes totales, en este mismo tramo se observa una **Amenaza Baja** en los escenarios corto y largo plazo (Tabla 167).

Tabla 165. Índice de amenaza en los en la quebrada Buenavista (Tramos 1A y 1B) para corto, mediano y largo plazo

DETERMINANTE	TRAMO 1A						TRAMO 1B					
	2026		2029		2034		2026		2029		2034	
	C_{i}	I_{A}	C_{i}	I_{A}	C_{i}	I_{A}	C_{i}	I_{A}	C_{i}	I_{A}	C _i	I _A
DBO5	2	0.067	2	0.067	2	0.067	1.72	0.057	1.72	0.057	1.72	0.057
SST	10	0.333	10	0.333	10	0.333	10	0.333	10	0.333	10	0.333
Oxígeno Disuelto	6.39	0.626	6.39	0.626	6.39	0.626	7.28	0.549	7.28	0.549	7.28	0.549
Coliformes Totales	9800	0.49	9800	0.49	9800	0.49	6940	0.347	6940	0.347	6940	0.347
Nitrógeno Amoniacal	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047
Nitritos + Nitratos	0.074	0.007	0.074	0.007	0.074	0.007	0.067	0.007	0.103	0.01	0.067	0.007
Fósforo Total	0.07	0.14	0.07	0.14	0.07	0.14	0.069	0.138	0.069	0.138	0.069	0.138
I _A		0.25		0.25		0.25		0.21		0.21		0.21

Tabla 166. Índice de amenaza en los en la quebrada Buenavista (Tramos 3A y 3B) para corto, mediano y largo plazo

DETERMINANTE	TRAMO 3A						TRAMO 3B					
	2026		2029		2034		2026		2029		2034	
	C_{i}	I_{A}	C_{i}	I_{A}	C_{i}	I_{A}	C_{i}	I_{A}	C_{i}	I_{A}	C _i	I _A
DBO5	1.62	0.054	1.62	0.054	1.62	0.054	1.74	0.058	1.74	0.058	1.74	0.058
SST	8.39	0.28	8.39	0.28	8.39	0.28	9.17	0.306	9.17	0.306	9.17	0.306
Oxígeno Disuelto	7.4	0.541	7.4	0.541	7.4	0.541	6.79	0.589	6.79	0.589	6.79	0.589
Coliformes Totales	5190	0.26	5190	0.26	5190	0.26	4140	0.207	4140	0.207	4140	0.207
Nitrógeno Amoniacal	0.698	0.698	0.698	0.698	0.698	0.698	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375	0.375
Nitritos + Nitratos	0.158	0.016	0.158	0.016	0.158	0.016	0.152	0.015	0.152	0.015	0.152	0.015
Fósforo Total	0.054	0.109	0.054	0.109	0.054	0.109	0.062	0.124	0.062	0.124	0.062	0.124
I _A		0.28		0.28		0.28		0.24		0.24		0.24

Tabla 167. Índice de amenaza en los en la quebrada Buenavista (Tramos 4 y 7) para corto, mediano y largo plazo

DETERMINANTE	TRAMO 4						TRAMO 7					
	2026		2029		2034		2026		2029		2034	
	C_{i}	I_{A}	C_{i}	I_{A}	C_{i}	I_{A}	C_{i}	I_{A}	C_{i}	I_{A}	C _i	I _A
DBO5	12.64	0.211	50.29	0.838	32.37	0.54	1.29	0.258	2.99	0.598	1.21	0.242
SST	18.09	0.018	34.09	0.034	34.09	0.034	8.21	0.411	13.39	0.67	7.41	0.371
Oxígeno Disuelto	4.51	0	2.24	0	3.54	0	7.18	0.696	6.61	0.756	7.21	0.693
Coliformes Totales	4E+05	0.415	2E+06	1	3E+05	0.305	420	0.084	260	0.052	190	0.038
Nitrógeno Amoniacal	0.361	0.036	1.161	0.116	0.83	0.083	0.476	0.476	0.559	0.559	0.377	0.377
Nitritos + Nitratos	0.408	0.041	1.491	0.149	1.062	0.106	0.699	0.07	0.683	0.068	0.543	0.054
Fósforo Total	0.356	0.036	1	0.1	1.007	0.101	0.151	0.302	0.158	0.316	0.076	0.152
I _A		0.11		0.32		0.17		0.33		0.43		0.28

2.7.2.2. Determinación de la amenaza en los tramos de la quebrada Bambuco

En el tramo 2A se presenta una **Amenaza Baja** para todos los escenarios, con mayores valores de amenaza para el oxígeno disuelto (Tabla 168). En cuanto al tramo 2B, se

observa una **Amenaza Media** en todos los escenarios, con la condición de mayor amenaza para el nitrógeno amoniacal (Tabla 168).

Tabla 168. Índice de amenaza en los en la quebrada Bambuco (Tramos 2A y 2B) para corto, mediano y largo plazo

DETERMINANTE	2026		TRAMO 2A				2026		TRAMO 2B			
	C _i	I _a	2029		2034		C _i	I _a	2029		2034	
DBO5	2	0.067	2	0.067	2	0.067	1.97	0.066	1.97	0.066	1.97	0.066
SST	10	0.333	10	0.333	10	0.333	10	0.333	10	0.333	10	0.333
Oxígeno Disuelto	6.42	0.623	6.42	0.623	6.42	0.623	7.39	0.541	7.39	0.541	7.39	0.541
Coliformes Totales	4350	0.218	4350	0.218	4350	0.218	6430	0.322	6430	0.322	6430	0.322
Nitrógeno Amoniacal	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.651	0.651	0.651	0.651	0.651	0.651
Nitritos + Nitratos	0.074	0.007	0.074	0.007	0.074	0.007	0.106	0.011	0.106	0.011	0.106	0.011
Fósforo Total	0.07	0.14	0.07	0.14	0.07	0.14	0.067	0.134	0.067	0.134	0.067	0.134
I _a		0.21		0.21		0.21		0.29		0.29		0.29

2.7.2.3. Determinación de la amenaza en los tramos de la quebrada La Silenciosa

El tramo 5A evidencia una **Amenaza Media** en todos los escenarios, la cual se asocia a mayores valores de amenaza en fósforo total, nitrógeno amoniacal y oxígeno disuelto. Para el caso del tramo 5B se reduce a una condición de **Amenaza Baja** por efecto de la recuperación de la calidad en contraste con su objetivo de calidad (Tabla 169).

Tabla 169. Índice de amenaza en los en la quebrada La Silenciosa (Tramos 5A y 5B) para corto, mediano y largo plazo

DETERMINANTE	2026		TRAMO 5A				2026		TRAMO 5B			
	C _i	I _a	2029		2034		C _i	I _a	2029		2034	
DBO5	2	0.067	2	0.067	2	0.067	5.45	0.091	5.48	0.091	4.14	0.069
SST	10	0.333	10	0.333	10	0.333	71.92	0.072	71.94	0.072	69.31	0.069
Oxígeno Disuelto	6.86	0.583	6.86	0.583	6.86	0.583	6.72	0	6.72	0	6.75	0
Coliformes Totales	3080	0.154	3080	0.154	3080	0.154	50000	0.05	50870	0.051	26610	0.027
Nitrógeno Amoniacal	0.438	0.438	0.438	0.438	0.438	0.438	0.754	0.075	0.756	0.076	0.531	0.053
Nitritos + Nitratos	0.609	0.061	0.609	0.061	0.609	0.061	1.033	0.103	1.035	0.104	0.728	0.073
Fósforo Total	0.341	0.682	0.341	0.682	0.341	0.682	1.65	0.165	1.656	0.166	1.45	0.145
I _a		0.33		0.33		0.33		0.08		0.08		0.06

2.7.2.4. Determinación de la amenaza en los tramos de la quebrada Mina Rica

En la quebrada Mina Rica se identifica una **Amenaza Baja** en los tramos 6A y 6B, debido a que el estado de calidad en cada escenario de aproxima al objetivo de calidad (Tabla 170).

Tabla 170. Índice de amenaza en los en la quebrada Mina Rica (Tramos 6A y 6B) para corto, mediano y largo plazo

DETERMINANTE	TRAMO 6A						TRAMO 6B					
	2026		2029		2034		2026		2029		2034	
	C_{i}	I_{A}	C_{i}	I_{A}	C_{i}	I_{A}	C_{i}	I_{A}	C_{i}	I_{A}	C _i	I _A
DBO5	3.78	0.063	2	0.067	2	0.067	5.08	0.085	4.54	0.076	4.54	0.076
SST	10	0.01	10	0.333	10	0.333	10.2	0.01	10.2	0.01	10.2	0.01
Oxígeno Disuelto	4.5	0	6.42	0.623	6.42	0.623	5.13	0	5.69	0	5.69	0
Coliformes Totales	2E+05	0.241	4350	0.218	4350	0.218	2E+05	0.208	3750	0.004	3750	0.004
Nitrógeno Amoniacal	0.438	0.044	0.055	0.055	0.055	0.055	2.032	0.203	1.85	0.185	1.85	0.185
Nitritos + Nitratos	0.591	0.059	0.074	0.007	0.074	0.007	2.81	0.281	2.52	0.252	2.52	0.252
Fósforo Total	0.773	0.077	0.07	0.14	0.07	0.14	0.742	0.074	0.067	0.007	0.067	0.007
I _A		0.07		0.21		0.21		0.12		0.08		0.08

2.7.3. Riesgo

De acuerdo con el MADS (2018), la categoría del Riesgo corresponde a la condición más crítica entre la Amenaza y la Vulnerabilidad como se indica en la Tabla 171.

Tabla 171. Categorías para la definición del Riesgo

Amenaza	Vulnerabilidad	Riesgo
Alta	Alta	Alto
Alta	Media	Alto
Alta	Baja	Alto
Media	Alta	Alto
Baja	Alta	Alto
Media	Media	Medio
Media	Baja	Medio
Baja	Media	Medio
Baja	Baja	Bajo

2.7.3.1. Análisis del riesgo en los tramos de la quebrada Buenavista

Para el cauce principal de la quebrada Buenavista se presenta un **Riesgo Alto** en los Tramos 1 y 3, debido a que fueron clasificados con vulnerabilidad alta por presentar usos para consumo humano. El tramo 4 presenta un **Riesgo Medio** a mediano plazo por una amenaza media en el cumplimiento del objetivo de calidad por coliformes totales y DBO5, en el resto de los escenarios presenta un **Riesgo Bajo**, finalmente, el tramo 7 presenta un **Riesgo Medio** en todos los escenarios (Tabla 172).

Tabla 172. Clasificación del riesgo por disponibilidad en la quebrada Buenavista para los escenarios de corto, mediano y largo plazo.

