



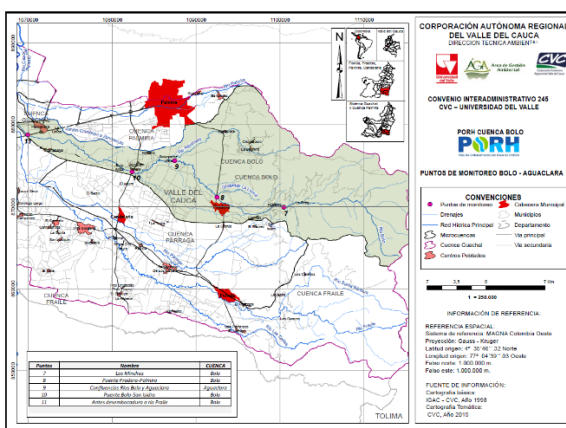
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería de Recursos
Naturales y del Ambiente

PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO – PORH DEL RÍO BOLO

Documento síntesis

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO CVC – UNIVERSIDAD DEL VALLE No. 245 de 2021

“AUNAR ESFUERZOS TÉCNICOS, RECURSOS ECONÓMICOS Y HUMANOS, EXPERIENCIA ACADÉMICA PARA LA FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO (PORH) DE LOS CAUCES NATURALES DE LOS RÍOS GUACHAL-BOLO-FRAILE-PÁRRAGA-PALMIRA Y LA QUEBRADA SAN PEDRO COMO INSUMO PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO Y EL ACOTAMIENTO DE LA RONDA HÍDRICA EN 18 KM DE LOS RÍOS BOLO Y FRAILE PERTENECIENTES AL SISTEMA GUACHAL, COMO PARTE DE LOS INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN Y ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA OFERTA DEL RECURSO HÍDRICO”



Río Bolo Equipo UNIVALLE 05-2022

INFORME SINTESIS PORH RIO BOLO

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. FASE I. DECLARATORIA	1
2. FASE II. DIAGNÓSTICO	2
2.1 Descripción del cuerpo de agua en ordenamiento	2
2.2 Participación en el PORH	3
2.2.1 Participación de los grupos étnicos en la formulación del PORH del río Bolo	7
2.3 Localización y caracterización de las redes hidrometereológicas y de calidad existentes	8
2.3.1 Red hidrometeorológica	8
2.3.2 Red de monitoreo de calidad y cantidad	11
2.4 Oferta hídrica del río Bolo	11
2.5 Caudal Ambiental	13
2.6 Caudal de oferta disponible	15
2.7 Indicadores de presión sobre el recurso hídrico superficial	16
2.7.1 Índice de Uso del Agua – IUA	16
2.7.2 Índice de retención y regulación hídrica IRH	18
2.7.3 Índice de Aridez (IA)	19
2.7.4 Índice de Vulnerabilidad por Desabastecimiento Hídrico (IVH)	21
2.8 Demanda hídrica total (DHT)	22
2.8.1 Fuentes de información consultadas	24
2.8.2 Demanda de uso doméstico – DUD del río Bolo	28
2.8.3 Demanda de uso agrícola - DUA del río Bolo	29
2.8.4 Demanda de Uso de Agua Pecuário DUP	30
2.8.5 Demanda de Uso de Agua Industrial DUI	31
2.8.6 Demanda hídrica total – DHT del río Bolo	32
2.9 Usos y usuarios del agua	33
2.9.1 Censo de usuarios	34
2.9.1.1 Captaciones del recurso hídrico superficial del río Bolo	34
2.9.1.2 Vertimientos al recurso hídrico superficial del Río Bolo	37
2.9.1.3 Extracciones de materiales de arrastre sobre el río Bolo en el tramo de estudio	38
2.9.1.4 Actividades y obras de ocupación	39
2.9.1.5 Captaciones e infraestructura de sistemas de abastecimientos sobre el río Bolo	39
2.9.1.6 Infraestructura de sistemas de tratamiento de aguas residuales sobre el río Bolo	40

2.10	Análisis de problemáticas y conflictos actuales derivados del uso del recurso hídrico	40
2.11	Calidad del agua	44
2.11.1	Diseño y ejecución del plan de monitoreo de cantidad y calidad del río Bolo	44
2.11.2	Caracterización hidráulica	44
2.11.3	Resultados monitoreo de calidad y cantidad	46
2.11.4	Resultados monitoreo hidrobiológicos	50
2.11.4.1	Perifiton	50
2.11.4.2	Macroinvertebrados	53
2.11.4.3	Peces	54
2.11.5	Resultados monitoreo de vertimientos	56
2.11.6	Índices de calidad y contaminación	56
2.11.6.1	Índice de calidad de agua en corrientes superficiales ICA- IDEAM para el río Bolo	56
2.11.6.2	Índice de calidad CETESB para el río Bolo	58
2.11.6.3	Índice de Calidad ICA DINUS para el río Bolo	59
2.11.6.4	Índice de Contaminación ICOMO para el río Bolo	60
2.11.6.5	Índice de Contaminación Tráfico – ICOTRO para el río Bolo	62
2.11.6.6	Índices históricos de calidad y de contaminación para el río Bolo	63
2.11.7	Indicadores biológicos para el río Bolo	65
2.11.7.1	Índice BMWP para el río Bolo	65
3.	FASE III. IDENTIFICACIÓN DE USOS POTENCIALES: PROSPECTIVA	66
3.1	Proyección de la demanda total de agua para el río Bolo	66
3.1.1	Proyección de la Demanda Hídrica para Consumo Humano	67
3.1.2	Proyección de la demanda hídrica para la producción agrícola	68
3.1.3	Proyección de la Demanda Hídrica Total	69
3.2	Modelación de calidad de agua: Definición de la estructura conceptual para la modelación de la calidad del agua	70
3.3	Estimación Cualitativa de los Riesgos Asociados a la Reducción de la Oferta y Disponibilidad Hídrica del río Bolo	77
3.3.1	Análisis cualitativo de la reducción y disponibilidad de la oferta hídrica para el Río Bolo proyectada al 2044	77
1.2.1	Análisis cualitativo del riesgo asociado a la disponibilidad del recurso hídrico del Río Bolo	78
3.4	Definición de tramos de análisis para el establecimiento de objetivos de calidad	79
3.5	Calibración y confirmación del río Bolo	80
3.6	Formulación y simulación de escenarios	84
3.7	Identificación de usos potenciales del recurso hídrico y clasificación del cuerpo de agua en ordenamiento	95

3.8	Definición o ajuste de objetivos y criterios de calidad por usos	96
3.9	Establecimiento de la meta global de carga contaminante y proyección de cargas	97
4.	FASE IV FORMULACIÓN DEL PORH	99
4.1	Programa de seguimiento y monitoreo al recurso hídrico en el río Bolo	99
4.1.1	Seguimiento al cumplimiento de los objetivos de calidad	99
4.1.1.1	La Frecuencia de monitoreo	101
4.1.2	Seguimiento a Usuarios del Recurso Hídrico	101
4.1.3	Complementación, ajuste y actualización de las herramientas de modelación	102
4.2	Estructura del componente programático del PORH del río Bolo	102
4.2.1	Línea estratégica 1: Gestión de la calidad del agua	103
4.2.2	Línea estratégica 2: Gestión de la Oferta	103
4.2.3	Línea estratégica 3: Gestión de la demanda	103
4.2.4	Línea estratégica 4: Gobernanza del agua	103
4.3	Estrategias de articulación para la implementación del PORH	114
4.3.4	Articulación del PORH con los instrumentos de planificación	115
4.4	Restricciones y condicionantes	119
5.	BIBLIOGRAFÍA	120

TABLAS

<i>Tabla 2-1. Codificación del río Bolo</i>	2
<i>Tabla 2-2. Descripción del tramo en ordenamiento</i>	3
<i>Tabla 2-3. Proceso de participación en la formulación del PORH del río Cañaveralejo</i>	5
<i>Tabla 2-4. Comunidades étnicas para las que procede la consulta previa para la formulación del PORH de los ríos Guachal, Bolo, Fraile, Palmira y Párraga</i>	8
<i>Tabla 2-5. Red de estaciones climatológicas ubicadas en la zona de influencia del sistema Guachal</i>	9
<i>Tabla 2-6. Relación de las estaciones de caudal ubicadas en el sistema Guachal</i>	10
<i>Tabla 2-7. Información general sobre estaciones de monitoreo de la CVC sobre Río Bolo</i>	11
<i>Tabla 2-8. Caudales medios observados en las estaciones hidrológicas Los Minchos y Bolo arriba (m³/s)</i>	12
<i>Tabla 2-9. Oferta Hídrica Total Superficial OHTS del Río Bolo (m³/s)</i>	14
<i>Tabla 2-10. Caudal ambiental calculado a partir de la serie de datos de la OHTS para cada punto (m³/s)</i>	15
<i>Tabla 2-11. Oferta Hídrica Disponible del río Bolo mensual en los tramos PORH (m³/s)</i>	16
<i>Tabla 2-12. Categorías de IUA de acuerdo con el IDEAM (2013)</i>	16
<i>Tabla 2-13. IUA para el río Bolo por tramos para año normal</i>	17
<i>Tabla 2-14. IUA para el río Bolo por tramos para año seco</i>	18
<i>Tabla 2-15. Categorías de IRH de acuerdo con el IDEAM (2013)</i>	19

Tabla 2-16. Valores de IRH por tramos para el río Bolo	19
Tabla 2-17. Rangos y categorías para la evaluación del Índice de Aridez en los Estudio Nacionales de Agua en el periodo 2014 a 2018	20
Tabla 2-18. Índice de Aridez mensual por sectores en el río Bolo, año normal	20
Tabla 2-19. Índice de Aridez anual por sectores en el río Bolo	20
Tabla 2-20. Rangos y categorías del IUA y su relación con el IRH, que determinan el IVH por desabastecimiento	22
Tabla 2-21 Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico por tramos en el río Bolo para año normal	22
Tabla 2-22. Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico por tramos en el río Bolo para año SECO	22
Tabla 2-23. Expresiones matemáticas para el cálculo de las demandas de uso de uso del agua a emplear en el sistema Guachal	23
Tabla 2-24. Representación porcentual de cada municipio en el recorrido del cauce de los ríos que conforman el sistema Guachal, resaltando la composición del río Bolo	24
Tabla 2-25. Población 2023 municipios que conforman el sistema Guachal	25
Tabla 2-26. Poblaciones pecuarias por municipios	25
Tabla 2-27. Dotaciones pecuarias	26
Tabla 2-28. RUA Sector Manufacturero – Volumen de agua consumido por municipio m^3	26
Tabla 2-29. Evapotranspiración de referencia (ET_0 , mm) por tramos de los cauces	27
Tabla 2-30. Poblaciones abastecidas por el sistema de acueducto del río Bolo	28
Tabla 2-31. Demanda de Uso Doméstico DUD sobre el Río Bolo (Mm^3/mes) año 2023	28
Tabla 2-32. Demanda Uso Agrícola – DUA- por tramos del río Bolo (Mm^3/mes), año medio	29
Tabla 2-33. Demanda de uso pecuario -DUP- asociadas a la cuenca del río Bolo (Mm^3/mes)	30
Tabla 2-34. Demanda de uso industrial -DUI- asociadas al río Bolo (Mm^3/mes)	31
Tabla 2-35. Demanda Hídrica Total subcuenca río Bolo (Mm^3/mes)	32
Tabla 2-36. Usos identificados por tramos en el río Bolo	33
Tabla 2-37 Listado de usuarios personas jurídicas	35
Tabla 2-38. Listado de usuarios personas naturales	36
Tabla 2-39 Derivaciones del río Bolo	37
Tabla 2-40. Listado de los vertimientos asociados con la cuenca del río Bolo	38
Tabla 2-41. Sitios donde se realiza extracción de materiales de arrastre	38
Tabla 2-42. Relación de los puntos de pase sobre vías del cauce del río Bolo	39
Tabla 2-43. Acueductos que surte el cauce principal del río Bolo	39
Tabla 2-44. Localización de la PART del municipio de Pradera	40
Tabla 2-45. Denuncias presentadas por afectaciones al recurso hídrico relacionadas con el Sistema Guachal	41
Tabla 2-46. Problemas identificados por actores sociales relacionados con el uso del agua del río Bolo	41
Tabla 2-47. Puntos de monitoreo sobre el cauce del río Bolo y tributario	44
Tabla 2-48. Resultados de pruebas de trazadores subcuenca río Bolo campañas C1 y C2	45
Tabla 2-49. Resultados de análisis fisicoquímicos de la Campaña 1 del río Bolo	46
Tabla 2-50. Resultados de análisis fisicoquímicos de la Campaña 2 del río Bolo	48
Tabla 2-51. Resultados de los índices ecológicos por punto de muestreo para la comunidad de perifiton durante la primera campaña de muestreo de río Bolo	52

Tabla 2-52. Índices de diversidad y calidad del agua en el río Bolo	54
Tabla 2-53. Valores de índices de diversidad en ambos periodos climáticos para la cuenca del río Bolo, Valle del Cauca	55
Tabla 2-54. Clasificación del ICA IDEAM	56
Tabla 2-55. Resultados ICA IDEAM Río Bolo – Campaña 1	56
Tabla 2-56. Resultados ICA IDEAM Río Bolo – Campaña 2	57
Tabla 2-57. Clasificación ICA CETESB	58
Tabla 2-58. Clasificación de la calidad del agua según el ICA para el índice de DINIUS	60
Tabla 2-59. Clasificación de la Contaminación ICOMO	61
Tabla 2-60. Clasificación de la Contaminación ICOTRO	62
Tabla 2-61. Índice ICOTRO para el río Bolo – campaña 1	63
Tabla 2-62. Índice ICOTRO para el río Bolo – campaña 2	63
Tabla 2-63. Índices históricos calculados del río Bolo para cada uno de los puntos de la red de monitoreo de la CVC durante el periodo 2005 al 2022	64
Tabla 2-64. Niveles de clasificación de la calidad del agua según el índice BMWP/Col	65
Tabla 2-65. Clasificación de las aguas en los puntos de monitoreo del río Bolo según BMWP	65
Tabla 3-1. Relación de los afluentes de la Cuenca Guachal, municipios de influencia, población estimada y actividades agrícolas con su extensión	66
Tabla 3-2. Proyección de la demanda hídrica para consumo humano para los municipios de Pradera, Florida, Palmira y candelaria, para el periodo 2020-2044	67
Tabla 3-3. Área de cultivo por municipio asociado al río Bolo y su afluente el río Aguaclara	68
Tabla 3-4. Consumo hídrico por cultivo presente en el área de influencia de la Cuenca del río Bolo	68
Tabla 3-5. Consumo hídrico promedio en cada cultivo presente en el área de influencia del sistema Guachal por Hectárea	69
Tabla 3-6. Demanda hídrica proyectada al 2044 para los municipios que hacen parte de la cuenca Bolo (datos en m ³ /s)	71
Tabla 3-7. Esquemmatización Río Bolo	72
Tabla 3-8 Amenaza proyectada de la oferta hídrica en los puntos de control en el río Bolo para año normal y seco en los periodos proyectados	77
Tabla 3-9 Riesgo por disponibilidad de oferta hídrica asociada al uso del agua en los sitios de control en el río Fraile para año normal y seco	78
Tabla 3-10. Riesgos asociados a la disponibilidad del recurso hídrico del Río Bolo	79
Tabla 3-11 Definición de tramos de análisis Río Bolo	79
Tabla 3-12. Valor final obtenido para la función objetivo – R. Bolo	81
Tabla 3-13. Planteamiento de escenario base Río Bolo	85
Tabla 3-14 Identificación de usos potenciales y clasificación del cuerpo de agua del río Bolo	95
Tabla 3-15 Usos y objetivos de calidad para el río Bolo	96
Tabla 3-16. Cargas máximas permisibles y carga a remover por cada tramo de análisis	98
Tabla 4-1. Red de monitoreo sobre el río Bolo y sus principales tributarios	99
Tabla 4-2. Variables de calidad para el seguimiento de los objetivos de calidad	99
Tabla 4-3. Red de monitoreo sobre los vertimientos que descargan sobre el río Bolo	101
Tabla 4-4 Línea Estratégica 1: Gestión de la calidad del agua	105
Tabla 4-5. Línea Estratégica 2: Gestión de la Oferta	108
Tabla 4-6. Línea Estratégica 3: Gestión de la demanda de agua	108

Tabla 4-7. Línea Estratégica 4: Gobernanza del agua	110
Tabla 4-8 Línea Estratégica 5: Gobernanza del agua – Acuerdos protocolizados con la comunidad de Kwet Wala	111
Tabla 4-9 Líneas estratégicas y acciones propuestas para el PEM de la Macrocuenca Magdalena-Cauca, que se enmarcan en la propuesta programática del PORH del río Bolo	115
Tabla 4-11. Estrategias del PUEAA presentado por ACUAVALLE que se articulan con el componente programático del PORH del río Bolo aprobado por Resolución 0100 No. 0720- 0170 DE 2019 CVC	116
Tabla 4-12. Objetivos de calidad para el tramo IIB de la cuenca del río Cauca	118

FIGURAS

<i>Figura 2-1. Tramo de ordenamiento del río Bolo</i>	3
<i>Figura 2-2. Actores relevantes y representativos asociados con el cauce principal del río Bolo, objeto de ordenamiento del recurso hídrico</i>	5
<i>Figura 2-3. Estaciones hidrometereológicas en el sistema Guachal</i>	10
<i>Figura 2-4 Red de Estaciones calidad de CVC ubicadas en el sistema Guachal, incluido río Bolo</i>	12
<i>Figura 2-5. Régimen de caudales del río Bolo estación Los Minchos</i>	13
<i>Figura 2-6. Régimen de caudales del río Bolo- estación Arriba</i>	14
<i>Figura 2-7. Mapa de Índice de aridez calculado para la cuenca del río Bolo</i>	21
<i>Figura 2-8. Mapa con la distribución de la Evapotranspiración de referencia (ET₀, mm) anual para el sistema Guachal</i>	27
<i>Figura 2-9. Mapa de consumo de uso doméstico en el río Bolo por tramos</i>	29
<i>Figura 2-10. Mapa de distribución de consumo de agua en m³/año para uso agrícola en el Sistema Guachal incluido el río Bolo</i>	30
<i>Figura 2-11. Mapa de consumo de agua para uso pecuario por tramos para los ríos del sistema Guachal</i>	31
<i>Figura 2-12. Mapa de consumo de agua para uso industrial por tramos para los ríos del sistema Guachal</i>	32
<i>Figura 2-13. Ubicación captaciones directas sobre tramo PORH del río Bolo</i>	35
<i>Figura 2-14. Vertimientos asociados con cauce PORH del río Bolo</i>	38
<i>Figura 2-15. Localización de conflictos ambientales identificados en el río Bolo en los diferentes talleres con actores sociales</i>	43
<i>Figura 2-16. Identificación y localización de vertimientos que afectan el río Bolo, como resultado del taller de cartografía social con los técnicos de la DAR SURORIENTE</i>	43
<i>Figura 2-17. Localización de puntos de monitoreo de las campañas de calidad en el río Bolo</i>	45
<i>Figura 2-18 Densidad de las diferentes morfoespecies de perifiton registradas en la temporada seca (parte superior) y de lluvias (parte inferior)</i>	51
<i>Figura 2-19. Valores de riqueza de morfoespecies y de abundancia total de la comunidad de perifiton para los muestreos de temporada seca y época lluviosa</i>	52
<i>Figura 2-20. Valores de riqueza de morfoespecies y de abundancia total de la comunidad de perifiton para los muestreos de temporada seca y época lluviosa</i>	55

<i>Figura 2-21. ICA IDEAM Río Bolo – Campaña 1</i>	57
<i>Figura 2-22. ICA IDEAM Río Bolo – Campaña 2</i>	58
<i>Figura 2-23. ICA CETESB Río Bolo – Campaña 1</i>	59
<i>Figura 2-24. ICA CETESB Río Bolo – Campaña 2</i>	59
<i>Figura 2-25. ICA DINIUS Río Bolo – Campaña 1</i>	60
<i>Figura 2-26. ICA DINIUS Río Bolo – Campaña 2</i>	61
<i>Figura 2-27. Índice ICOMO río Bolo Campaña 1</i>	61
<i>Figura 2-28. Índice ICOMO río Bolo Campaña 2</i>	62
Figura 3-1. Esquema gráfico Río Bolo – Tramo 1 y 2	75
Figura 3-2. Esquema gráfico Río Bolo – Tramo 2	76
Figura 3-3. Calibración y confirmación de caudal Río Bolo	82
Figura 3-4. Calibración y confirmación oxígeno disuelto Río Bolo	82
Figura 3-5. Calibración y confirmación DBO ₅ Río Bolo	83
Figura 3-6. Calibración y confirmación SST Río Bolo	83
Figura 3-7. Calibración y confirmación patógenos Río Bolo	84
Figura 3-8. Escenarios para caudal Río Bolo	92
Figura 3-9. Escenarios para oxígeno disuelto Río Bolo	93
Figura 3-10. Escenarios para DBO ₅ Río Bolo	93
Figura 3-11. Escenarios para SST Río Bolo	94
Figura 3-12. Escenarios para patógenos Río Bolo	95
Figura 4-1. Instrumentos de planificación y estudios técnicos tomados en cuenta para la articulación con el PORH del río Bolo	115

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el artículo 2.2.3.3.1.4 del Decreto 1076 de 2015 “El Ordenamiento del recurso hídrico es un proceso de planificación mediante el cual se fija la destinación y usos de los cuerpos de agua continentales superficiales y marinos, se establecen las normas, las condiciones y el programa de seguimiento para alcanzar y mantener los usos actuales y potenciales y conservar los ciclos biológicos y el normal desarrollo de las especies”; es así como, la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC, priorizó el ordenamiento del recurso hídrico en las subcuencas de los ríos Guachal, Bolo, Fraile, Palmira y Párraga localizada en la cuenca hidrográfica del río Cauca y en jurisdicción de los municipios Pradera, Florida, Palmira y Candelaria.

Teniendo en cuenta lo anterior, la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC, suscribió con la Universidad del Valle, el Convenio marco 245 de 2021, cuyo objeto es “Formulación Del Plan De Ordenamiento Del Recurso Hídrico (PORH) De Los Cauces Naturales De Los Ríos Guachal-Bolo-Fraile-Párraga-Palmira y la Quebrada San Pedro como insumo para la administración del recurso hídrico y el acotamiento de la ronda hídrica en 18 Km de los ríos Bolo y Fraile pertenecientes al sistema guachal”. Para el ordenamiento del recurso hídrico se siguió como directriz la guía técnica para la formulación de Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico Continental Superficial – PORH, adoptada mediante la Resolución 751 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

En este contexto, a continuación, se presenta el documento síntesis del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH) del río Bolo que incluye los resultados obtenidos en su elaboración, con el fin de establecer las medidas de planificación en distintos escenarios, tendientes a garantizar el sostenimiento de los recursos ecosistémicos y los usos actuales y potenciales del cuerpo de agua en ordenamiento.