Variable	Tramo 1A			Tramo 1B			Tramo 3A			Tramo 3B			Tramo 4			Tramo 7		
	2026	2029	2034	2026	2029	2034	2026	2029	2034	2026	2029	2034	2026	2029	2034	2026	2029	2034
Amenaza	Media	Media	Media	Baja	Baja	Baja	Media	Media	Media	Baja	Baja	Baja	Baja	Media	Baja	Media	Media	Media
Vulnerabilidad	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Baja	Baja	Baja	NV*	NV*	NV*
Riesgo	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Medio	Bajo	Medio	Medio	Medio

NV* = no vulnerable

2.7.3.2. Análisis del riesgo en los tramos de la quebrada Bambuco

La disponibilidad del recurso hídrico en la quebrada Bambuco se encuentra en **Riesgo Alto** para los tramos 2A y 2B en los tres escenarios, debido a la presencia de captaciones para consumo humano (vulnerabilidad alta).

Tabla 173. Clasificación del riesgo por disponibilidad en la quebrada Bambuco para los escenarios de corto, mediano y largo plazo.

Variable	Tramo 2A			Tramo 2B		
	2026	2029	2034	2026	2029	2034
Amenaza	Baja	Baja	Baja	Media	Media	Media
Vulnerabilidad	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Riesgo	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto

2.7.3.3. Análisis del riesgo en los tramos de la quebrada La Silenciosa

En la quebrada La Silenciosa se evidencia un Riesgo Alto en todos los escenarios para los tramos 5A y 5B, debido a la presencia de captaciones para consumo humano (vulnerabilidad alta).

Tabla 174. Clasificación del riesgo por disponibilidad en la quebrada La Silenciosa para los escenarios de corto, mediano y largo plazo.

Variable	Tramo 5A			Tramo 5B		
	2026	2029	2034	2026	2029	2034
Amenaza	Media	Media	Media	Baja	Baja	Baja
Vulnerabilidad	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Riesgo	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto

2.7.3.4. Análisis del riesgo en los tramos de la quebrada Mina Rica

El cauce principal de la quebrada Mina Rica evidencia un Riesgo Medio por disponibilidad hídrica en los tramos 6A y 6B, debido a la restricción impuesta por la vulnerabilidad media dada por la presencia de captaciones para uso Pecuario.

Tabla 175. Clasificación del riesgo por disponibilidad en la quebrada Mina Rica para los escenarios de corto, mediano y largo plazo.

Variable	Tramo 6A			Tramo 6B		
	2026	2029	2034	2026	2029	2034
Amenaza	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
Vulnerabilidad	Media	Media	Media	Media	Media	Media
Riesgo	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio

3. Fase Elaboración del Plan

3.1. Articulación con el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del río La Vieja

3.1.1. Correspondencia de indicadores del componente Recurso Hídrico entre POMCA y PORH

El POMCA del río La Vieja (CRQ, 2018) determinó a nivel de unidad hidrográfica y escala anual los índices de Uso del Agua (IUA) e Índice de Vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico (IVH). En cuanto a la evaluación de la calidad del agua, el POMCA caracterizó dos puntos de muestreo en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista en una campaña de monitoreo, con base en ello calculó el índice de calidad del agua (ICA), de manera similar, el índice de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL) fue calculado de forma agregada para toda la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista.

Debido a que el PORH determina los indicadores del recurso hídrico con un mayor nivel de detalle espacial y temporal, se requiere actualizar los indicadores del recurso hídrico del POMCA, considerando la línea base aportada por el PORH para cada uno de los siete (7) tramos objeto de ordenamiento en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista, en los siguientes términos:

- Cálculo de índices de aridez a escala mensual por cada tramo en ordenamiento (IA)
- Cálculo de índices de uso del agua a escala mensual para cada tramo en ordenamiento y condición hidrológica (IUA)
- Cálculo de índices de retención y regulación hídrica para cada tramo en ordenamiento (IRH)
- Cálculo de índices de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico para cada tramo en ordenamiento (IVH)
- Cálculo de índices de calidad del agua (ICA) para los puntos de monitoreo en los siete (7) tramos en ordenamiento en dos condiciones hidrológicas (época seca y época húmeda o transición)
- Cálculo de índices de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL) para cada tramo en ordenamiento

3.1.2. Coherencia de la zonificación ambiental del POMCA del río La Vieja en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista y tributarios priorizados con los elementos de ordenamiento del PORH

Debido a que la metodología desarrollada para definir la zonificación ambiental del POMCA se basa en la superposición de mapas y variables definidas en un nivel de detalle diferente al usado en el PORH, se hace necesario actualizar la zonificación en el área de la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista para considerar los indicadores hídricos (IUA) calculados en la escala mensual por cada uno de los siete (7) tramos en ordenamiento. Adicionalmente, será necesario tener en cuenta que los tramos 1A,2A, 3A y 5A deberán contar con un área destinada a la categoría de conservación y protección ambiental, debido a son tramos de cabecera clasificados como tramos de Clase I que se constituyen en fuentes abastecedoras para consumo humano.

Será necesario considerar en dicha actualización los escenarios prospectivos a corto, mediano y largo plazo establecidos en el PORH de la quebrada Buenavista y tributarios priorizados, los cuales fueron diseñados para mejorar las condiciones de calidad de los siete (7) tramos definidos en los cuatro (4) cuerpos de agua en ordenamiento (quebradas Buenavista, Bambuco, La Silenciosa y Mina Rica).

3.1.3. Necesidades de ajustes del POMCA en su componente programático

El PORH de la quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados se articula con el objetivo específico 4 del POMCA del río La Vieja, el cual busca “Realizar la gestión integral del recurso hídrico y mejoramiento del saneamiento básico de la Cuenca”. La articulación de ambos instrumentos de evidencia en la correspondencia entre tres (3) estrategias y ocho (8) proyectos del POMCA con los programas y proyectos del PORH, como se describe a continuación (Tabla 176):

Tabla 176. Articulación programática entre el PORH de la quebrada Buenavista y tributarios priorizados con el POMCA del río La Vieja

Estrategia POMCA (CRQ, 2018)	Proyectos POMCA (CRQ, 2018)	Programas y proyectos PORH Buenavista (2024)
Uso y manejo integral del suelo de la cuenca, atendiendo a su vocación y a las necesidades de conservación y recuperación de recursos naturales conexos	<p>Proyecto 3: Formulación y puesta en marcha de insumos para un programa de conservación de suelos y promoción de sistemas sostenibles de producción</p> <p>Proyecto 6: Ordenamiento y planificación del turismo presente en el suelo rural de la Cuenca.</p>	<p>Programa: Sistemas productivos sostenibles (Promoción de buenas prácticas agrícolas y pecuarias en los sistemas productivos de la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista)</p> <p>Programa: Cultura ambiental sostenible (Implementación y Seguimiento a programas de ahorro y uso eficiente del agua - PUEA en el sector turístico, Implementación de estrategias para la</p>

Estrategia POMCA (CRQ, 2018)	Proyectos POMCA (CRQ, 2018)	Programas y proyectos PORH Buenavista (2024)
Manejo participativo de áreas y ecosistemas estratégicos de la Cuenca	Proyecto 8: Ordenamiento y planificación de áreas naturales protegidas y ecosistemas estratégicos Proyecto 9: Gestión de áreas protegidas y suelos de protección	educación ambiental en uso sostenible del agua) Programa: Restauración y conservación de microcuencas (Recuperación, protección y conservación de nacimientos de agua y zonas de ribera, Pago por servicios ambientales para la conservación del agua en la subzona hidrográfica de la quebrada Buenavista)
Gestión integral de la disponibilidad y calidad del recurso hídrico	Proyecto 11: Conocimiento y manejo del recurso hídrico superficial Proyecto 12: Planificación y manejo de acuíferos de la cuenca Proyecto 13: Uso eficiente y ahorro del agua Proyecto 14: Saneamiento básico integral para la cuenca	Programa: Seguimiento y monitoreo al recurso hídrico (Red hidrométrica y meteorológica de la quebrada Buenavista, Monitoreo y seguimiento a la calidad del recurso hídrico, Monitoreo piezométrico y de calidad del agua subterránea, Seguimiento y monitoreo hidrobiológico) Programa: Saneamiento hídrico (Construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales en el municipio de Quimbaya, Evaluación de cargas contaminantes difusas de origen agropecuario en la parte alta y media de la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista, Construcción, recuperación y/o mantenimiento de pozos sépticos en áreas rurales, Proyecto de Manejo Integrado de Residuos Sólidos) Programa: Demanda hídrica sostenible (Implementación de sistemas de potabilización en áreas rurales de la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista, Legalización de usuarios del recurso hídrico en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista)

3.2. Articulación con otros instrumentos de planificación

Las restricciones de uso establecidas en los cuerpos de agua objeto de ordenamiento en los siete tramos definidos deberán ser tenidas en cuenta por los entes territoriales a través de su incorporación en los esquemas de ordenamiento territorial. El Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) del municipio de Quimbaya deberá ser actualizado y tener en cuenta las acciones de saneamiento definidas para los diferentes escenarios de calidad simulados. Para ello, la autoridad ambiental deberá continuar implementando las correspondientes acciones de seguimiento y cumplimiento a lo establecido en el plan.

3.3. Programas, proyectos y actividades para el ordenamiento del recurso hídrico

La formulación de los programas y proyectos del PORH de la quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados obedece a la necesidad de obtener soluciones a las problemáticas identificadas en las fases anteriores del proceso de ordenamiento, ello con el propósito de alcanzar y garantizar los usos potenciales del agua definidos para cada tramo objeto de ordenamiento. Para el logro de este propósito se establecieron los siguientes programas y proyectos para ser desarrollados en un horizonte de planificación de diez (10) años:

Tabla 177. Programas y proyectos para el ordenamiento del recurso hídrico de la quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados

Programa	Proyecto	Objetivo	Corto Plazo (2026)	Mediano Plazo (2029)	Largo Plazo (2034)
Seguimiento y monitoreo al recurso hídrico	Red hidrométrica y meteorológica de la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista	Diseñar y poner en marcha la red hidrométrica (nivel-caudal) y climatológica (precipitación, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, etc) de en el área hidrográfica de la quebrada Buenavista.			
	Monitoreo y seguimiento a la calidad del recurso hídrico	Implementar una red de monitoreo del recurso hídrico superficial en los tramos priorizados de la quebrada Buenavista, mediante la revisión y ajuste los puntos de muestreo, y la toma periódica de muestras.			
	Monitoreo piezométrico y de calidad del agua subterránea	Desarrollar acciones de monitoreo en red piezométrica en el área hidrográfica de la quebrada Buenavista.			
	Seguimiento y monitoreo hidrobiológico	Desarrollar acciones de monitoreo y generación de conocimiento de la estructura y funcionamiento del ecosistema acuático en el área hidrográfica de la quebrada Buenavista.			
Saneamiento hídrico	Construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales en el municipio de Quimbaya	Reducir las cargas contaminantes que son vertidas a los cuerpos de agua superficial en las quebradas Buenavista, La Silenciosa, y Mina Rica por el municipio de Quimbaya			
	Evaluación de cargas contaminantes difusas de origen agropecuario en la parte alta y media de la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista	Determinar el efecto de las cargas contaminantes difusas de origen agrícola y pecuario sobre el agua superficial en los tramos 1, 2 y 3 en ordenamiento.			
	Construcción, recuperación y/o mantenimiento de pozos sépticos en áreas rurales	Mejorar la calidad del agua de la quebrada Buenavista, Bambuco, La Silenciosa y Mina Rica, mediante la construcción, recuperación y/o mantenimiento de sistemas de pozos sépticos en las viviendas rurales que descargan sus aguas residuales directamente a los cuerpos de agua.			