En concordancia con lo establecido en el artículo 2.2.3.3.1.8 del Decreto 1076 de 2015, este documento consta de cuatro partes:

1. Fase de declaratoria
2. Fase de diagnóstico
3. Fase de identificación de usos potenciales
4. Fase de elaboración del PORH del río Bolo.

1. FASE I. DECLARATORIA

Mediante la Resolución 0100 No. 0660-0437 del 27 de julio de 2021 la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca-CVC, declaró en ordenamiento el recurso hídrico de los ríos Guachal-Bolo-Fraile-Párraga-Palmira.



2. FASE II. DIAGNÓSTICO

Con el fin de caracterizar la situación ambiental actual del río Bolo, se realizó la revisión, organización, clasificación y utilización de la información existente, los resultados de los programas de monitoreo de calidad y cantidad del agua, el censo de usuarios, el inventario de obras hidráulicas, la oferta y demanda del agua, el establecimiento del perfil de calidad actual del cuerpo de agua, la determinación de los problemas sociales derivados del uso del recurso entre otros. De manera transversal se implementó una estrategia tendiente a la construcción de este instrumento con la participación de los actores relevantes y representativos de esta unidad hidrográfica.

2.1 Descripción del cuerpo de agua en ordenamiento

El río Bolo hace parte de los cauces que se originan desde las lagunas glaciares de la zona de páramo de la Cordillera Central, por encima de los 4000 msnm y transita cerca de 66 Km hasta su encuentro con el río Fraile, ya en cercanías al río Cauca. Tiene jurisdicción en los municipios de Pradera, Palmira y Candelaria.

Entre sus principales afluentes se tienen las quebradas El Nogal, Los Negros, Tamboral, El Muerto, La Leona y la quebrada Aguaclara. El río Bolo es la principal fuente de abastecimiento del acueducto regional Pradera-Florida-Candelaria y su red de drenaje alimenta 151 sistemas de abasto veredales y/o comunitarios. A partir de 6 derivaciones su caudal suplende las necesidades de los sectores productivos.

El río Bolo tiene una longitud total de 67.1 km; la sección en ordenamiento corresponde a los últimos 46.8 Km, con un tramo 18.8 Km en el municipio de Pradera, 11.1 Km en el municipio de Candelaria y 16.9 Km en el municipio de Palmira. En la Tabla 2-1 se presenta la codificación del cuerpo objeto de ordenación. En la *Figura 2-1* se presenta la microcuenca del río Bolo y sus cuerpos de agua codificados.

Tabla 2-1. Codificación del río Bolo

Área hidrográfica	Zona hidrográfica	Subzona hidrográfica	Código	Cuenca	Código	Nombre subcuenca	Código
Magdalena - Cauca	Cauca	Guachal (Fraile – Párraga Bolo)	2607	Guachal	260712	Bolo	260712703

Es objeto de ordenamiento el cauce principal del río Bolo, desde el primer punto de monitoreo Limnógrafo CVC - Los Minchos Km 20,30 hasta su desembocadura en el río Fraile Km 67,10; cuya georreferenciación se observa en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2. Descripción del tramo en ordenamiento

Descripción	Longitud (km)	Coordenadas*			
		Inicio tramo		Fin tramo	
		X	Y	X	Y
Desde el punto de monitoreo GB1 - Limnógrafo CVC - Los Minchos en el kilómetro 20.3, hasta la desembocadura sobre el río Fraile en el kilómetro 67.1	46,88	1100435.760	869946.250	1068488.721	880268.594

*Magna Colombia Oeste

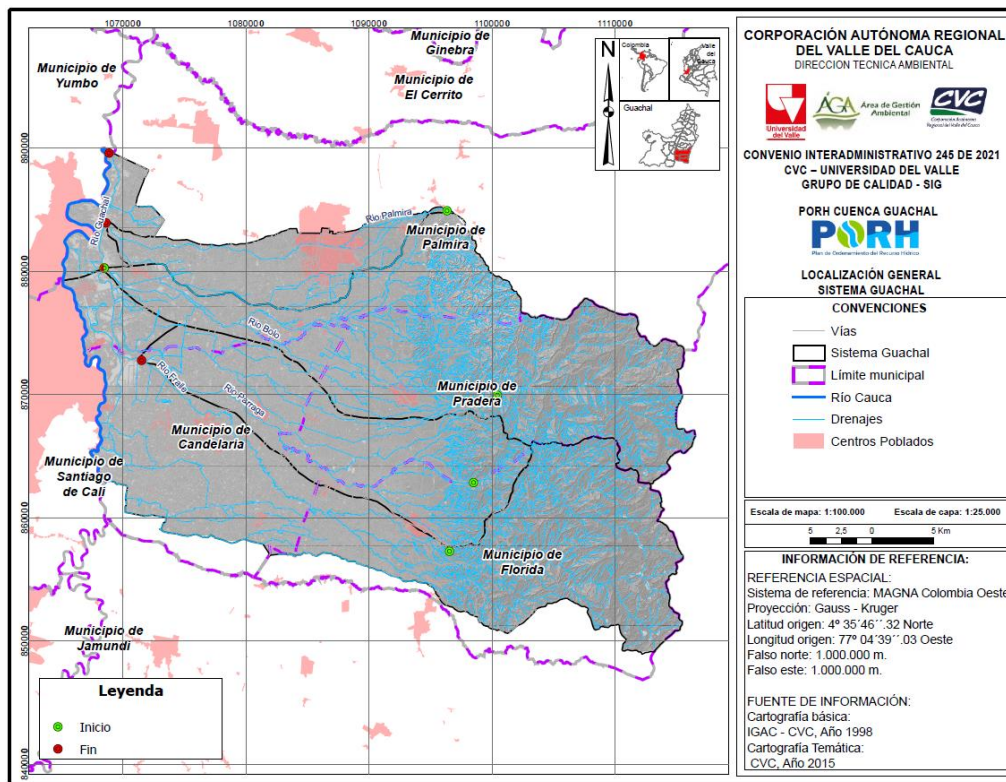


Figura 2-1. Tramo de ordenamiento del río Bolo

2.2 Participación en el PORH

La estrategia de participación para el sistema Guachal, del cual hace parte el río Bolo, pretendió la utilización de diferentes mecanismos que garantizaran la inclusión, durante todo el proceso, de los actores que intervienen en los cuerpos de agua a través de captaciones y vertimientos, así como de aquellos interesados debido al rol que desempeñan en los procesos de gestión ambiental.

La identificación de actores se desarrolló mediante un ejercicio de triangulación donde se

contrastó información secundaria y primaria, con el fin de corroborar y actualizar los datos existentes. En el caso de los actores representativos, usuarios directos de los cauces en ordenamiento fueron identificados primero desde la resolución reglamentaria sobre los cuerpos de agua en ordenamiento, contrastada con la información del ejercicios previos, la revisión de expedientes a partir del año 2015 al 2020 y/o 2021; se consultaron los datos provenientes del Registro de Usuarios del recurso Hídrico RURH con los que contaba la CVC y se ajustaron con los resultados del censo de usuarios realizado en campo.

Dentro del proceso de formulación del PORH del Sistema Guachal, la estrategia de participación incluyó a los actores que mantienen una relación directa con las corrientes en ordenamiento sea por su calidad de usuarios o por su rol estratégico. En este procedimiento fue fundamental reconocer los intereses de los actores involucrados, la consideración equitativa de sus necesidades y responsabilidades frente a la administración del recurso.

Los actores representativos correspondieron al sector comunitario con 17 Juntas de Acción Comunal (JAC) del municipio de Pradera de la cuenca alta, media y baja, dos (2) grupos étnicos: El resguardo Kwet Wala y Consejo Comunitario de Comunidades Negras Bolo Hartonal, seis (6) organizaciones de la sociedad civil: Asociación de Trabajadores Campesinos del Valle del Cauca -ASTRACAVA-, Asociación de Mujeres Rurales -ASOPINHO-, Fundación Tecnologías de la Información y la Comunicación para la Búsqueda de la Paz- FUNTICPAZ-, Asociación Medioambiental Puente de Paz Potrerito-AMAPAZ-, Asociación de usuarios del agua en Potrerito y el sector del Edén -ASOPOTRERITO- y la asociación de usuarios del agua del río Bolo -ASOBOLO-; al igual comunidad organizada que ejerce veeduría ciudadana. De orden gubernamental se identificaron cinco (5) instituciones como son la Agencia Nacional de Tierras, las alcaldías de Pradera, Palmira y Candelaria; Consejo Departamental de Política Ambiental y Gestión Integral del Recurso Hídrico -CODEPARH- por la gobernación del Valle del Cauca y por supuesto la autoridad ambiental, CVC.

Las organizaciones de investigación identificadas fueron: CENICAÑA, Centro Internacional de Agricultura Tropical -CIAT-; las empresas del sector productivo: Castilla Agrícola, Cañaduzales SAS, Compañía Agrícola San Felipe, Riopaila Castilla S.A., Ingenio Mayagüez S.A., Agropecuaria Vélez y CIA LTDA., Agropecuaria de Occidente, Agroguachal S.A., Agrochircal S.A., entre otras.

La *Figura 2-2* muestra el total de actores identificados, disgregados en relevantes y representativos y en la *Tabla 2-3* se sintetizan los principales resultados del proceso de participación en la formulación del PORH del río Bolo.

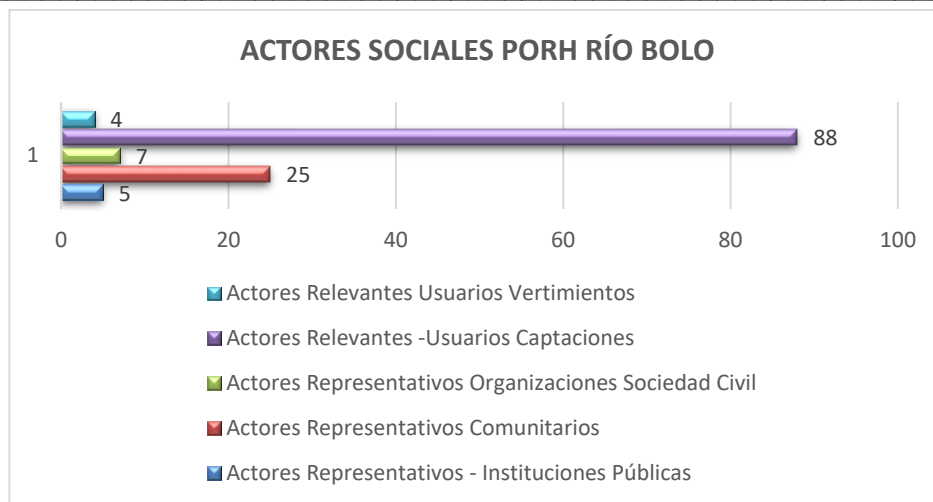


Figura 2-2. Actores relevantes y representativos asociados con el cauce principal del río Bolo, objeto de ordenamiento del recurso hídrico

Tabla 2-3. Proceso de participación en la formulación del PORH del río Cañaveralejo

Fase	Logros
Diagnóstico	La fase de diagnóstico orienta sus actividades a la recolección, procesamiento y análisis de información primaria y secundaria para dar cuenta de las dinámicas sociales, económicas y culturales que impactan sobre los cuerpos de agua que están en proceso de ordenamiento. En este sentido el enfoque del análisis es desde el territorio; por lo cual se desarrollaron ejercicios de cartografía social-territorial con actores relevantes y representativos de los sectores comunitarios, productivos e institucionales; partiendo del reconocimiento de la existencia de procesos de organización y participación ciudadana en torno a la gestión para mejorar las condiciones de la oferta socioambiental, y la vinculación efectiva de los actores involucrados en condiciones de igualdad Los talleres se abordaron en dos fases. La primera fase consistía con las presentaciones del equipo técnico y de los asistentes, acto seguido y con ayuda audiovisual en PowerPoint se presentaba se introducía la temática dando contexto, a través del marco teórico, metodológico y el alcance de la formulación de los PORH; como también la aplicación de una encuesta para identificar nuevos actores y para percibir la relación del encuestado con el uso del cuerpo de agua. En una segunda fase se desarrolló la construcción de la cartografía social-territorial para cada cuerpo de agua con ayuda de mapas impresos en un pliego y medio pliego con énfasis en cada cuerpo de agua según se fuera el espacio y el actor con quien se desarrollaba el taller. Adicionalmente, el cuerpo de agua en ordenamiento se trabajó por tramos de análisis definidos previamente por el equipo técnico de calidad del proyecto. El trabajo de cartografía social trabajó tres dimensiones de análisis: Dimensión Geográfica: la representación cartográfica fue un instrumento educativo que permitió el reconocimiento por parte de los actores sociales de las unidades espaciales del río, cuenca, el río como parte del sistema y su relación hidrológica, social y económica. Esto facilitó el ejercicio de identificación, descripción y localización de las situaciones o problemáticas con mayor impacto ambiental para profundizar en las problemáticas y situaciones que por su proximidad les fueran más conocidas.

Fase	Logros
	Dimensión Socio-económica: Permite identificar los usos que los diferentes actores hacen del recurso hídrico, que se analizan con respecto a los resultados de monitoreo de la calidad del agua y los cuales se tomarán en cuenta para la toma de decisiones. Se realizaron cinco 5 talleres diagnóstico de cartografía social a partir del cual los actores se identificaron actividades asociadas al cauce, que ubicaron en los mapas parlantes: • Infraestructura hidráulica Bocatomas, PTAP, PTAR, STAR • Infraestructura de comunicación: Puentes, carreteras, vías de acceso • Dinámicas de poblamiento: Urbanizaciones, aumento de la población, asentamientos humanos de desarrollo incompleto, predios en extinción de dominio • Actividades económicas: Agrícolas, industriales, pecuarias, recreativas, turísticas • Zonas inundables • Zonas contaminadas: Olores ofensivos, plagas • Uso de aguas subterráneas En un taller final que congregó todos los actores relacionados con los cauces en ordenación que conforman el sistema Guachal, incluido el río Bolo, se presentaron los resultados del diagnóstico abordando los siguientes temas: • Contexto territorial del sistema y estrategia de participación • Censo de Usuarios • Campañas fisicoquímicas y perfiles • Campaña de Perifiton • Campaña de Macroinvertebrados • Campaña Ictica • Usos - Oferta - Demanda - Presión y conflictos sobre el recurso hídrico • Ejercicio de retroalimentación Cada temática fue presentada por el profesional experto en cada tema y al final del ejercicio se resolvieron las preguntas relacionadas.
Prospectiva	El objetivo general fue el realizar un análisis de los usos potenciales del recurso hídrico, como un insumo para diseñar los escenarios futuros de uso sostenible del río Bolo y de los otros ríos que conforman el sistema Guachal. Para esta fase se realizaron dos talleres. El Primer Taller se abordó en dos momentos. En un primer momento se realizó la socialización de la reglamentación del uso, los usos actuales, la distribución de los usuarios por medio de un esquema con los respectivos caudales. En un segundo momento los participantes se distribuyeron en dos grupos los cuales, a partir de preguntas orientadoras enfocadas a usuarios privados, empresas de servicios e instituciones públicas, propusieron y priorizaron los factores de cambio que consideraron necesarios para mejorar la gestión del recurso hídrico con la ayuda del método Ábaco de Regnier a partir de una escala de colores. En un segundo taller de prospectiva, se socializaron los resultados del ejercicio de priorización de factores de cambio, los cuales se relacionaron con las estrategias del Plan Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH). Los Factores de cambio priorizados son los siguientes: • Implementación de sistemas de medición en la captación • Optimización infraestructura: Distribución- proceso comunitario colectivo

Fase	Logros
	• Apoyo infraestructura pequeños acueductos • Construcción de sistemas de captación no tecnificado • Adecuar los sistemas de conducción • Estrategia de adaptación al cambio Climático • Capacidad de acción y presión • Autoridad Ambiental y asociación • Articulación institucional • Seguimiento y control de las concesiones • Acuerdos colaborativos del agua • Construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales Este ejercicio permitió retomar los diálogos establecidos en la fase de prospectiva en torno a los factores de cambio priorizados y la cual se validó la siguiente visión: “En el año 2043 el ordenamiento del río Bolo, permitirá disponer de la cantidad y mejorar la calidad del agua para suplir las necesidades de los ecosistemas y de los diferentes usuarios, a través de la planificación, conservación, protección y aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos, con equidad social, educación y eficiencia técnica, económica y ambiental”. Se presentó la esquematización del modelo, el escenario base, el corto, mediano y largo plazo y se planteó un ejercicio de evaluación de usos potenciales de acuerdo con el decreto 1076 de 2015 (DEC 1594/ 1984) con relación a los resultados de los siguientes parámetros por tramos: • E Coli Total NMP/100 mL • E Coli Fecales NMP/100 mL • Sólidos suspendidos totales mg/L • Oxígeno Disuelto • DBO5
Formulación	A partir de los resultados de los escenarios de modelación, y la presentación de los objetivos de calidad, se socializó la propuesta del componente programático estructurado a partir de los principios del PNGIRHM: Oferta, demanda, calidad, riesgo y el fortalecimiento institucional y gobernabilidad. Para cada uno de ellos se definieron las líneas estratégicas, los programas, los proyectos y las actividades, indicadores y metas. El componente programático, está debidamente articulado con instrumentos de planificación vigentes y en proceso de aprobación (PBOT, PSMV) verificando que las propuestas de los diferentes actores estuvieran incluidas, al igual que las observaciones y recomendaciones finales que tuvieron los participantes con respecto al plan.

2.2.1 Participación de los grupos étnicos en la formulación del PORH del río Bolo

Mediante la Resolución No. ST - 1779 del 30 de diciembre de 2021, la Dirección de la Autoridad Nacional de Consulta Previa del Ministerio del Interior, resolvió que procedía la consulta previa con las Comunidades Étnicas que se muestran en la *Tabla 2-4*, para el proyecto de formulación del PORH de los ríos Guachal, Bolo, Fraile, Palmira y Párraga.

Tabla 2-4. Comunidades étnicas para las que procede la consulta previa para la formulación del PORH de los ríos Guachal, Bolo, Fraile, Palmira y Párraga

Comunidad	Ubicación	Cuenca
Kwet Wala	Pradera, Valle	Río Bolo
Nasa Thá	Florida, Valle	Río Párraga
Consejo Comunitario Bolo Hartonal	Pradera, Valle	Río Bolo

Con las tres comunidades étnicas se llevó a cabo la socialización de las actividades relacionadas con la formulación del PORH, incluyendo los avances del diagnóstico, la identificación de conflictos por el uso del agua y la definición de prioridades para una gestión más efectiva del recurso hídrico. A partir de esta socialización, y en el caso particular de las comunidades ubicadas en el área de influencia del río Bolo, se dio inicio al proceso de consulta previa. Con las tres comunidades étnicas se llevó a cabo el proceso de consulta previa hasta la fase de protocolización de acuerdos.

Para las comunidades étnicas localizadas en el río Bolo la Universidad del Valle hizo el acompañamiento al proceso de consulta previa con la comunidad étnica Kwet Wala, y el Consejo Comunitario Bolo Hartonal liderado por la CVC.

En el marco del cumplimiento de los acuerdos de consulta previa, se desarrolló una estrategia de participación con enfoque diferencial con la comunidad indígena de Kwet Wala. Dentro de los talleres desarrollados con esta comunidad se socializaron las actividades del proceso de formulación del PORH, los avances del diagnóstico y se avanzó en la identificación de conflictos por el agua, a través del método de marco lógico con la construcción del árbol de problemas. Las propuestas de intervención para la gestión sostenible del agua y su contribución a la solución de las problemáticas identificadas en el territorio ancestral de esta comunidad fueron abordadas en los acuerdos protocolizados en el marco del proceso de consulta previa adelantado. Estos acuerdos se incorporan en el componente programático del PORH del río Bolo en la línea estratégica denominada “Gobernanza del agua”.

Con el consejo comunitario de comunidades negras Bolo Hartonal se realizó el acompañamiento de dos talleres donde se socializaron los resultados del diagnóstico en el proceso de formulación del PORH, se identificaron los conflictos por el uso del agua y se definieron prioridades para realizar una mejor gestión del recurso. Estos talleres tuvieron en cuenta los planes de vida y los acuerdos previos establecidos entre estas comunidades y la CVC.

2.3 Localización y caracterización de las redes hidrometeorológicas y de calidad existentes

2.3.1 Red hidrometeorológica

En el territorio que cubre la subzona hidrográfica Guachal se identificaron 32 estaciones siguiendo parámetros climatológicos (Tabla 2-5), 3 estaciones encargadas de realizar la medición de registro continuo de caudales, una de ellas ubicada sobre el río Bolo en la estación Los Minchos

de tipo Limnigráficas (LG) que reporta niveles de agua (Tabla 2-6). El 75% de las estaciones se ubican por debajo de la línea de piedemonte y van hasta el río Cauca, el rango de datos disponibles está entre 20, 30 y hasta 50 años.

Tabla 2-5. Red de estaciones climatológicas ubicadas en la zona de influencia del sistema Guachal

No.	Estación	Tipo ²	Operador	*Coordenadas		Año Operación Inicial
				Este	Norte	
1	Rozo	CO	Cenicaña	1079296.31	891128	2006
2	Amaime	CO	Cenicaña	1078178.62	887731.49	1993
3	Aeropuerto	CO	Cenicaña	1076658.57	882945.48	1993
4	Pradera	CO	Cenicaña	1093336.31	867829	1995
5	Candelaria	CO	Cenicaña	1082265.31	871617	1993
6	San José	CO	Cenicaña	1090260.31	881216	1996
7	Ing. Central Castilla	CO	Cenicaña	1086335.31	863346	1960
8	El Tiple	PM	Cenicaña	1072510.31	861262	1971
9	San Emigdio	CO	CVC	1097335.3	884212.05	1964
10	El Cominal	CO	CVC	1102900	884565	2016
11	La Sirena	CO	CVC	1111632.24	880364.48	1988
12	San Nicolás	PM	CVC	1101709.4	882198.3	1969
13	Tenjo	PM	CVC	1100685.09	881119.42	1969
14	Chambú	EV	CVC	1096535.46	876772.66	1973
15	Bolo Blanco	PM	CVC	1107698.66	874229.39	1971
16	Bolo Los Minchos	PG	CVC	1100392.68	869952.34	1992
17	Ingenio La Quinta	PM	CVC	1081267.22	869663.71	1969
18	Guachazambolo	PM	CVC	1070380.3	878515.62	1973
19	Planta Nima I	PM	CVC	1095476.6	884101.42	1970
20	La Diana	EV	CVC	1099071.22	858270.34	1971
21	Los Alpes	PM	CVC	1107752.32	852675	1971
22	Matapalo	PM	CVC	1071509.96	887218.97	1972
23	La Virgen	PM	EPSA	1115362.88	874833.58	SD
24	AABA	CP	IDEAM	1077472.31	884024	1971
25	La Zapata	PM	IDEAM	1095948.7	880477.09	1965
26	Esperanza -Pradera	PM	IDEAM	1091043.23	871304.72	1982
27	La Palmera	PM	IDEAM	1101865.84	854623.43	1976
28	La Soledad	PM	IDEAM	1102584.86	862677.73	1971
29	Florida	PM	IDEAM	1092651.81	859077.35	1953
30	Ing. Manuelita	PM	Particular	1088764.21	887712.55	1931
31	Yunde-Carrizal	PM	Particular	1075323.22	874565.26	1966
32	Grana Exp ICA	CO	Particular	1084884.31	878501	1944