Programa	Proyecto	Objetivo	Corto Plazo (2026)	Mediano Plazo (2029)	Largo Plazo (2034)
	Proyecto de Manejo Integrado de Residuos Sólidos	Promover hábitos adecuados y actitudes positivas respecto a los residuos sólidos que se generan en la finca, permitiendo la correcta separación de los residuos sólidos.			
Demanda hídrica sostenible	Implementación de sistemas de potabilización en áreas rurales de la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista	Implementar acciones que promuevan la seguridad hídrica rural en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista.			
	Legalización de usuarios del recurso hídrico en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista	Identificar y regularizar usuarios del recurso hídrico no legalizados.			
Restauración y conservación de microcuencas	Recuperación, protección y conservación de nacimientos de agua y zonas de ribera	Implementar estrategias para recuperación, protección y conservación de nacimientos de agua y zonas de ribera en la parte alta de la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista.			
	Pago por servicios ambientales para la conservación del agua en la subzona hidrográfica de la quebrada Buenavista	Implementar un proyecto de pago por servicios ambientales en las zonas estratégicas para la conservación del recurso hídrico en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista.			
Sistemas productivos sostenibles	Promoción de buenas prácticas agrícolas y pecuarias en los sistemas productivos de la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista	Implementar buenas prácticas agrícolas y pecuarias para la disminución de la contaminación difusa que llega a los cuerpos de agua en ordenamiento.			
Cultura ambiental sostenible	Implementación y Seguimiento a programas de ahorro y uso eficiente del agua - PUEA en el sector turístico	Poner en marcha de una estrategia de seguimiento a los programas de ahorro y uso eficiente del agua para el sector turístico orientado a la sostenibilidad del recurso hídrico.			
	Implementación de estrategias para la educación ambiental en uso sostenible del agua	Ejecutar acciones de educación ambiental y sensibilización para el uso racional del agua.			

3.3.1. Programa 1: Seguimiento y monitoreo del recurso hídrico

3.3.1.1. Proyecto PG1-01: Red de monitoreo hidrológico y meteorológico en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

Dada la deficiencia encontrada en la fase de diagnóstico sobre disponibilidad de información de línea base para caracterizar la oferta hídrica y su variabilidad, se hace necesario implementar una red de estaciones hidrométricas y meteorológicas automáticas que permitan contar con un monitoreo continuo como mínimo de las

siguientes variables: Nivel del flujo, precipitación, temperatura del aire, humedad relativa, radiación solar, dirección y velocidad del viento, horas de brillo solar, y presión atmosférica. El objetivo de la red de monitoreo hidrométrica y meteorológica de la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista es evaluar la oferta hídrica de los tramos en ordenamiento, determinar la variación espaciotemporal de las características hidrológicas, estimar las condiciones de presión por el uso del agua, así como mejorar la línea base de información para el desarrollo de futuras herramientas de modelación y análisis.

Deberá diseñarse un protocolo de mantenimiento preventivo y correctivo de acuerdo a los lineamientos establecidos por el IDEAM y las prácticas recomendadas por el fabricante de los sensores de ambos tipos de estación, ello implica definir los procedimientos para la inspección y revisión de cada componente, modulo o conjunto a intervalos programados, aunque no haya habido fallo del mismo, así como la verificación de los sensores y equipos comprobando que las medidas proporcionadas por los mismos están dentro de los márgenes adecuados dados por los certificados de calibración y normativa aplicable.

Tabla 178. Red de estaciones hidrométricas y meteorológicas propuestas en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

Id	Tipo de estación	Ubicación*	Coordenada aproximada*			
			E (m)	N (m)	Latitud	Longitud
1	Meteorológica	Vereda Bambuco Alto	4702673.006	2073201.632	4° 39' 26.606" N	75° 40' 51.227" W
2	Meteorológica	Vereda El Paraíso o Límites con vereda La Cima	4697363.728	2069510.769	4° 37' 25.828" N	75° 43' 42.973" W
3	Meteorológica	Vereda La Montaña	4684385.401	2069660.908	4° 37' 29.056" N	75° 50' 43.900" W
4	Hidrométrica	Quebrada Buenavista, aguas abajo del centro urbano de Quimbaya	4695498.697	2069297.553	4° 37' 18.655" N	75° 44' 43.435" W
5	Hidrométrica	Quebrada Buenavista, sector Puerto Alejandria	4683751.978	2069444.827	4° 37' 21.942" N	75° 51' 4.414" W

*Los valores de coordenadas y ubicación son aproximadas, sujetas a visitas y definición de ubicación definitiva según cumplimiento de los criterios definidos por CRQ

A continuación, se presenta la ficha del proyecto:

PROGRAMA	NOMBRE DEL PROYECTO	No. FICHA
Seguimiento y Monitoreo al Recurso Hídrico	Red hidrométrica y meteorológica de la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista	PG1-01
JUSTIFICACIÓN		
Durante la elaboración del diagnóstico se evidenció que es necesario adelantar un fortalecimiento de la red hidrológica y meteorológica, lo cual implica la instalación de nuevas estaciones en el área hidrográfica de la quebrada Buenavista, con el propósito de mejorar la calidad de información usada en la modelación hidrológica e hidráulica y conocer mejor la distribución y dinámica de la oferta hídrica.		
LOCALIZACIÓN	OBJETIVO	META
Unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista	Diseñar y poner en marcha la red hidrométrica (nivel-caudal) y climatológica (precipitación, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, etc) en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista.	Red de monitoreo hidrométrica y meteorológica operativa
MEDIO DE VERIFICACIÓN	# Puntos monitoreados / # puntos definidos en la Red	
ACTIVIDADES A REALIZAR		
<p>Actividades que se deben realizar para el cumplimiento del proyecto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modernización de las mediciones limnimétricas a través de la instalación de nuevas estaciones hidrológicas automáticas. Par lo cual deberá realizar: <ul style="list-style-type: none"> ○ Análisis geoespacial para la ubicación de las estaciones. ○ Identificación en campo de los puntos donde se ubicará la estación • La selección de los sitios para la ubicación de las estaciones deberá estar justificada mediante la evaluación de criterios planteados por la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2011) y el IDEAM y considerar referentes adicionales como los propuestos por Peña et al. (2019). • La escala temporal de recolección de datos de niveles deberá ser diez-minutal como máximo, esto con el fin de que sea posible utilizar la base de datos no solo en estudios de Recursos Hídricos sino también en estudios de crecidas y simulación continua. • Establecer y ejecutar un protocolo para la calibración de las curvas Nivel-Caudal (Curvas de Gasto) de cada estación hidrométrica automática, el protocolo deberá contener la justificación de la frecuencia de ajuste de estas. • Negociación, alquiler o utilización de predios para la instalación de sensores • Instalación de sensores de registro de variables hidrométricas y meteorológicas. • Puesta en marcha de la red y captura de datos en forma remota o analógica. 		
RECURSOS		
Los recursos técnicos y físicos los proporcionará la CRQ en alianza con otras Entidades.		
RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN		
CRQ - Corporación Autónoma Regional del Quindío		

3.3.1.2. Proyecto PG1-02: Monitoreo y seguimiento a la calidad del recurso hídrico

El estudio de calidad del agua en los siete tramos objeto de ordenamiento determinó que los principales factores de contaminación del agua superficial en la quebrada Buenavista y los tributarios priorizados corresponden a aguas residuales domésticas vertidas sin tratamiento (QBD1, QBD2, QBD3, QBD4, QBD5, QBD6, QBD7, QBD8, QAD11A, QAD11, QAD10, QAD9 y QAD12), y vertimientos de origen pecuario y doméstico con tratamiento (QAD13 y QAD14) que sobrepasan los estándares de calidad en los parámetros SST, Coliformes Totales, y DQO. El impacto de estos vertimientos se evidencia en una reducción del oxígeno disuelto y un aumento en la concentración de patógenos en el agua en los tramos 4, 5, 6 y 7.

En el marco del monitoreo de calidad del agua en las fuentes hídricas objeto de ordenamiento, así como en los vertimientos, se evaluaron diversos tipos de contaminantes y sustancias presentes en el agua, cuya concentración pueda afectar su calidad y su uso para distintos fines. Entre estos contaminantes se incluyen nutrientes, metales pesados, hidrocarburos y pesticidas.

En cuanto a nutrientes, se observó que sustancias como el fósforo total, nitrógeno amoniacal y nitrógeno total presentan un mayor aporte en presencia de vertimientos, diluyéndose parcialmente en las corrientes, pero alcanzando concentraciones más altas durante la época húmeda. De igual manera, las concentraciones de nitritos y nitratos son mayores en las quebradas Mina Rica y La Silenciosa, especialmente en zonas con influencia de vertimientos, que aumentan durante la temporada de lluvias.

Para los metales pesados, se observó que la Quebrada Mina Rica presenta altas concentraciones de hierro tanto en la época seca como en la húmeda, superando los valores permitidos en ambas temporadas. En el caso de la Quebrada La Silenciosa, también se registraron concentraciones elevadas de hierro en la época seca, aunque durante la temporada húmeda estas se diluyen ligeramente. Además, los vertimientos directos a las quebradas Buenavista, Mina Rica y La Silenciosa contienen niveles de hierro superiores a los límites establecidos. En cuanto al manganeso, la Quebrada Mina Rica mostró concentraciones moderadas en la época seca, superando los valores permitidos.

Por otro lado, las concentraciones de hidrocarburos totales del petróleo (TPH) presentaron valores ligeramente por encima del límite de detección en todos los cuerpos de agua objeto de ordenamiento, y fueron más elevados en los vertimientos, en época de lluvias los vertimientos presentan mayores concentraciones de hidrocarburos respecto a la época seca, pero se diluye en las corrientes, con excepción de BUE-04, SIL-02 y SIL-03 donde se presentan aumentos que llegan a 1.13 mg/l. Debido a que el TPH agrupa varios compuestos derivados del petróleo y Colombia no cuenta con

normatividad que regule concentraciones permisibles de TPH ni los compuestos que lo integran para el uso del agua, se deberá incluir el monitoreo individual de benceno, tolueno, etilbenceno, xilenos (BTEX), e hidrocarburos poliaromáticos (PAH), los cuales si se encuentran regulados por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA, National Primary Drinking Water Regulations -40 CFR Parte 141-), que podrán servir de lineamiento a la Autoridad Ambiental para hacer seguimiento a estos compuestos de forma individual.