*Sistema de referencia: Magna Colombia Oeste

² Estación CO: Climatológicas: Brillo Solar, Temperatura, Evaporación, Dirección del viento

Estación PM: Pluviométrica = Lámina de precipitación

Estación PG: Pluviográfica = Precipitación distribuida en el tiempo

Estación EV= Evaporimétrica =Lámina de evaporación

Tabla 2-6. Relación de las estaciones de caudal ubicadas en el sistema Guachal

Fuente Hídrica	Estación de medición	Tipo de estación	Operador	Elevación, m	*Coordenadas		Período recolección de Datos
					Este	Norte	
Fraile	La Industria	LG	CVC	1056	1090300,16	860555,69	2013-2021
	SM Fraile D1	LG	CVC	1187	1098624	856334	Abril 2022
Bolo	Los Minchos	LG	CVC	1394	1100392,68	869952,34	1992-2021
Guachal	Palmaseca	LM	IDEAM	935	1068903,35	885379,02	2018-2022

*Sistema de referencia: Magna Colombia Oeste

En el área del sistema Guachal confluyen las redes de estaciones climatológicas de CVC, Cenicaña e IDEAM, además de Celsia- EPSA y algunos particulares, las cuales actualmente realizan seguimiento a las variables de Precipitación (estaciones pluviométricas PM y pluviográficas PG), Evaporación (estación evaporimétrica) y Temperatura, Brillo Solar, Presión barométrica, dirección del viento, entre otras (estación climatológica CO) identificadas en el área. La Figura 2-3 muestra la ubicación de las estaciones ubicadas dentro y cercanas al Sistema Guachal.

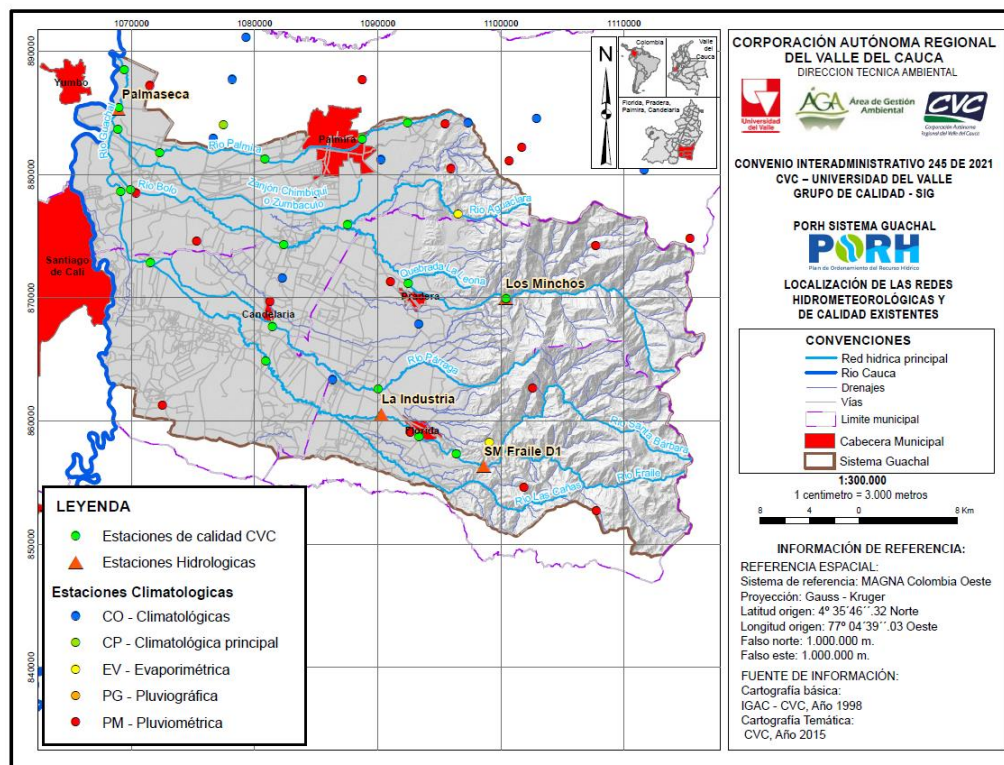


Figura 2-3. Estaciones hidrometeorológicas en el sistema Guachal

2.3.2 Red de monitoreo de calidad y cantidad

La CVC ha recopilado información de calidad de los ríos que hacen parte del Sistema Guachal de forma regular sobre diecisiete (17) puntos en los ríos Bolo, Fraile, Párraga, Palmira y Guachal. Para el caso específico del río Bolo se cuenta con 4 estaciones o puntos de monitoreo de calidad como son: Limnógrafo CVC - Los Minchos, Puente Pradera Palmira, Puente Bolo - San Isidro - vía a Candelaria, y antes desembocadura a Fraile en el puente Recta Cali – Palmira. (Tabla 2-7, Figura 2-4).

La periodicidad de la red de monitoreo de CVC para el río Bolo cuenta con datos desde el año 2005, completando un total de 29 campañas de las cuales 10 se realizaron en temporada seca y 19 en temporada húmeda (Tabla 2-7).

Tabla 2-7. Información general sobre estaciones de monitoreo de la CVC sobre Río Bolo

ID	Nombre	Norte (m) 1	Este (m)1	Distancia aguas abajo desde nacimiento (km)	Periodo de Monitoreo	Total, campañas	campanías Ts*	No campañas Th*	Campaña 1	Campaña 2
GB1	Limnógrafo CVC - Los Minchos	1100435.760	869946.250	20.3	2005 a 2022	29	10	19	Sí	Sí
GB2	Puente Pradera Palmira	1092413.8	871207.9	30.2	2005 a 2022	29	10	19	Sí	Sí
GB4	Puente Bolo - San Isidro - vía a Candelaria	1082363.3	874216.3	49.2	2005 a 2022	29	10	19	Sí	Sí
GB5	Antes desembocadura a Fraile en puente Recta Cali - Palmira	1069849.3	878775.0	65.0	2005 a 2022	28	9	19	Sí	Sí

Nota. () Temporadas en que la CVC realizó las tomas de muestras en los puntos de monitoreo; Ts: Tiempo seco, Th: Tiempo húmedo. 1. Sistema de referencia: Magna Colombia Oeste*

2.4 Oferta hídrica del río Bolo

Según el IDEAM (2019), la Oferta Hídrica Total Superficial (OHTS) corresponde al volumen de agua por unidad de tiempo que escurre por la superficie del suelo, que no se infiltra o se evapora y se concentra en los cauces de los ríos o en los cuerpos de agua lénticos de una unidad hidrográfica (área, zona y subzona), cuyos usos pueden ser consumo humano y doméstico, sectores económicos, ecosistemas y el sostenimiento de los sistemas hídricos superficiales. Se expresa en términos de la variable escorrentía.

Con el fin de calcular la oferta hídrica total media mensual para año normal, se utilizaron los valores de caudales específicos. En este sentido, el régimen de caudales en el sistema Guachal es monitoreado por 6 estaciones, 2 de ellas sobre el río Bolo (Los Minchos y Bolo Arriba), las cuales cuentan con el mayor número de registros y la más alta confiabilidad. En la estación Los Minchos el caudal medio multianual es 3.3 m³/s, mientras que en la estación Bolo Arriba es de 5.35 m³/s, como lo muestra la Tabla 2-8.

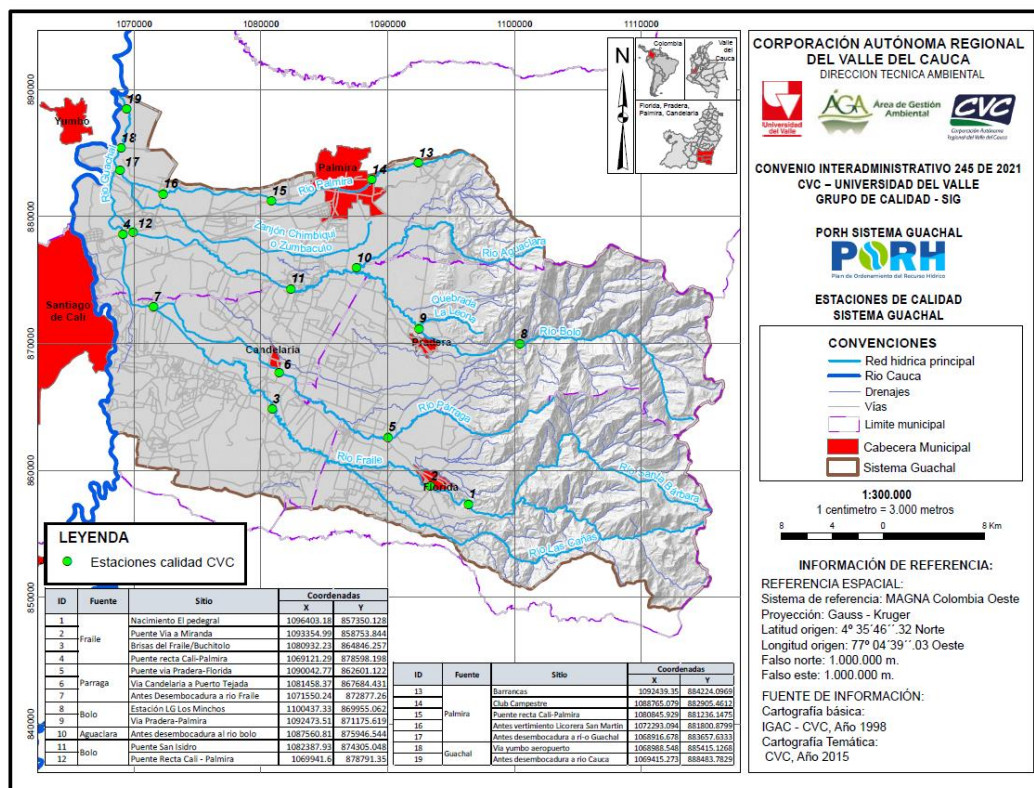


Figura 2-4 Red de Estaciones calidad de CVC ubicadas en el sistema Guachal, incluido río Bolo

Tabla 2-8. Caudales medios observados en las estaciones hidrológicas Los Minchos y Bolo arriba (m³/s)

Estación	Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
Caudales medios Estación Bolo Los Minchos	A. húmedo	6,9	7,3	6,6	7,0	8,8	7,5	5,9	6,1	6,1	5,9	9,6	11,4	6,3
	Año medio	3,2	3,1	3,3	3,8	3,9	3,5	3,2	2,8	2,6	2,9	3,9	4,1	3,4
	Año seco	1,1	0,8	0,8	1,6	0,0	1,1	0,9	0,3	0,4	0,6	0,9	1,1	1,5
	2008 Oni extremo Niña	2,0	2,3	5,5	7,0	8,8	7,5	5,5	5,9	6,1	5,9	9,6	9,3	6,3
	2015 Oni extremo Niño	2,1	2,4	2,8	2,6	2,5	3,1	2,6	1,7	1,5	2,1	2,9	1,1	2,3
	2012 min serie Niño	2,0	1,2	1,3	1,6	1,2	1,1	0,9	0,7	0,7	0,6	2,6	3,8	1,5
Estación	Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
Caudales medio Estación Bolo Arriba	A. húmedo	23,2	19,8	38,1	28,1	26,4	22,4	17,1	9,7	8,2	16,5	40,8	32,3	19,0
	Año medio	4,9	4,6	6,2	7,1	6,8	4,9	3,4	1,9	2,2	4,8	8,1	7,4	5,2
	Año seco	0,5	0,2	0,2	0,5	0,7	0,3	0,4	0,2	0,4	0,5	1,0	0,7	0,8
	2011 Oni Extremo Niña	10,6	19,8	27,2	28,1	20,9	16,5	13,7	9,7	8,2	14,7	26,3	32,3	19,0
	1992 Oni Extremo Niño	0,8	0,7	0,2	0,5	0,7	0,3	0,4	0,9	0,7	0,6	1,6	2,7	0,8

En el río Bolo, en el año seco, el caudal promedio se reduce de la media el equivalente al 44% en Los Minchos y 15% Bolo Arriba. En el año húmedo los registros en la estación Los Minchos superan 1.88 veces el caudal medio y en Bolo Arriba 3.5 veces el caudal medio. En Bolo Los Minchos, el año Niño 2012 tuvo en 5 meses los registros históricos más bajos, mientras que, en el año 2008, año Niña, 8 de los 12 meses tienen su menor caudal de la serie (Figura 2-5).