Con el fin de realizar un monitoreo sistemático de la calidad del agua en los tramos objeto de ordenamiento y verificar el avance en el cumplimiento de las acciones formuladas en el PORH a corto, mediano y largo plazo, se diseñó el programa de monitoreo de calidad del agua superficial de la quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados.

La ubicación de las estaciones de monitoreo se definió tomando en consideración los usos actuales y potenciales del agua en cada tramo, los vertimientos actuales, accesibilidad de los sitios, afluentes relevantes de cada tramo y sus condiciones hidráulicas. Con el fin de mantener unas condiciones estandarizadas de toma de muestra, el monitoreo deberá ser efectuado siguiendo el procedimiento y protocolo definidos en la sección “1.10.2. Diseño y ejecución del plan de monitoreo”. La red está compuesta por 20 estaciones de monitoreo etiquetados por tipo de monitoreo según la clase de determinantes de la calidad del agua a medir (Tabla 179).

El programa de monitoreo deberá ser ejecutado durante la vigencia del PORH, por lo que es necesario garantizar la realización de al menos una campaña de medición por año en temporada seca, siendo recomendable realizar al menos dos mediciones por año en condiciones hidrológicas contrastantes.

Tabla 179. Red de monitoreo de calidad del agua superficial de la quebrada Buenavista y tributarios priorizados

Tramo	Código	Descripción	Municipio	Tipo Monitoreo*	Latitud	Longitud
1	BUE-01	Q. Buenavista (Bocatoma 1) Acueducto Regional Rural de Filandia	Filandia	Superficial Completo**	4° 39' 47.532" N	75° 40' 43.479" W
2	BAM-01	Quebrada Bambuco (Bocatoma 2) Acueducto Regional Rural de Filandia	Filandia	Superficial Completo**	4° 39' 27.030" N	75° 40' 39.490" W
	BAM-02	Q. Bambuco A. Arriba confluencia a la Q. Buenavista	Filandia	Superficial Básico	4° 38' 17.180" N	75° 43' 4.158" W
3	BUE-02	Q. Buenavista A. Arriba Captación Bocatoma Quimbaya	Filandia	Superficial Completo**	4° 37' 54.574" N	75° 44' 9.143" W
	ARM-01	Q. Armenia A. Arriba confluencia a la Q. Buenavista	Quimbaya	Superficial Básico	4° 37' 5.707" N	75° 44' 49.675" W
4	BUE-03	Q. Buenavista A. Arriba CP Quimbaya	Quimbaya	Superficial Completo**	4° 37' 6.864" N	75° 45' 5.348" W
	VERT-01	Quebrada La Carmelita	Quimbaya	Vertimiento	4° 37' 8.000" N	75° 45' 39.000" W

Tramo	Código	Descripción	Municipio	Tipo Monitoreo*	Latitud	Longitud
	VERT-02	Quebrada Calle 14	Quimbaya	Vertimiento	4° 37' 10.000" N	75° 45' 45.000" W
	VERT-03	Quebrada Calle 18	Quimbaya	Vertimiento	4° 37' 10.000" N	75° 45' 51.000" W
	VERT-04	Vertimiento Descole Vía Quimbaya-Montenegro	Quimbaya	Vertimiento	4° 36' 56.000" N	75° 46' 12.000" W
	BUE-04	Q. Buenavista A. Abajo CP Quimbaya	Quimbaya	Superficial Completo**	4° 36' 44.873" N	75° 46' 24.557" W
	VERT-07	Vertimiento Descole Quimbaya - La Silenciosa	Quimbaya	Vertimiento	4° 37' 19.000" N	75° 46' 13.000" W
	SIL-01	Bocatoma Decameron PANACA	Quimbaya	Superficial Completo**	4° 36' 53.803" N	75° 47' 31.807" W
	SIL-02	Q. La Silenciosa A. Arriba Bocatoma Decameron PANACA	Quimbaya	Superficial Básico	4° 36' 37.253" N	75° 48' 55.073" W
5	VERT-05	Fincas PANACA (PTAR 1)	Quimbaya	Vertimiento	4° 36' 39.490" N	75° 49' 33.470" W
	VERT-06	Fincas PANACA-Decameron (PTAR 2)	Quimbaya	Vertimiento	4° 36' 38.586" N	75° 49' 38.286" W
	SIL-03	Q. La Silenciosa A. Abajo Vertimiento. Decameron PANACA	Quimbaya	Superficial Completo**	4° 36' 46.074" N	75° 49' 48.935" W
6	MR-01	Q. Mina Rica A. Abajo CP Quimbaya	Quimbaya	Superficial Completo**	4° 37' 52.150" N	75° 47' 10.360" W
	MR-02	Q. Mina Rica A. Arriba confluencia a la Q. Buenavista	Quimbaya	Superficial Básico	4° 37' 21.461" N	75° 48' 43.794" W
7	BUE-05	Q. Buenavista A. Arriba confluencia al R. La Vieja	Quimbaya	Superficial Completo**	4° 37' 22.156" N	75° 51' 5.306" W

*El tipo de monitoreo por estación está definido en la Tabla 95

**Incluir el monitoreo de los compuestos: benceno, tolueno, etilbenceno, xilenos (BTEX), e hidrocarburos poliaromáticos (PAH),

A continuación, se presenta la ficha del proyecto:

PROGRAMA	NOMBRE DEL PROYECTO	No. FICHA
Seguimiento y Monitoreo al Recurso Hídrico	Monitoreo y Seguimiento a la Calidad del Recurso Hídrico	PG1-02
JUSTIFICACIÓN		
Es necesario contar con una Red de Monitoreo que permita realizar el monitoreo del estado de las fuentes hídricas, así como el seguimiento al cumplimiento de los programas de calidad del agua establecidos en el PORH, así como poder determinar el cumplimiento de los objetivos de calidad en cada uno de los tramos de la quebrada Buenavista ordenados.		
LOCALIZACIÓN	OBJETIVO	META
Todos los tramos	Implementar una red de monitoreo del recurso hídrico superficial en los tramos prioritarios de la quebrada Buenavista, mediante la revisión y ajuste los puntos de muestreo, y la toma periódica de muestras.	Red de monitoreo de Calidad Físicoquímica operativa.
MEDIO DE VERIFICACIÓN	# Puntos monitoreados / # puntos definidos en la Red	

	Informes de caracterización de los puntos de la red de monitoreo e interpretación de resultados
ACTIVIDADES A REALIZAR	
Actividades que se deben realizar para el cumplimiento del proyecto:	
<ul style="list-style-type: none"> El avance en el cumplimiento de los objetivos de calidad deberá evaluarse mediante el monitoreo de parámetros fisicoquímicos en los puntos ubicados en la frontera de salida de cada subtramo en ordenamiento, y como medida complementaria en los principales vertimientos y afluentes de los tramos en ordenamiento. Realizar como mínimo una campaña de monitoreo en época seca por año, considerando los siguientes parámetros de calidad: Temperatura del agua, pH, OD, Conductividad, DBO5, DQO, SST, Amonio, Nitratos, Alcalinidad total, Dureza total, Dureza Cálctica, Grasas y Aceites, Fenoles, Cloruros, Sulfuros, Cromo, Cianuros, Mercurio, Plomo, Cobre, Cadmio, Bario, Selenio, Hierro total, Manganeseo, Zinc. En cada punto de monitoreo se deberá realizar el respectivo aforo de caudal por métodos de trazadores o el método área-velocidad considerando un suficiente número de verticales para minimizar el error de muestreo. Analizar e interpretar los resultados obtenidos de las mediciones. Ingresar la información obtenida a las bases de datos de calidad del agua. 	
RECURSOS	
Los recursos técnicos y físicos los proporcionará la CRQ.	
RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN	
CRQ - Corporación Autónoma Regional del Quindío	

3.3.1.3. Proyecto PG1-03: Monitoreo piezométrico y de calidad del agua subterránea

En la sección “1.7. Zonas de Recarga del Sistema Acuífero del Quindío e Interacciones con Aguas Superficiales” se ha identificado de forma preliminar que posiblemente en los tramos 1, 2, 4 y 7 predomina la descarga de aguas subterráneas, y en los tramos 3, 5 y 6 la recarga del Sistema Acuífero del Quindío (SAQ). Por lo que dadas las condiciones de calidad del agua superficial en éstos últimos dos tramos, se podría configurar una condición de vulnerabilidad en el SAQ, además, debido a que los índices de uso del agua llegan a evidenciar una presión muy alta de la demanda hídrica sobre la oferta disponible en condiciones hidrológicas secas, será necesario generar conocimiento sistemático relacionado con la hidrodinámica e hidro-química del sistema acuífero para fortalecer la línea base de información en un escenario futuro de utilización conjunta de aguas superficiales y subterráneas, y garantizar la sostenibilidad del sistema a largo plazo.

PROGRAMA	NOMBRE DEL PROYECTO	No. FICHA
Seguimiento y Monitoreo al Recurso Hídrico	Proyecto Monitoreo piezométrico y calidad del agua subterránea	PG1-03
JUSTIFICACIÓN		
Durante la elaboración del diagnóstico del PORH se evidenció la necesidad establecer mecanismos para mejorar el conocimiento de la recarga y descarga de aguas subterráneas, especialmente tramos 5 y 6. Por esta razón, se requiere continuar con el programa de monitoreo de acuíferos que viene adelantando la entidad, en la que se debe incluir la medición de niveles piezométricos y medición de variables de calidad		

del agua en los pozos existentes, lo que permitirá conocer las condiciones actuales del agua subterránea y así poder establecer un seguimiento sistemático a las aguas superficiales y subterráneas, y así prevenir vulnerabilidades a la contaminación.		
LOCALIZACIÓN	OBJETIVO	META
Sistema Acuífero del Quindío en área de influencia de la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista.	Desarrollar acciones de monitoreo en red piezométrica en el área hidrográfica de la quebrada Buenavista.	Diseño y puesta en marcha de la Red de monitoreo piezométrica
MEDIO DE VERIFICACIÓN	# Puntos monitoreados / # puntos definidos en la Red Informes de caracterización de los puntos de la red de monitoreo e interpretación de resultados	
ACTIVIDADES A REALIZAR		
<p>Actividades que se deben realizar para el cumplimiento del proyecto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Análisis geoespacial para la ubicación preliminar de los pozos existentes en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista. • Priorización de pozos y estudios para el diseño de una red de monitoreo piezométrica. El diseño de la red de piezómetros deberá incluir como criterios de priorización: <ul style="list-style-type: none"> ○ Capacidad para caracterizar el flujo en áreas de marcada interacción entre agua superficial y subterránea ○ Identificación de medios hidrogeológicos con alta capacidad de aprovechamiento del agua subterránea ○ Identificación de zonas de recarga • Comprobación en campo y ubicación definitiva de los pozos existentes a ser monitoreados en la Red piezométrica. • Instalación de sensores piezométricos o mediciones puntuales. • Puesta en marcha de la red y captura de datos en forma remota o analógica. • Monitoreo de la calidad fisicoquímica del agua subterránea en los puntos de muestreo piezométrico: El monitoreo de las fluctuaciones naturales y artificiales (inducidas por acción antrópica) de las alturas piezométricas de los acuíferos asociados al sistema hidrológico de la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista deberá realizarse de manera continua en sitios que se identifiquen como representativos de cada unidad hidrogeológica. Es recomendable utilizar sensores de presión con capacidad de almacenamiento de datos, para un monitoreo continuo de los niveles piezométricos a escala temporal diaria. La calidad del agua en cada pozo de observación deberá ser muestreada anualmente o con una frecuencia justificada con base en el tiempo de residencia del agua en el medio poroso en cuestión. Además de los parámetros fisicoquímicos básicos, deben analizarse concentraciones de metales, benceno, tolueno, etilbenceno, xilenos (BTEX), hidrocarburos poliaromáticos (PAH), y pesticidas. 		
RECURSOS		
Los recursos técnicos y físicos los proporcionará la CRQ y entidades cooperantes		
RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN		
CRQ - Corporación Autónoma Regional del Quindío		

3.3.1.4. Proyecto PG1-04: Seguimiento y monitoreo hidrobiológico

Los resultados obtenidos en las dos campañas de monitoreo hidrobiológico muestran que diversos elementos ambientales, como la altitud, la estructura de los cuerpos de agua y los factores fisicoquímicos asociados, desempeñan un papel crucial en el patrón de agrupamiento observado en los índices de diversidad y riqueza del perifiton y la ictiofauna de las estaciones evaluadas en la quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados, por los que son ecosistemas sensibles los factores de estrés en el hábitat físico, dando relevancia a su monitoreo para realizar seguimiento y evaluación del estado de salud del ecosistema y el impacto de las acciones formuladas en el marco del ordenamiento del recurso hídrico, para ello se deberá continuar con el monitoreo en las estaciones definidas en dos condiciones hidrológicas contrastantes para evaluar y contrastar el efecto que tendrán las acciones de saneamiento y el mejoramiento de las condiciones fisicoquímicas de la calidad del agua en los indicadores ecológicos de las comunidades acuáticas.

3.3.1.5. Proyecto PG2-01: Construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales en el municipio de Quimbaya

PROGRAMA	NOMBRE DEL PROYECTO	No. FICHA
Saneamiento Hídrico	Construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales en el municipio de Quimbaya	PG2-01
JUSTIFICACIÓN		
En términos generales, las condiciones de calidad del recurso hídrico superficial en algunos de los tramos en ordenamiento de la quebrada Buenavista y tributarios son inapropiadas, por lo que es necesario la construcción y operación de procesos de tratamiento de aguas residuales, lo que permitirá poder dar cumplimiento a los objetivos de calidad del agua, de igual manera, garantizar la disponibilidad del recurso en las condiciones de calidad y cantidad que garanticen los usos potenciales del mismo en la unidad hidrográfica.		
LOCALIZACIÓN	OBJETIVO	META
Municipio de Quimbaya	Reducir las cargas contaminantes que son vertidas a los cuerpos de agua superficial en las quebradas Buenavista, La Silenciosa, y Mina Rica por el municipio de Quimbaya	Tratar el 100% de la carga contaminante generada en Quimbaya
MEDIO DE VERIFICACIÓN	Número de plantas de tratamiento de aguas residuales construidas / número de plantas a construir Caudal tratado / caudal generado	
ACTIVIDADES A REALIZAR		

<ul style="list-style-type: none"> Diseño, construcción y operación del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en el municipio de Quimbaya para las descargas de aguas residuales a los tramos priorizados por el PORH de forma directa e indirecta.
RECURSOS
Municipio, CRQ, PDA, Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia.
RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN
Municipio de Quimbaya, Empresa Prestadora de Servicios Públicos.

3.3.1.6. Proyecto PG2-02: Evaluación de cargas contaminantes difusas de origen agropecuario en la parte alta y media de la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

PROGRAMA	NOMBRE DEL PROYECTO	No. FICHA
Saneamiento Hídrico	Evaluación de cargas contaminantes difusas de origen agropecuario en la parte alta y media de la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista.	PG2-02
JUSTIFICACIÓN		
En la unidad Hidrográfica de la quebrada Buenavista se han evidenciado altas cargas de coliformes fecales, DQO, y Sólidos Suspendidos en algunos puntos de monitoreo de los tramos 1, 2 y 3, al corroborar el tipo de uso de suelo se identificó que el área de cuenca en estos tramos se dedica principalmente a actividades agrícolas y de ganadería. Por lo que este tipo de uso estaría asociado a las cargas encontradas, por lo que es necesario evaluar la dinámica de producción, degradación y transporte de cargas contaminantes difusas y su potencial efecto en la calidad fisicoquímica y microbiológica de los cuerpos de agua superficiales en los tramos 1, 2 y 3 en ordenamiento.		
LOCALIZACIÓN	OBJETIVO	META
En predios y/o sitios con suelos con condiciones hidroquímicas representativas de lugares con vertimientos orgánicos, nutrientes o pesticidas al suelo en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista	Determinar el efecto de las cargas contaminantes difusas de origen agrícola y pecuario sobre el agua superficial en los tramos 1, 2 y 3 en ordenamiento.	Desarrollar un modelo conceptual y matemático del flujo y transporte de sustancias contaminantes en la zona no saturada del suelo incluyendo el cálculo del flujo subsuperficial y percolación.
MEDIO DE VERIFICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> Modelo conceptual y matemático implementado y en funcionamiento 	
ACTIVIDADES A REALIZAR		
Las actividades para desarrollar son las siguientes:		
<ul style="list-style-type: none"> Elaboración de un diseño experimental en campo y laboratorio de flujo y transporte en la zona no saturada del suelo adaptado a las condiciones de los suelos de la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista. Campañas de medición de flujo y calidad fisicoquímica y microbiológica del flujo y almacenamiento subsuperficial del agua Parametrización e implementación del modelo conceptual y matemático Verificación del funcionamiento del modelo 		

<ul style="list-style-type: none"> Elaboración de memoria técnica y simulación de escenarios críticos
RECURSOS
Los recursos técnicos y físicos los proporcionará la Corporación Autónoma Regional del Quindío y entidades cooperantes.
RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN
CRQ - Corporación Autónoma Regional del Quindío y/o Institutos de Investigación o Universidades

3.3.1.7. Proyecto PG2-03: Construcción, recuperación y/o mantenimiento de pozos sépticos en áreas rurales

PROGRAMA	NOMBRE DEL PROYECTO	No. FICHA
Sanearamiento Hídrico	Construcción, recuperación y/o mantenimiento de pozos sépticos en áreas rurales.	PG2-03
JUSTIFICACIÓN		
De acuerdo con los resultados del monitoreo y evaluación de la calidad del agua en el PORH de la quebrada Buenavista y Tributarios Priorizados, se evidencia la necesidad de construcción, recuperación y/o mantenimiento de pozos sépticos en áreas rurales para las viviendas que descargan sus aguas residuales directamente a los cuerpos de agua en ordenamiento.		
LOCALIZACIÓN	OBJETIVO	META
En los tramos priorizados en el PORH	Mejorar la calidad del agua de la quebrada Buenavista, Bambuco, La Silenciosa y Mina Rica, mediante la construcción, recuperación y/o mantenimiento de sistemas de pozos sépticos en las viviendas rurales que descargan sus aguas residuales directamente a los cuerpos de agua.	Evitar la descarga directa de las aguas residuales de las viviendas de las zonas rurales en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista
MEDIO DE VERIFICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> Mejoramiento paulatino de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua en los tramos objeto de ordenamiento 	
ACTIVIDADES A REALIZAR		
Las actividades para desarrollar son las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> Diagnóstico del estado del sistema rural de pozos sépticos, lo que permitirá identificar los pozos sépticos existentes que necesitan mantenimiento técnico o realizar ajustes para su correcto funcionamiento. Diseño e instalación de los pozos sépticos nuevos en las viviendas rurales que lo requieran Capacitación a las familias sobre el mantenimiento de los pozos sépticos Seguimiento a los sistemas de pozos sépticos 		
RECURSOS		
Entes territoriales, gremios económicos y/o propietarios de predios		
RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN		
Entes territoriales, gremios económicos y propietarios de predios de acuerdo con sus competencias		

3.3.1.8. Proyecto PG2-04: Proyecto de Manejo Integrado de Residuos Sólidos

PROGRAMA	NOMBRE DEL PROYECTO	No. FICHA
Sanearamiento Hídrico	Proyecto de Manejo Integrado de Residuos Sólidos	PG2-04
JUSTIFICACIÓN		
En la realización del PORH de la quebrada Buenavista y Tributarios Priorizados fue evidente la contaminación por la presencia de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos que afectan la calidad del agua. Razón por la que es necesario promover en la población rural hábitos para la correcta separación y aprovechamiento de los residuos sólidos. Así como el fortalecimiento de centros de aprovechamiento de abonos orgánicos y centros de acopio de residuos sólidos inorgánicos.		
LOCALIZACIÓN	OBJETIVO	META
Todos los tramos en ordenamiento	Promover hábitos adecuados y actitudes positivas respecto a los residuos sólidos que se generan en la finca, permitiendo la correcta separación de los residuos sólidos.	Reutilizar y/o comercializar de productos inorgánicos como PET (envase de gaseosa), plástico vidrio y papel.
MEDIO DE VERIFICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de residuos sólidos inorgánicos reutilizados 	
ACTIVIDADES A REALIZAR		
Las actividades para desarrollar son las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> Diagnóstico situacional del estado de disposición de los residuos sólidos en la zona rural de los tramos priorizados en el PORH Creación y/o mejoramiento de los centros de acopio de residuos sólidos inorgánicos existentes. Visitas domiciliarias para promover el acopio de residuos sólidos inorgánicos. Estrategia comunicacional que contemple: programas y cuñas radiales para promover el acopio de residuos sólidos inorgánicos. 		
RECURSOS		
Los recursos técnicos y físicos los proporcionará la CRQ, entes territoriales de acuerdo con sus competencias		
RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN		
CRQ - Corporación Autónoma Regional del Quindío, entes territoriales de acuerdo con sus competencias		

3.3.1.9. Proyecto PG3-01: Implementación de sistemas de potabilización en áreas rurales de la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

PROGRAMA	NOMBRE DEL PROYECTO	No. FICHA
Demanda Hídrica Sostenible	Implementación de sistemas de potabilización en áreas rurales de la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista.	PG3-01
JUSTIFICACIÓN		
De acuerdo con el diagnóstico se comprobó la necesidad de hacer un proyecto de mejoramiento del acceso a agua segura para el uso doméstico en el contexto rural, ya que algunos de los acueductos no cumplen con la calidad y la cantidad del suministro de agua debido a que la destinación principal del recurso es para uso agrícola y pecuario.		
LOCALIZACIÓN	OBJETIVO	META
Unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista	Implementar acciones que promuevan la seguridad hídrica rural en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista.	Mejorar la gestión de los acueductos veredales, mediante mejoramiento de acceso al agua para uso doméstico, agrícola y pecuario.
MEDIO DE VERIFICACIÓN	# Acueductos mejorados / # Acueductos definidos para mejoramiento	
ACTIVIDADES A REALIZAR		
Las actividades para realizar en el proyecto son:		
<ul style="list-style-type: none"> • Diagnóstico técnico de captaciones y sistema de abastecimiento • Fortalecimiento de las capacidades técnicas y administrativas del personal a cargo de los acueductos veredales. • Diseño de soluciones para el mejoramiento y protección de los acueductos • Talleres con los usuarios de los acueductos veredales en torno a la protección y conservación del recurso hídrico. • Ejecución de las soluciones de mejoramiento y protección de los acueductos 		
RECURSOS		
Los recursos técnicos y físicos los proporcionará el Plan Departamental de Aguas (PDA) y entes territoriales de acuerdo con sus competencias.		
RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN		
Acueductos rurales y entes territoriales de acuerdo con sus competencias.		