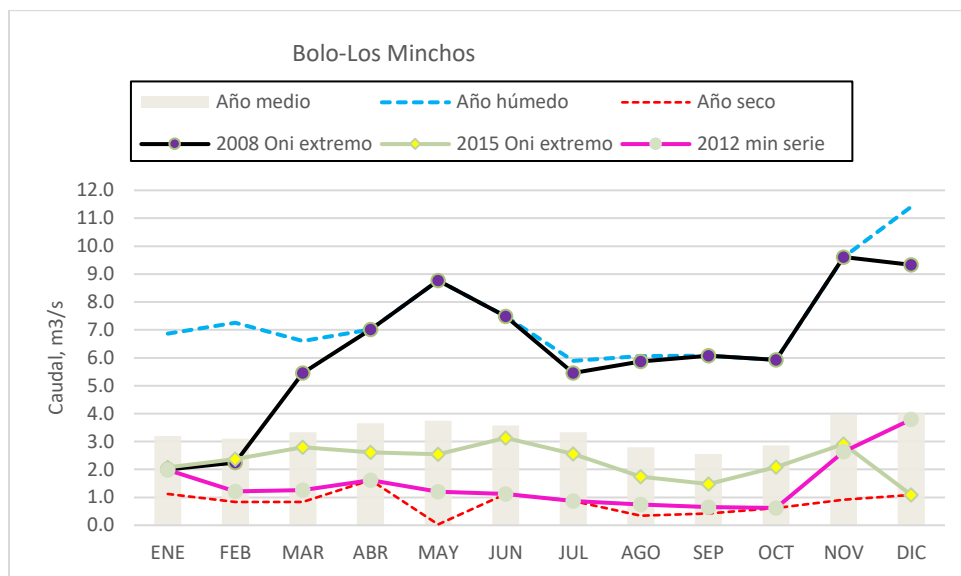


Figura 2-5. Régimen de caudales del río Bolo estación Los Minchos

En Bolo Arriba, los registros para el año 2011 (año Niña), mostraron que pese a tener durante 5 meses el máximo registro, no alcanzó a ser el año húmedo (Figura 2-6). En el año seco el caudal anual del río Bolo tiende a reducirse alrededor del 40% de la media en el sitio de medición más aguas arriba y entre el 15 y el 19% en las estaciones donde los caudales ya están regulados por las reglas de operación de los esquemas de distribución de las fuentes.

Para calcular la OHTS se adoptó la ruta metodológica propuesta por el IDEAM³. Los resultados se obtuvieron a partir del promedio de la serie de datos registrados en las estaciones y las proyectadas en m³/s (Tabla 2-9).

2.5 Caudal Ambiental

Según el artículo 2.2.3.3.1.3 del Decreto 1076 de 2015 (modificado por el Decreto 050 de 2018), el caudal ambiental se define como el “Volumen de agua por unidad de tiempo, en términos de régimen y calidad, requerido para mantener el funcionamiento y resiliencia de los ecosistemas acuáticos y su provisión de servicios ecosistémicos”. Partiendo de esta definición, el caudal

³ IDEAM. Oferta hídrica total superficial (OHTS)- Hoja metodológica V1,2
PROPUESTA DE CONTENIDO MINIMOS HOJAS TÉCNICAS VARIABLES Y FICHA METODOLÓGICAS
INDICADORES (ideam.gov.co)

ambiental corresponde a un insumo para la estimación de la oferta hídrica disponible en los cuerpos de agua.

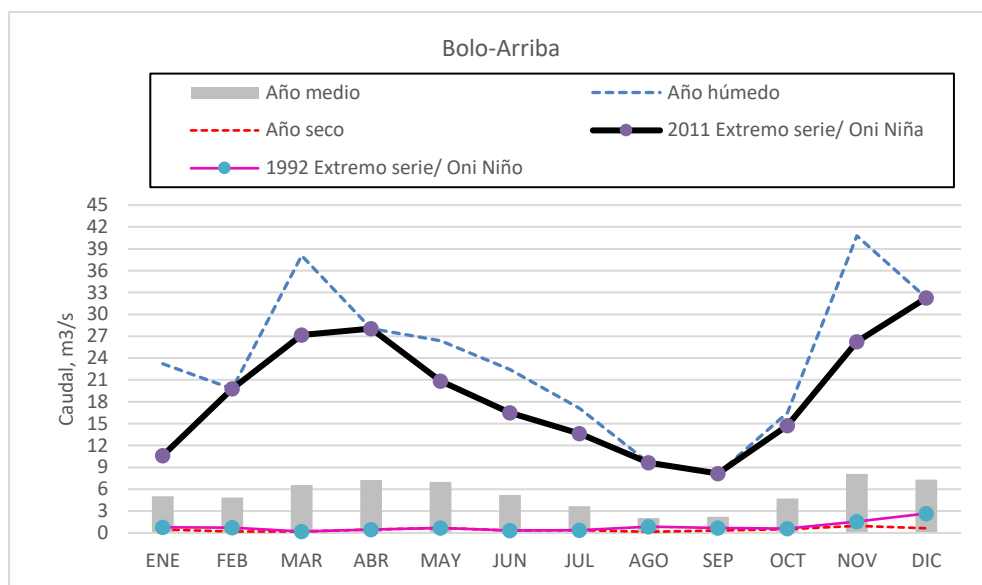


Figura 2-6. Régimen de caudales del río Bolo- estación Arriba

Tabla 2-9. Oferta Hídrica Total Superficial OHTS del Río Bolo (m³/s)

ID	Oferta Hídrica Total Superficial OHTS (m3/s)														
	Punto	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
GB1	Los Minchos	Medio	3,20	3,05	3,34	3,66	3,80	3,56	3,30	2,78	2,57	2,86	3,98	4,09	3,35
		Húmedo	6,87	7,26	6,60	7,01	8,77	7,48	5,89	6,06	6,08	5,93	9,62	11,42	7,42
		Seco	1,12	0,83	0,84	1,62	1,43	1,12	0,87	0,34	0,42	0,62	0,92	1,08	0,93
GB2	Puente Palmira-Pradera	Medio	3,08	2,46	4,17	4,96	4,37	2,97	1,70	0,91	0,62	3,06	6,63	6,15	3,42
		Húmedo	7,85	5,88	11,61	20,32	10,50	5,54	4,36	1,81	1,58	7,72	16,98	17,66	9,32
		Seco	0,30	0,08	0,07	1,03	1,50	0,83	0,38	0,18	0,10	0,14	0,92	0,75	0,52
GB3	Confluencia Bolo-Agua Clara	Medio	3,13	2,64	4,28	5,34	4,52	3,08	1,72	0,93	0,63	3,24	6,92	6,33	3,56
		Húmedo	7,84	6,63	11,71	20,45	10,51	6,25	4,42	1,82	1,60	7,78	17,22	17,67	9,49
		Seco	0,30	0,07	0,07	1,19	1,51	0,83	0,38	0,18	0,10	0,30	1,37	0,75	0,59
GB4	Puente Bolo-San Isidro	Medio	3,34	2,87	4,43	6,45	5,16	3,41	1,76	0,95	0,63	3,33	7,77	6,86	3,91
		Húmedo	7,95	7,49	12,43	21,56	10,84	6,79	4,79	2,04	1,63	8,02	20,52	17,82	10,16
		Seco	0,41	0,07	0,07	1,21	1,60	0,84	0,38	0,18	0,10	0,40	2,63	0,93	0,74
GB5	Antes Confluencia Río Fraile	Medio	3,60	3,42	5,16	7,83	5,89	3,69	1,90	0,98	0,66	4,33	9,35	7,95	4,56
		Húmedo	7,93	8,99	13,35	22,34	11,05	8,38	5,83	2,15	1,64	10,30	23,77	17,96	11,14
		Seco	0,41	0,06	0,07	1,86	1,75	0,85	0,38	0,18	0,10	0,81	3,26	0,96	0,89

En los esquemas de Distribución de las Reglamentaciones se presenta el caudal disponible para aprovechamiento como el asociado al 75% de permanencia, que conlleva a que el Caudal Ambiental corresponda al 25%. Sin embargo, bajo las consideraciones de la Metodología para el cálculo del Índice de Escasez (IDEAM 2013) para determinar la reducción por caudal

ecológico, CVC estableció un porcentaje de reducción por estiaje a partir de la evaluación de los caudales ubicados entre el 75 y 95% de permanencia de la Curva de Duración de Caudales. De acuerdo con los balances oferta demanda publicados por CVC, el caudal ambiental en la cuenca del río Bolo de acuerdo con la definida en 0100 No. 0600- 0652 DE 2012, resulta de afectar la serie de caudales por un porcentaje de 16% o superior en los meses más secos del año hidrológico medio o seco. Los resultados al aplicar el caudal ambiental sobre la serie de datos de la OHTS se reportan en la Tabla 2-10.

Tabla 2-10 Caudal ambiental calculado a partir de la serie de datos de la OHTS para cada punto (m³/s)

Caudal Ambiental (m ³ /s)															
ID	Punto	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
GB1	Los Minchos	Medio	0,51	0,49	0,53	0,59	0,61	0,57	0,53	0,44	0,41	0,46	0,64	0,65	0,54
		Húmedo	1,10	1,16	1,06	1,12	1,40	1,20	0,94	0,97	0,97	0,95	1,54	1,83	1,19
		Seco	0,51	0,49	0,53	0,59	0,61	0,57	0,53	0,34	0,41	0,46	0,64	0,65	0,53
GB2	Puente Palmira-Pradera	Medio	0,49	0,39	0,67	0,79	0,70	0,48	0,48	0,44	0,41	0,49	1,06	0,98	0,62
		Húmedo	1,26	0,94	1,86	3,25	1,68	0,89	0,70	0,29	0,25	1,24	2,72	2,83	1,49
		Seco	0,30	0,08	0,07	0,79	0,61	0,48	0,38	0,18	0,10	0,14	0,64	0,65	0,37
GB3	Confluencia Bolo-Agua Clara	Medio	0,50	0,42	0,68	0,85	0,72	0,49	0,49	0,49	0,41	0,52	1,11	1,01	0,64
		Húmedo	1,25	1,06	1,87	3,27	1,68	1,00	0,71	0,29	0,26	1,24	2,76	2,83	1,52
		Seco	0,30	0,07	0,07	0,49	0,61	0,49	0,38	0,18	0,10	0,30	0,64	0,49	0,34
GB4	Puente Bolo-San Isidro	Medio	0,53	0,46	0,71	1,03	0,83	0,55	0,49	0,49	0,41	0,53	1,24	1,10	0,70
		Húmedo	1,27	1,20	1,99	3,45	1,73	1,09	0,77	0,33	0,26	1,28	3,28	2,85	1,63
		Seco	0,41	0,07	0,07	0,49	0,61	0,49	0,38	0,18	0,10	0,38	0,64	0,49	0,36
GB5	Antes Confluencia Río Fraile	Medio	0,58	0,55	0,83	1,25	0,94	0,59	0,49	0,49	0,41	0,69	1,50	1,27	0,80
		Húmedo	1,27	1,44	2,14	3,57	1,77	1,34	0,93	0,34	0,26	1,65	3,80	2,87	1,78
		Seco	0,41	0,06	0,07	0,49	0,61	0,49	0,38	0,18	0,10	0,38	0,52	0,49	0,35

2.6 Caudal de oferta disponible

Según el IDEAM (2019), se define la Oferta Hídrica Disponible (OHD) como el volumen de agua promedio que resulta de sustraer a la Oferta Hídrica Total Superficial (OHTS), el volumen de agua que garantizaría el uso para el funcionamiento de los ecosistemas y de los sistemas fluviales y, en alguna medida, un caudal mínimo para usuarios que dependen de las fuentes hídricas asociadas a estos ecosistemas, es decir, el caudal ecológico. La OHD para el río Bolo por tramos se presenta en la Tabla 2-11.