3.3.1.10. Proyecto PG3-02: Legalización de usuarios del recurso hídrico en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

PROGRAMA	NOMBRE DEL PROYECTO	No. FICHA
Demanda Hídrica Sostenible	Legalización de usuarios del recurso hídrico en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista.	PG3-02
JUSTIFICACIÓN		
De acuerdo con los resultados de los talleres participativos realizados con los actores y usuarios del recurso hídrico, se reporta la existencia de captaciones ilegales en los tramos en ordenamiento. Situación que genera conflictos en el control y la distribución del recurso hídrico.		
LOCALIZACIÓN	OBJETIVO	META

Unidad Hidrográfica de la quebrada Buenavista	Identificar y regularizar usuarios del recurso hídrico no legalizados	Controlar y regular los aprovechamientos hidráulicos y vertimientos en las quebradas Buenavista, Bambuco, La Silenciosa y Mina Rica
MEDIO DE VERIFICACIÓN	# Estudios de legalización de usuarios realizados / # Estudios de legalización de usuarios proyectados	
ACTIVIDADES A REALIZAR		
<p>Las actividades para realizar en el proyecto son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diagnóstico técnico de usuarios del recurso hídrico no legalizados • Adelantar procesos sancionatorios por el uso irregular del agua o presencia de vertimientos no autorizados por la autoridad ambiental. • Talleres con los usuarios de los acueductos veredales en torno a la aplicación de la normatividad nacional y local relacionada con el aprovechamiento del recurso hídrico. • Generación de actos administrativos sancionatorios u otorgamiento de permisos de aprovechamiento del recurso hídrico en cada caso 		
RECURSOS		
Los recursos técnicos y físicos los proporcionarán CRQ y entes territoriales de acuerdo con sus competencias		
RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN		
CRQ - Corporación Autónoma Regional del Quindío, entes territoriales de acuerdo con sus competencias		

3.3.1.11. Proyecto PG4-01: Recuperación, protección y conservación de nacimientos de agua y zonas de ribera

PROGRAMA	NOMBRE DEL PROYECTO	No. FICHA
Restauración y conservación de microcuencas	Recuperación, protección y conservación de nacimientos de agua y zonas de ribera.	PG4-01
JUSTIFICACIÓN		
En el diagnóstico del PORH se evidenció el deterioro de las zonas de ribera y de nacimientos de agua por el avance de la ganadería y la agricultura. Dicha situación ha venido afectando de manera directa las fuentes hídricas, dado que se han establecido sistemas productivos en zonas de recarga hídrica, afloramientos de agua y zona ribereña. Razón por la cual, es necesario adelantar un proyecto encaminado a la recuperación de estas zonas claves para garantizar el suministro de agua a la población, especialmente en la cabecera de la quebrada Bambuco.		
LOCALIZACIÓN	OBJETIVO	META
Unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista	Implementar estrategias para recuperación, protección y conservación de nacimientos de agua y zonas de ribera en la parte alta de la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista.	Recuperación, protección y conservación de nacimientos de agua y zonas de ribera.
MEDIO DE VERIFICACIÓN	Número de hectáreas con mosaicos de conservación	

	Número de predios cercados par a protección de nacimientos y bosque de ribera
ACTIVIDADES A REALIZAR	
Las actividades para realizar en el proyecto son las siguientes:	
<ul style="list-style-type: none"> • Acercamiento con la comunidad para socializar y retroalimentar la estrategia de mosaicos de conservación para la recuperación de los bosques de ribera y los nacimientos de agua. • Diseño de Estrategia para la apropiación social de la alternativa de conservación. • Definición técnica de las franjas de protección ambiental y mapeo. • Establecimiento de criterios para la selección de los predios a intervenir. • Concertación y estructuración de un plan de trabajo conjunto con los propietarios de los predios. • Levantamiento de los predios y georreferenciación. • Diseño y Establecimiento de mosaicos de conservación • Realizar cerramientos de protección a lo largo del corredor ribereño y alrededor de los nacimientos de agua y bosque ribereño. 	
RECURSOS	
Los recursos técnicos y físicos los proporcionará la CRQ y entidades cooperantes	
RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN	
CRQ - Corporación Autónoma Regional del Quindío y entidades cooperantes	

3.3.1.12. Proyecto PG4-02: Pago por servicios ambientales para la conservación del agua en la subzona hidrográfica de la quebrada Buenavista

PROGRAMA	NOMBRE DEL PROYECTO	No. FICHA
Restauración y conservación de microcuencas	Pago por servicios ambientales para la conservación del agua en la subzona hidrográfica de la quebrada Buenavista.	PG4-02
JUSTIFICACIÓN		
En el diagnóstico realizado se evidenció que para garantizar la calidad y cantidad del recurso hídrico para las generaciones presentes y futuras es prioritaria la conservación y restauración de los ecosistemas relacionados con el agua la unidad hidrográfica, los cuales constituyen un factor clave para generar servicios ecosistémicos y de igual manera para el desarrollo económico de la cuenca. Es así que los Esquemas de Pagos por Servicios Ambientales son una alternativa viable para hacer frente a la problemática identificada.		
LOCALIZACIÓN	OBJETIVO	META
Unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista	Implementar un proyecto de pago por servicios ambientales en las zonas estratégicas para la conservación del recurso hídrico en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista.	Promover la conservación y restauración de los ecosistemas estratégicos para el recurso hídrico a través de mecanismos de estímulo económico.
MEDIO DE VERIFICACIÓN	Número de hectáreas conservadas Número de familias beneficiadas	
ACTIVIDADES A REALIZAR		
Las actividades para realizar en el proyecto son:		
<ul style="list-style-type: none"> • Definir el servicio ambiental a proteger y el enfoque metodológico de cuantificación o calificación. 		

<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de los predios a conservar, a través de encuestas a actores claves y realizar un censo a los propietarios de los predios. • Selección y definición de la metodología de valoración ambiental a ser utilizada, así como la cuantificación de los servicios y beneficios que presta el recurso. • Realizar la identificación de los posibles compradores del servicio ambiental, lo cual involucra precisar el rol de cada actor participante, bajo los principios de legitimidad y las alianzas que son fundamentales para llevar a cabo el esquema. • Estimación del valor incentivo-pago, es decir, establecer el marco jurídico para el cobro. • Firma de acuerdos para el cumplimiento del esquema por parte de compradores y vendedores. • Puesta en marcha el esquema de pago por servicios ambientales para la conservación del agua en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista.
RECURSOS
Los recursos técnicos y físicos los proporcionará la CRQ, entes territoriales, empresas prestadoras de servicios públicos y gremios económicos de acuerdo con sus competencias
RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN
CRQ - Corporación Autónoma Regional del Quindío, entes territoriales, empresas prestadoras de servicios públicos y gremios económicos de acuerdo con sus competencias

3.3.1.13. Proyecto PG5-01: Promoción de buenas prácticas agrícolas y pecuarias en los sistemas productivos de la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista

PROGRAMA	NOMBRE DEL PROYECTO	No. FICHA
Sistemas Productivos Sostenibles	Promoción de buenas prácticas agrícolas y pecuarias en los sistemas productivos de la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista.	PG5-01
JUSTIFICACIÓN		
La producción agrícola y pecuaria genera presión sobre el recurso hídrico en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista, dada las prácticas utilizadas y las evidencias encontradas en los monitoreos. Por lo anterior, es necesario adelantar un proyecto encaminado a la implementación de buenas prácticas agropecuarias en los sistemas productivos presentes en los tramos T1, T2 y T3, lo que permitirá mejorar su productividad, darle valor agregado y disminuir la contaminación de las fuentes hídricas.		
LOCALIZACIÓN	OBJETIVO	META
Unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista	Implementar buenas prácticas agrícolas y pecuarias para la disminución de la contaminación difusa que llega a los cuerpos de agua en ordenamiento.	Disminución de la contaminación en la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista a través de la implementación de sistemas de producción agropecuaria en armonía con el ambiente.
MEDIO DE VERIFICACIÓN	Número de productores formados en buenas prácticas agropecuarias Número de predios productivos con Implementación de buenas prácticas agropecuarias	

ACTIVIDADES A REALIZAR
Las actividades para realizar en el proyecto son: <ul style="list-style-type: none"> • Diseño e implementación del esquema de capacitaciones sobre buenas prácticas agropecuarias para evitar o reducir daños ambientales, así como procurar la adecuada productividad de las actividades agropecuarias y obtener productos inocuos para las personas que los consumen. • Realización de capacitaciones en caracterización agroecológica, tomas de muestras de suelo, manejo de cultivos, uso y manejo adecuado de agroquímicos sintéticos y abonos orgánicos. • Capacitación en sistemas de producción orgánica (ganadería y café), uso, manejo y conservación del suelo y del agua, manejo integrado y control de plagas, cosecha, transporte, acopio, procesamiento y empaque. • Capacitación en elaboración e implementación de abonos orgánicos, sistemas silvopastoriles, buenas prácticas para el manejo de granjas pecuarias, uso y manejo adecuado de productos veterinarios y alimentos para animales. • Implementación de modelos de BPA en predios seleccionados.
RECURSOS
Los recursos técnicos y físicos los proporcionarán los gremios económicos, los entes territoriales de acuerdo con sus competencias.
RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN
Gremios económicos y entes territoriales de acuerdo con sus competencias.