Tabla 2-11 Oferta Hídrica Disponible del río Bolo mensual en los tramos PORH (m³/s)

Oferta hídrica disponible (m³/s)															
ID	Punto	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
GB1	Los Minchos	Medio	2,69	2,56	2,81	3,07	3,19	2,99	2,77	2,34	2,16	2,40	3,34	3,44	2,81
		Húmedo	5,77	6,10	5,54	5,89	7,37	6,28	4,95	5,09	5,11	4,98	8,08	9,59	6,23
		Seco	0,61	0,34	0,31	1,03	0,82	0,55	0,34	0,00	0,01	0,16	0,28	0,43	0,41
GB2	Puente Palmira-Pradera	Medio	2,59	2,07	3,50	4,17	3,67	2,49	1,22	0,47	0,21	2,57	5,57	5,17	2,81
		Húmedo	6,59	4,94	9,75	17,07	8,82	4,65	3,66	1,52	1,33	6,48	14,26	14,83	7,83
		Seco	0,00	0,00	0,00	0,24	0,89	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,10	0,16
GB3	Confluencia Bolo-Agua Clara	Medio	2,63	2,22	3,60	4,49	3,80	2,59	1,23	0,44	0,22	2,72	5,81	5,32	2,92
		Húmedo	6,59	5,57	9,84	17,18	8,83	5,25	3,71	1,53	1,34	6,54	14,46	14,84	7,97
		Seco	0,00	0,00	0,00	0,70	0,90	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,73	0,26	0,24
GB4	Puente Bolo-San Isidro	Medio	2,81	2,41	3,72	5,42	4,33	2,86	1,27	0,46	0,22	2,80	6,53	5,76	3,22
		Húmedo	6,68	6,29	10,44	18,11	9,11	5,70	4,02	1,71	1,37	6,74	17,24	14,97	8,53
		Seco	0,00	0,00	0,00	0,72	0,99	0,35	0,00	0,00	0,00	0,02	1,99	0,44	0,38
GB5	Antes Confluencia Río Fraile	Medio	3,02	2,87	4,33	6,58	4,95	3,10	1,41	0,49	0,25	3,64	7,85	6,68	3,76
		Húmedo	6,66	7,55	11,21	18,77	9,28	7,04	4,90	1,81	1,38	8,65	19,97	15,09	9,36
		Seco	0,00	0,00	0,00	1,37	1,14	0,36	0,00	0,00	0,00	0,43	2,74	0,47	0,54

2.7 Indicadores de presión sobre el recurso hídrico superficial

Para explicar el estado en cuanto a la cantidad y calidad del agua en Colombia, el IDEAM desarrolló el "Sistema de Indicadores Hídricos" que "pretenden responder a los cuestionamientos sobre la disponibilidad del recurso y las restricciones por afectaciones a la oferta o a la calidad. Estos índices están asociados al régimen natural (Índice de Aridez - IA, Índice de Regulación Hídrica - IRH) y a la intervención antrópica (Índice de Uso del Agua - IUA, Índice de Vulnerabilidad al desabastecimiento- IVH e Índice de Calidad del Agua - ICA)".

2.7.1 Índice de Uso del Agua – IUA

El IUA es la relación porcentual del agua utilizada (demanda hídrica) y el agua disponible (oferta hídrica neta) en términos de caudal en flujo continuo y/o volumen (IDEAM 2013,2010) el cual permite medir el grado de presión que se tiene sobre el recurso hídrico de una unidad hidrográfica de análisis. A partir del IUA estimado se categorizó el estado de la presión que se tiene sobre el recurso hídrico para el río Bolo y de acuerdo con la categorización relacionada en la *Tabla 2-12*.

Tabla 2-12. Categorías de IUA de acuerdo con el IDEAM (2013)

Rango (Dh/Oh) *100 IUA	Categoría IUA	Significado
>100	Crítico	La presión supera las condiciones de la oferta
50,01-100	Muy Alto	La presión demandada es muy alta con respecto a la oferta disponible
20,01-50	Alto	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible
10,01-20	Moderado	La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible
1,01-10	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 de la oferta disponible

De acuerdo con los resultados de IUA calculados para el año normal para cada una de las estaciones de monitoreo de la subcuenca río Bolo, la presión de la demanda a nivel de cuenca se considera CRÍTICA para las estaciones GB2 y GB5 respecto a la OHSD (Tabla 2-13).

Tabla 2-13 IUA para el río Bolo por tramos para año normal

Índice de Uso del Agua – IUA ((Dh/Oh) *100) asociadas al río Bolo - Año Normal															
	Estación	Demanda	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	No v	Dic	Anual
GB 1	Los Minchos	Dh	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.120
		Oh	2.69	2.56	2.81	3.07	3.19	2.99	2.77	2.34	2.16	2.40	3.34	3.44	33.760
		IUA GB1	0.4 %	0.4 %	0.4 %	0.3 %	0.3 %	0.3 %	0.4 %	0.4 %	0.5 %	0.4 %	0.3 %	0.3 %	0.36 %
GB 2	Puente Palmira-Pradera	Dh	3.5	3.3	3.6	3.3	3.4	3.3	3.7	3.8	3.6	3.5	3.3	3.5	41.800
		Oh	2.59	2.07	3.50	4.17	3.67	2.49	1.22	0.47	0.21	2.57	5.57	5.17	33.694
		IUA GB2	135 %	160 %	103 %	79 %	93 %	132 %	303 %	809 %	1714 %	136 %	59 %	68 %	124.06 %
GB 4	Puente Bolo - San Isidro - vía a Candelaria	Dh	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	4.900
		Oh	2.81	2.41	3.72	5.42	4.33	2.86	1.27	0.46	0.22	2.80	6.53	5.76	38.591
		IUA GB3	14.3 %	16.6 %	10.7 %	7.4 %	9.2 %	14.0 %	31.5 %	87.0 %	181.8 %	14.3 %	6.1 %	8.7 %	12.70 %
GB 5	Antes desemboca dura a Fraile en puente Recta Cali - Palmira	Dh	2.37	2.11	2.37	2.25	2.27	2.15	2.37	2.47	2.35	2.27	2.15	2.27	27.400
		Oh	3.02	2.87	4.33	6.58	4.95	3.10	1.41	0.49	0.25	3.64	7.85	6.68	45.175
		IUA GB4	78 %	73 %	55 %	34 %	46 %	69 %	168 %	504 %	940 %	62 %	27 %	34 %	60.65 %
Total, Cuenca		Dh	6.28	5.82	6.38	5.96	6.08	5.86	6.48	6.68	6.36	6.18	5.86	6.28	74.220
		Oh	3.02	2.87	4.33	6.58	4.95	3.10	1.41	0.49	0.25	3.64	7.85	6.68	45.175
		IUA T	208 %	203 %	147 %	91 %	123 %	189 %	460 %	1363 %	2544 %	170 %	75 %	94 %	164.30 %

De acuerdo con los valores IUA calculados para el año seco para cada una de las estaciones de monitoreo de la subcuenca río Bolo, la presión de la demanda a nivel de cuenca se considera CRÍTICA en la mayoría de los meses, porque la presión supera las condiciones de la oferta; a diferencia de la primera estación GB1-Los Minchos, donde la presión de la demanda es BAJA con respecto a la oferta disponible con excepción de los meses de agosto y septiembre donde presión es CRÍTICA (Tabla 2-14).

Tabla 2-14 IUA para el río Bolo por tramos para año seco

Índice de Uso del Agua – IUA ((Dh/Oh) *100) asociadas al río Bolo - Año Normal															
	Estación	Demanda	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Anual
GB 1	Los Minchos	Dh	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.120
		Oh	0.61	0.34	0.31	1.03	0.82	0.55	0.34	0.00	0.01	0.16	0.28	0.43	4.886
		IUA GB1	1.6%	2.9%	3.3%	1.0%	1.2%	1.8%	2.9%	>100%	>100%	6.2%	3.5%	2.3%	2.46%
GB 2	Puente Palmira-Pradera	Dh	3.5	3.3	3.6	3.3	3.4	3.3	3.7	3.8	3.6	3.5	3.3	3.5	41.800
		Oh	0.00	0.00	0.00	0.24	0.89	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.10	1.862
		IUA GB2	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%
GB 4	Puente Bolo - San Isidro - vía a Candelaria	Dh	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	4.900
		Oh	0.00	0.00	0.00	0.72	0.99	0.35	0.00	0.00	0.00	0.02	1.99	0.44	4.510
		IUA GB3	>100%	>100%	>100%	55.6%	40.4%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	20.1%	>100%	>100%
GB 5	Antes desemboca dura a Fraile en puente Recta Cali - Palmira	Dh	2.37	2.11	2.37	2.25	2.27	2.15	2.37	2.47	2.35	2.27	2.15	2.27	27.400
		Oh	0.00	0.00	0.00	1.37	1.14	0.36	0.00	0.00	0.00	0.43	2.74	0.47	6.508
		IUA GB4	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	79%	>100%	>100%
Total, Cuenca		Dh	6.28	5.82	6.38	5.96	6.08	5.86	6.48	6.68	6.36	6.18	5.86	6.28	74.220
		Oh	0.00	0.00	0.00	1.37	1.14	0.36	0.00	0.00	0.00	0.43	2.74	0.47	6.508
		IUA T	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%

2.7.2 Índice de retención y regulación hídrica IRH

El Índice de Retención y Regulación Hídrica IRH mide la capacidad de retención de humedad de las cuencas con base en la distribución de las series de frecuencias acumuladas de los caudales diarios. Expone la regulación del régimen de caudales, producto de la interacción del complejo suelo-vegetación con las condiciones climáticas y con las características físicas y morfométricas, permitiendo identificar zonas de mayor o menor capacidad de retener y regular el agua.