3.3.1.14. Proyecto PG6-01: Implementación y Seguimiento a programas de ahorro y uso eficiente del agua - PUEA en el sector turístico

PROGRAMA	NOMBRE DEL PROYECTO	No. FICHA
Cultura ambiental sostenible	Implementación y Seguimiento a programas de ahorro y uso eficiente del agua - PUEA en el sector turístico	PG6-01
JUSTIFICACIÓN		
En la unidad hidrográfica de la quebrada Buenavista, por las condiciones ambientales y sociales que se presentan en su interior, el turismo ha sido una fuente de ingresos económicos para las poblaciones asentadas. Sin embargo, de acuerdo con el diagnóstico del PORH es necesario promover acciones que contribuyan a una implementación de los programas de ahorro y uso eficiente del agua en el sector turístico.		
LOCALIZACIÓN	OBJETIVO	META
Municipio de Quimbaya	Poner en marcha de una estrategia de seguimiento a los programas de ahorro y uso eficiente del agua para el sector turístico orientado a la sostenibilidad del recurso hídrico.	Informe de seguimiento a la implementación de los programas de ahorro y uso eficiente del agua.
MEDIO DE VERIFICACIÓN	Número de programas de ahorro y uso eficiente del agua con seguimiento.	
ACTIVIDADES A REALIZAR		
Las actividades para realizar en el proyecto son:		

<ul style="list-style-type: none"> • Diagnóstico del número de programas de ahorro y uso eficiente del agua formulados en el sector turístico (hoteles, centros y parques recreativos y parcelaciones). • Implementar un mecanismo de seguimiento a los PAUEA y promover acciones educativas sobre el uso racional y eficiente del agua en hoteles, centros y parques recreativos y parcelaciones. • Realizar capacitación en los siguientes temas: <ul style="list-style-type: none"> ○ Instalación de sistemas de tratamiento de aguas residuales individuales o comunitarios. ○ Sistema de aprovechamiento de aguas lluvias, para limpieza de patios sanitarios y regada de jardín. ○ Instalación de dispositivos ahorradores de agua en los lavamanos, lavaplatos, sanitarios, y llaves independientes. • Promover campañas en los hoteles con los turistas el uso racional del agua.
RECURSOS
Los recursos técnicos y físicos los proporcionarán la CRQ, entes territoriales, prestadores del servicio de acueducto, sector turístico, de acuerdo con sus competencias
RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN
CRQ - Corporación Autónoma Regional del Quindío, entes territoriales, prestadores del servicio de acueducto, sector turístico, de acuerdo con sus competencias

3.3.1.15. Proyecto PG6-02: Implementación de estrategias para la educación ambiental en uso sostenible del agua

PROGRAMA	NOMBRE DEL PROYECTO	No. FICHA
Cultura ambiental sostenible	Implementación de estrategias para la educación ambiental en uso sostenible del agua	PG6-02
JUSTIFICACIÓN		
Los actores han identificado la necesidad de fortalecer acciones de educación y formación para el desarrollo sostenible del agua, ya que perciben en el territorio falta de educación para la comunidad sobre el manejo de agua y los residuos, poca sensibilidad de propietarios de predios por la conservación e importancia del recurso hídrico especialmente por la llegada de población foránea que no tiene sentido de pertenencia con el territorio, poca participación social en el manejo del río, la participación no ha tenido repercusiones en los programas institucionales, mal manejo del agua y desperdicio, poca cultura ambiental, desconocimiento de las normas, leyes, incentivos y beneficios, desmotivación de las comunidades frente a procesos institucionales, falta de recursos económicos para educación y campañas ambientales.		
LOCALIZACIÓN	OBJETIVO	META
Municipios de Quimbaya	Ejecutar acciones de educación ambiental y sensibilización para el uso racional del agua.	Informe de seguimiento a la implementación de acciones para la formación en uso sostenible del agua.
MEDIO DE VERIFICACIÓN	Número de acciones de educación ambiental realizados / Número de acciones de educación ambiental proyectadas	
ACTIVIDADES A REALIZAR		
<ul style="list-style-type: none"> • Delimitar la población objetivo de las capacitaciones y sensibilizaciones • Diseñar contenidos temáticos para la formación ambiental y educación en sostenibilidad ambiental. • Definir los mecanismos más pertinentes y efectivos para aplicar las acciones de educación ambiental • Elaborar instrumentos pedagógicos y didácticos con los contenidos y mecanismos identificados • Implementar la estrategia de formación 		
RECURSOS		
Los recursos técnicos y físicos los proporcionarán la CRQ, entes territoriales, prestadores del servicio de acueducto, usuarios del recurso hídrico y entidades cooperantes de acuerdo con sus competencias.		

RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN

CRQ - Corporación Autónoma Regional del Quindío, entes territoriales, prestadores del servicio de acueducto, y entidades cooperantes de acuerdo con sus competencias.

Referencias

- Albrey Arrington, D., & Winemiller, K. O. (2006). Habitat affinity, the seasonal flood pulse, and community assembly in the littoral zone of a Neotropical floodplain river. *Journal of the North American Benthological Society*, 25(1), 126-141. [https://doi.org/10.1899/0887-3593\(2006\)25\[126:HATSFP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1899/0887-3593(2006)25[126:HATSFP]2.0.CO;2)
- Álvarez, M., Gast, F., Umaña, A. M., Mendoza, H., & Schiele, R. (2006). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. (C. M. Villa, Ed.) (Segunda ed., p. 236). Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Armitage, P.D., Hawczak, A., y Blackburn, J.H. (2012). Tyre track pools and puddles – anthropogenic contributors to aquatic biodiversity. *Limnologica*, 42, 254-263.
- Bautista, S. (2020). Patrones de diversidad alfa y beta para quince complejos de páramo de Colombia. Bogotá, Colombia: IAvH.
- Begum, A., Ramaiah, M., Harikrishna, Khan, I., & Veena, K. (2009). Heavy metal pollution and chemical profile of Cauvery river water. *E-Journal of Chemistry*, 6(1), 47-52. <https://doi.org/10.1155/2009/154610>
- Bellinger, E. G. y Sigeo, D. C. (2010). Freshwater algae: identification and use as bioindicators. *Phycological Society of America*, 47, 436-438.
- Bicudo, C. y Menezes, M. (2006). Gêneros de Algas de Águas Continentais do Brasil: Chave para identificação e descrições. *RiMa*.
- Braak, C. J., y Smilauer, P. (2004). *Canoco Reference Manual and CanoDraw for Windows User's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5)*. Ithaca, New York: Microcomputer Power.
- Bustamante-Toro, C., C. Dávila-Mejía, S. TorresCohecha y J. Ortiz-Díaz. (2009). Composición y abundancia de la comunidad de ficoperifiton en el río Quindío. *Revista de Investigaciones de la Universidad del Quindío* (18): 15-21.
- Chao, A.; Gotelli, N.; Hsieh, T. C.; Sander, E. L.; Ma, K. H.; Colwell, R. K.; Ellison, A. M. (2014). Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a unified framework for sampling and estimation in biodiversity studies. *Ecological Monographs* 84 (1): 45-67.

- Colwell, R. K. (2013). EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. <http://purl.oclc.org/estimates>.
- Córdoba-Ariza, G., Rincón, K., Donato, J., y Gonzales, J. (2020). Variación espacio-temporal de macroinvertebrados acuáticos en la Lindosa, Guayana colombiana. *Revista de Biología Tropical*, 68 (2), 452-465.
- CRQ y Universidad del Tolima (2023). Actualización de la Evaluación Regional del Agua del departamento del Quindío. Armenia.
- CRQ. (2015). Modelación de la Calidad del Agua Quebrada Buenavista. Corporación Autónoma Regional del Quindío. Armenia.
- CRQ. (2017). Evaluación Regional del Agua del Departamento del Quindío. Corporación Autónoma Regional del Quindío. Armenia.
- CRQ. (2019). Objetivos de Calidad del Agua (2019-2029) en Fuentes Receptoras de Vertimientos del Departamento del Quindío. Corporación Autónoma Regional del Quindío. Armenia.
- CRQ. (2021). Informe de Evaluación de Meta Global de Carga Contaminante 2021. Corporación Autónoma Regional del Quindío. Armenia.
- DANE (2023). Encuesta Nacional Agropecuaria. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/encuesta-nacional-agropecuaria-ena>. Consulta para el Departamento del Quindío 2023.
- De la Parra-Guerra, A. C. Rodelo. (2012). Composición y abundancia de la comunidad de algas perifíticas del Río Cesar asociado a variables físico-químicas e hidrológicas durante los meses de febrero-septiembre del año 2011. Cesar, Colombia (Tesis de grado). Programa de Biología, Universidad del Atlántico.
- DeNICOLA, D. (1996). Periphyton responses to temperature at different ecological levels. In *Algal Ecology*. Edited by Stevenson, R; M. Bothwell; R. Lowe. Academic Press. USA.
- Domínguez, E., y Fernández, H. R. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. *Sistemática y biología*. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina.
- Donascimento, C., Bogotá-Gregory, J. D., Albornoz-Garzón, J. G., Méndez-López, A., Villa-Navarro, F. A., Herrera-Collazos, E. E., Agudelo-Zamora, H. D., & Arce, M. (2021). Lista de especies de peces de agua dulce de Colombia / Checklist of the freshwater

- fishes of Colombia. v. 2.13. Asociación Colombiana de Ictiólogos. Dataset/Checklist. <https://doi.org/10.15472/numrso>
- Doudoroff, P., & Shumway, D. L. (1970). Dissolved Oxygen Requirements of Freshwater Fishes. FAO Fisheries Technical Paper N. 86, 291. <https://doi.org/10.3406/slave.1982.5231>
- Duarte, R.E.J. (2014). Análisis faunístico de las larvas de insectos del orden Trichoptera en la cuenca del río Alvarado, departamento del Tolima. Universidad del Tolima. Facultad de Ciencias Básicas. Programa de Biología. Ibagué-Tolima. p. 118.
- EPQ. (2017). Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos del Municipio de Quimbaya.
- Gallo Corredor, J. A., Humberto Pérez, E., Figueroa, R., & Figueroa Casas, A. (2021). Water quality of streams associated with artisanal gold mining; Suárez, Department of Cauca, Colombia. *Heliyon*, 7(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07047>
- Gomes-Silva, G., Cyubahiro, E., Wronski, T., Riesch, R., Apio, A., & Plath, M. (2020). Water pollution affects fish community structure and alters evolutionary trajectories of invasive guppies (*Poecilia reticulata*). *Science of the Total Environment*, 730. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138912>
- Guiry, M.D. y Guiry, G.M. (202). *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org/>
- Gutiérrez, J. D., Riss, W., y Ospina, R. (2006). Bioindicación de la calidad del agua en la sabana de Bogotá - Colombia, mediante la utilización de la lógica difusa neuroadaptativa como herramienta. *Caldasia*, 28(1), 45-56.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4, 9 p. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- IDEAM. (2013). Zonificación y Codificación de Cuencas Hidrográficas. Instituto de Hidrología y Estudios Ambientales de Colombia. Bogotá.
- Janse van Vuuren, S., Taylor, J., van Ginkel, C. y Gerbe, A. (2006). *Easy identification of the most common freshwater algae: A guide for the identification of microscopic algae in South African freshwaters*. North-West University.
- Jaramillo-Villa, U., Maldonado-Ocampo, J. A., & Escobar, F. (2010). Altitudinal variation in fish assemblage diversity in streams of the central Andes of Colombia. *Journal*

of Fish Biology, 76(10), 2401-2417. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2010.02629.x>

Jiménez, A. y Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, 8(31), 151-161.

Jiménez-Segura, L. F., Galvis-Vergara, G., Cala-Cala, P., García-Alzate, C. A., López-Casas, S., Ríos-Pulgarín, M. I., Arango, G. A., Mancera-Rodríguez, N. J., Gutiérrez-Bonilla, F., & Álvarez-León, R. (2016). Freshwater fish faunas, habitats and conservation challenges in the Caribbean river basins of north-western South America. *Journal of Fish Biology*, 89(1), 65-101. <https://doi.org/10.1111/jfb.13018>

Kociolek, J.P., Balasubramanian, K., Blanco, S., Coste, M., Ector, L., Liu, Y., Kulikovskiy, M., Lundholm, N., Ludwig, T., Potapova, M., Rimet, F. (2016). DiatomBase. <http://www.diatombase.org>

Lehmann, P., & Usma, J. S. O. (2012). *Carlastyanax aurocaudatus*. In J. I. Mojica, J. S. O. Usma, R. Álvarez-León, & C. A. Lasso (Eds.), *Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, WWF Colombia y Universidad de Manizales. (pp. 191-192).

López-Delgado, E. O., Vásquez-Ramos, J. M. y Reinoso-Flórez, G. (2015). Listado taxonómico y distribución de los tricópteros inmaduros del departamento del Tolima. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 39, 42-49.

MADS. (2017). *Guía Metodológica para el Diseño y la Implementación de Procesos de Prevención y Transformación de Conflictos por el Agua* Conceptos de Diálogo y Negociación. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá.

MADS. (2018). *Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico para Aguas Superficiales Continentales*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá.

MADS. (2018). *Guía para el Ordenamiento del Recurso Hídrico Continental Superficial*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, Bogotá.

Maldonado-Ocampo, J. A., Ortega-Lara, A., Usma-Oviedo, J. S., Galvis Vergara, G., Villa-Navarro, F. A., Vásquez Gamboa, L., Prada-Pedrerros, S., & Ardila-Rodríguez, C. (2005). *Peces de los Andes de Colombia: guía de campo*.

- Merritt, R.W., Cummins, K.W., y Berg, M.B. (2008). An introduction to the aquatic insects of North America (4th Ed.). Dubuque: Kendall/Hunt Publishing Co.
- MINVIVIENDA. (2016). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO D. Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y aguas lluvias (Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico, Ed.; 2nd ed.).
- Mojica, J. I., Usma, J. S. O., Alvarez-León, R., & Lasso, C. (2012). Libro Rojo De Peces Dulciacuícolas De Colombia (J. I. Mojica (Ed.); Vol. 53, Issue 9). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Montoya-Moreno, Y., y Aguirre, N. (2013). Estado del arte del conocimiento sobre perifiton en Colombia. *Revista Gestión y Ambiente* Vol. 16 (3): 91-117.
- Morales-Castaño, I., y Molano-Rendón, F. Heterópteros acuáticos del Quindío (Colombia): Los infraórdenes Gerromorpha y Nepomorpha.
- Novelo, E. (2012 a). Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Cyanoprokaryota Hustedt. Fascículo 90. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Novelo, E. (2012 b). Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Chlorophyta Hustedt. Fascículo 94. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Novelo, E. (2012 c). Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Bacillariophyta Hustedt. Fascículo 102. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Novelo, E. (2012 d). Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Bacillariophyta Hustedt. Fascículo 96. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Ortega-Lara, A. (2016). Guía visual de los principales peces ornamentales continentales de Colombia – AUNAP (A. Ortega-Lara, V. Puentes, L. S. Barbosa, H. Mojica, S. M. Gómez, & O. Polanco-Rengifo (Eds.); Issue March). Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca – AUNAP ©. Fundación FUNINDES ©.
- Ortega-Lara, A., Ospina, V., Reyes, M. P., Mejía, J. C., Ortega, L. F., & Agudelo-Zamora, H. D. (2022). Guía de Campo para la identificación de los Peces de la Cuenca Alta del Río Cauca.

- Ortega-Lara, A., Sánchez-Garcés, G. C., Jiménez-Segura, L. F., Mancera-Rodríguez, N. J., Álvarez-León, R., & Morales-Betancourt, M. (2011). *Brycon henni* (Characiformes, Characidae). Capítulo 7. In C. A. Lasso, E. Agudelo-Córdoba, L. F. Jiménez-Segura, H. Ramírez-Gil, M. Morales-Betancourt, R. E. Ajiaco-Martínez, F. de Paula-Gutiérrez, J. S. Usma, S. E. Muñoz Torres, & A. I. Sanabria-Ochoa (Eds.), *Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia*. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). (pp. 198-200). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).
- Padilla-Gil, D. N. (2015). Gerromorpha y Nepomorpha (Heteroptera) del Pacífico de Colombia; lista de especies, distribución geográfica y altitudinal. *Biota Colomb.* 16 (1): 20-35.
- Padilla-Gil, D. N. (2019). Diversidad del género *Rhagovelia* (Hemiptera: Heteroptera: Veliidae) del piedemonte Andino-Amazónico (Putumayo, Colombia). *Acta biol Colomb.* 24 (1): 174- 179.
- Padilla-Gil, D. N. (2020). The Heteropterans (Gerromorpha and Nepomorpha) of Andean Lakes in Colombia: Composition and Biota similarity. *Revista Facultad de Ciencias Básicas.* 15 (2): 57-68.
- Padilla-Gil, D. N. (2022). Veliidae (Hemiptera: Gerromorpha) en el piedemonte andino-pacífico en el suroeste de Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.* 46(179):372-379.
- Palacio, D. (2015). Redes, actores y gobernanza desde un enfoque relacional. En: Ungar, P. (ed.) (2015). *Hojas de ruta. Guías para el estudio socioecológico de la alta montaña en Colombia*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Pielou, E. C. (1984). *The interpretation of ecological data: a primer on classification and ordination*. John Wiley & Sons.
- POMCA La Vieja. (2018). Capítulo Diagnóstico Calidad del Agua
- Posada, J. y G. Roldán. (2003). Clave ilustrada y diversidad de las larvas de Trichoptera en el Nor-Occidente de Colombia. *Caldasia* 25: 169-192.
- Ramírez, N. (2001). *Algas del perifiton, productividad y materia orgánica de un río de alta montaña tropical (Tesis de pregrado)*. Facultad de Ciencias básicas, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

- Roldán G. y Ramírez J. (2008). Fundamentos de Limnología neotropical. (2.a ed.) Medellín: Editorial Universidad de Antioquia. ISBN: 978-958-714-144-3.
- Roldán, G. A. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Uso del método BMWP/ Col. Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.
- Rosenberg, D.M. 1992. Freshwater biomonitoring and Chironomidae. Netherlands Journal of Aquatic Ecology, 26 (2-4): 101-122.
- Sánchez-Duarte, P., de Paula-Gutiérrez, F., & Díaz-Espinosa, A. (2012). *Poecilia reticulata*. In F. de Paula-Gutiérrez, C. A. Lasso, M. P. Baptiste, P. Sánchez-Duarte, & A. M. Díaz (Eds.), VI. Catálogo de la biodiversidad acuática exótica y trasplantada en Colombia: moluscos, crustáceos, peces, anfibios, reptiles y aves. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). (pp. 118-122). Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).
- Sierra, C. A. (2011). Calidad del agua. Evaluación y diagnóstico (L. D. López, Ed.; 1st ed.). Universidad del Medellín (Ediciones de la U). <https://repository.udem.edu.co/handle/11407/2568>
- Spence, J. R. y N. M, ANDERSEN. 1994. Biology of the Water Striders: Interactions Between Systematic and Ecology. Annual Review Entomology 39:101-128.
- Springer, M (2010). Trichoptera. Rev. Biol. Trop. 58 (Suppl. 4): 151-198.
- Súarez, Y. R., & Petreire, M. (2007). Environmental factors predicting fish community structure in two neotropical rivers in Brazil. Neotropical Ichthyology, 5(1), 61-68. <https://doi.org/10.1590/S1679-62252007000100008>
- Taboada, María. Martinez, S., Alderete, M., Gultemirian, L. y Tracanna, B. (2018). Evaluación del fitoplancton y la calidad del agua de un arroyo subtropical del Noroeste Argentino. *Bonplandia*. 27. 135. [10.30972/bon.2723536](https://doi.org/10.30972/bon.2723536).
- Thorp, J. H., y Rogers, D. C. (Eds.). (2014). Thorp and Covich's freshwater invertebrates: ecology and general biology (Vol. 1). Elsevier.
- Tremarin, P. (2005). Diatomáceas (Ochrophyta) do rio Guaraguaçu, litoral do Paraná, Brasil [Doctoral dissertation, Universidade Federal do Paraná]. Acervo digital. <https://hdl.handle.net/1884/21299>.
- Tremarin, P., Moreira, H. y Ludwig, T. (2010). Pinnulariaceae (Bacillariophyceae) do rio Guaraguaçu, bacia hidrográfica litorânea. *Acta Botânica Brasilica*, 24(2), 335-353.

- Tümping, W. y Friedrich, G. (1999). *Methoden der Biologischen Wasseruntersuchung 2. Biologische Gewässeruntersuchung*.2: 310-331
- United States Army Corps of Engineers (USACE). (2024). *HEC-RAS User's Manual* [Software]. Version 6.5.
<https://www.hec.usace.army.mil/confluence/rasdocs/rasum/latest>
- Wantzen, R. y Rueda-Delgado, G. (2009). Técnica de muestreo de macroinvertebrados bentónicos. En: Domínguez, E. y H. Fernández (Eds.), *Macroinvertebrados bentónicos Sudamericano: sistemática y biología*. Primera edición. Tucumán - Argentina. Fundación Miguel Lillo.
- Winemiller, K. O., & Jepsen, D. B. (1998). Effects of seasonality and fish movement on tropical river food webs. *Journal of Fish Biology*, 53(SUPPL. A), 267-296.
<https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1998.tb01032.x>
- Zaki, M. S., Shalaby, S. I., Ata, N., El-Deen, A. I. N., Omar, S., & Abdelzaher, M. F. (2013). Effect of aquatic pollution on fish (review). *Life Science Journal*, 10(1), 637-642.
- Zapata, L., & Usma, J. S. (2013). Guía de las especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia. Peces. In *Plan Nacional de las Especies Migratorias*.

Anexos

Anexo 1. Archivos digitales del proceso de participación

Anexo 2. Archivos digitales consolidados de usuarios del recurso hídrico

Anexo 3. Reportes de monitoreos de calidad del agua

Anexo 4. Reportes de monitoreos hidrobiológicos

Anexo 5. Base de datos consolidada de indicadores del recurso hídrico en los tramos objeto de ordenamiento y modelos de calidad del agua

Anexo 6. Cartografía del plan de ordenamiento del recurso hídrico de la quebrada Buenavista y sus tributarios priorizados