El IRH es evaluado con base en la curva de duración de caudales medios diarios (los que son excedidos en determinados porcentajes de tiempo), dado que esta relaciona mejor las características de la cuenca y del régimen hidrológico de los ríos en estados de niveles altos, medios y bajos (Pellecer, 1968 citado por Sánchez, 2010), por tanto, los datos medios diarios

de caudal son la base para la obtención y ajuste del indicador. En la *Tabla 2-15* se describen las categorías del IRH según el IDEAM (2013)

Tabla 2-15. Categorías de IRH de acuerdo con el IDEAM (2013)

IRH	Categoría	Características
>0,85	Muy alto	Capacidad de retención y regulación muy alta
0,75-0,85	Alto	Capacidad de retención y regulación alta
0,65-0,75	Medio	Capacidad de retención y regulación media
0,50-0,65	Bajo	Capacidad de retención y regulación baja
<0,50	Muy Bajo	Capacidad de retención y regulación muy baja

En la Tabla 2-16 se puede observar para los cuatro tramos del río Bolo, una clasificación del IRH como de muy BAJA capacidad para retener y regular el recurso hídrico. Esta clasificación está directamente relacionada con los usos y coberturas del suelo que desde la estación GB1 a la GB5, predominan el monocultivo de la caña y la franja forestal protectora es mínima con una dominancia de Caña Brava y algunos árboles dispersos en esta matriz.

Tabla 2-16. Valores de IRH por tramos para el río Bolo

Índice de retención y regulación hídrica IRH asociadas al río Bolo														
ID	Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Anual
GB1	Los Minchos	0,589	0,589	0,589	0,589	0,589	0,589	0,589	0,589	0,589	0,589	0,589	0,589	0,589
GB2	Puente Palmira-Pradera	0,617	0,617	0,617	0,617	0,617	0,617	0,617	0,617	0,617	0,617	0,617	0,617	0,617
GB3	Q. Agua Clara - Confluencia Río Bolo	0,592	0,592	0,592	0,592	0,592	0,592	0,592	0,592	0,592	0,592	0,592	0,592	0,592
GB4	Puente Bolo - San Isidro - vía a Candelaria	0,588	0,588	0,588	0,588	0,588	0,588	0,588	0,588	0,588	0,588	0,588	0,588	0,588
GB5	Antes desembocadura a Fraile en puente Recta Cali - Palmira	0,582	0,582	0,582	0,582	0,582	0,582	0,582	0,582	0,582	0,582	0,582	0,582	0,582

2.7.3 Índice de Aridez (IA)

El Índice de aridez -IA- caracteriza de forma cualitativa el clima, revelando el grado de suficiencia o insuficiencia de la precipitación para el sostenimiento de los ecosistemas de una región. Identifica áreas deficitarias o de excedentes de agua, calculadas a partir del balance hídrico superficial. Tiene como finalidad representar la disponibilidad natural de agua para el conjunto suelo-planta, señalando aquellas zonas en las que la cobertura vegetal es susceptible de presentar déficit de agua dadas las condiciones climáticas y las necesidades ideales de agua para su desarrollo.

En su cálculo se evalúa la relación entre a) la diferencia de la evapotranspiración potencial y real con b) la evapotranspiración potencial, representando el déficit de agua que puede tener una cobertura vegetal comparado con la disponibilidad plena de humedad que requiere para su desarrollo (estado óptimo o ideal de agua).

De acuerdo con la categorización relacionada en la Tabla 2-17, se estableció el estado de la presión sobre el recurso hídrico sobre el río Bolo.

Tabla 2-17. Rangos y categorías para la evaluación del Índice de Aridez en los Estudio Nacionales de Agua en el periodo 2014 a 2018

Categoría IA - ENA 2014-2018	Rango
Altamente deficitario de agua	>0.60
Deficitario de agua	0.50 -0.59
Entre moderado (normal) a deficitario de agua	0.40- 0.49
Moderado (Normal)	0.30 – 0.39
Moderado de exedentes de agua	0.20 – 0.29
Excedentes de agua	0.15 – 0.19
Alto excedentes de agua	<0.15

Los resultados del índice de aridez anual que se exponen en la Tabla 2-18, muestran que, en la cuenca alta del río Bolo, hasta el punto Los Minchos, la disponibilidad de agua es entre moderado a deficitario. Hacia la zona media hasta el tramo GB4 en la confluencia Aguacalara-Río Bolo y el puente Pradera - Palmira la producción de agua es moderada, algunas veces con excedentes de agua en los meses de enero a marzo, junio y julio, octubre y noviembre. En el punto GB5-Antes de la desembocadura a Fraile, zona baja de la subcuenca hay excedentes de agua.

Tabla 2-18. Índice de Aridez mensual por sectores en el río Bolo, año normal

Índice de Aridez mensual por sectores en el río Bolo IA asociadas al río Bolo															
ID	Estación	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Anua
GB1	Los Minchos	Normal	0,40	0,42	0,41	0,35	0,33	0,39	0,45	0,46	0,45	0,42	0,43	0,43	0,42
GB2	Puente Palmira-Pradera	Normal	0,27	0,28	0,27	0,21	0,18	0,24	0,297	0,32	0,32	0,30	0,31	0,31	0,28
GB3	Confluencias Ríos Bolo y Aguacalara	Normal	0,27	0,28	0,27	0,21	0,19	0,24	0,29	0,32	0,33	0,295	0,299	0,31	0,28
GB4	Puente Bolo - San Isidro - vía a Candelaria	Normal	0,27	0,28	0,27	0,21	0,19	0,24	0,29	0,32	0,33	0,30	0,30	0,31	0,28
GB5	Antes desembocadura a Fraile en puente Recta Cali - Palmira	Normal	0,08	0,10	0,10	0,08	0,07	0,07	0,11	0,14	0,12	0,13	0,13	0,27	0,11

Los resultados del índice de aridez anual para la cuenca del río Bolo muestran, que la zona alta tiende a ser deficitaria y el manejo del uso del suelo deberá considerar mejorar las áreas con coberturas arbóreas y disminuir las áreas en potreros para lograr un mejor balance hídrico incluso aguas abajo. Para la parte media el uso del recurso debe ser moderado para garantizar disponibilidad en el futuro (Tabla 2-19, Figura 2-7.).

Tabla 2-19. Índice de Aridez anual por sectores en el río Bolo

Nombre_F_2	Sector	IA Anual	Categoría IA
Limnógrafo CVC - Los Minchos	SB7	0,42	Moderado o Normal a deficitario de agua
Puente Pradera Palmira	SB8	0,28	Moderado o Normal
Puente Bolo - San Isidro - vía a Candelaria	SB9	0,28	
Puente Bolo - San Isidro - vía a Candelaria	SB10	0,28	
Antes desembocadura a Fraile en puente Recta Cali - Palmira	SB11	0,11	Altos excedentes de agua

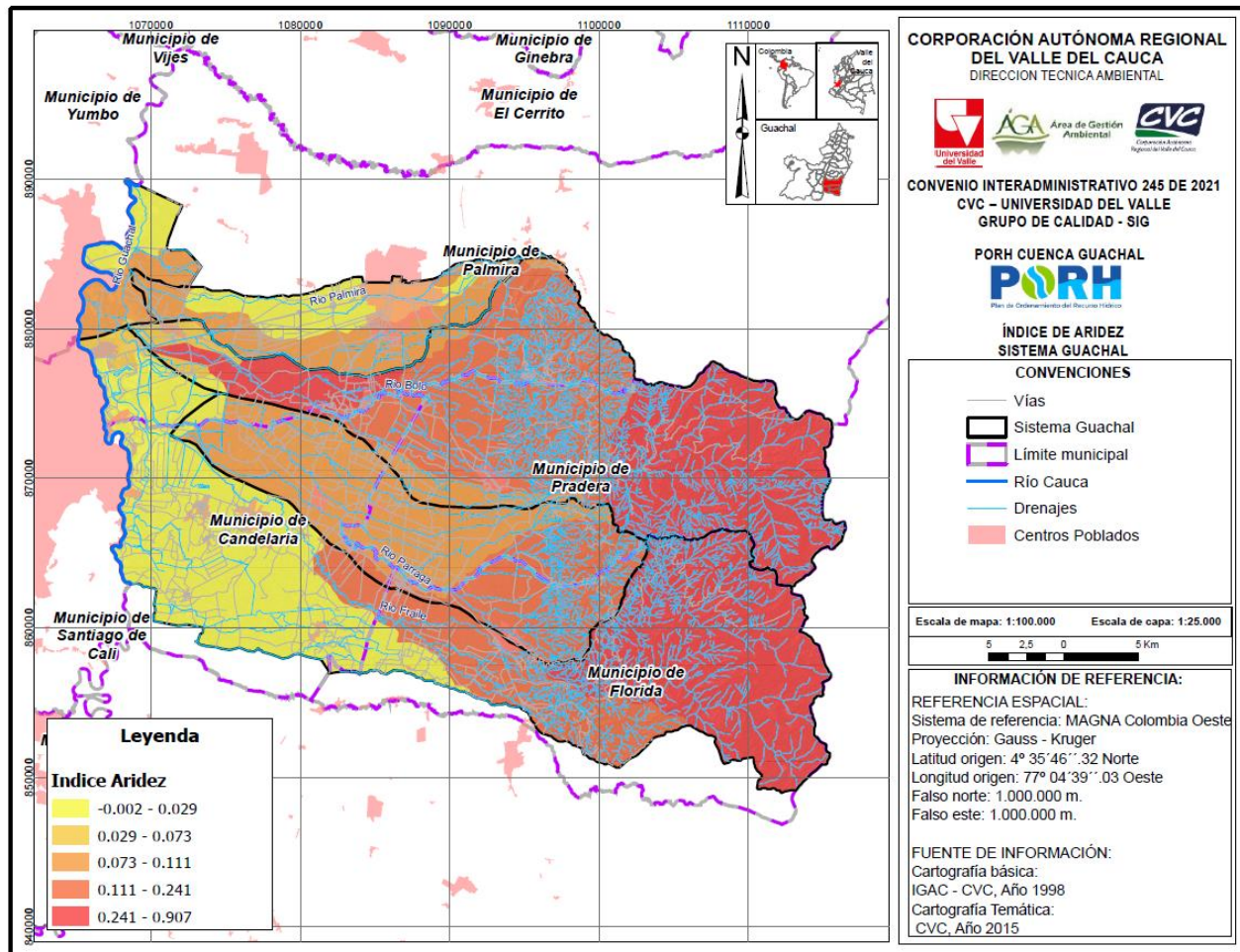


Figura 2-7. Mapa de Índice de aridez calculado para la cuenca del río Bolo

2.7.4 Índice de Vulnerabilidad por Desabastecimiento Hídrico (IVH)

El IDEAM y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible definen el IVH como un indicador que permite identificar el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta para el abastecimiento de agua ante amenazas como periodos largos de estiaje o eventos como el Fenómeno cálido del Pacífico (El Niño). Se calcula mediante la relación de los indicadores de regulación hídrica (IRH) y uso de agua (IUA), según la categorización establecida en el Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2014), como se muestra en la Tabla 2-20.

Tabla 2-20. Rangos y categorías del IUA y su relación con el IRH, que determinan el IVH por desabastecimiento

Matriz de Asociación Índice de Vulnerabilidad Hídrica por desabastecimiento IVH					
Índice de Uso del Agua IUA		Índice de Retención y Regulación Hídrica IRH			
Rango	Categoría	Alto	Moderado	Bajo	Muy bajo
>1	Muy bajo	Muy baja	Baja	Media	Media
1 - 10	Bajo	Baja	Baja	Media	Media
10 - 20	Medio	Media	Media	Alta	Alta
20 - 50	Alto	Media	Alta	Alta	Muy alta
50 - 100	Muy Alto	Media	Alta	Alta	Muy alta
>100	Crítico	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta

Fuente: IDEAM, 2014

El IVH para la subcuenca del río Bolo en año normal, muestra que en términos de oferta y demanda hídrica a partir del Punto GB2-Puente Palmira Pradera la subcuenca presenta condiciones de vulnerabilidad ALTA lo que genera alertas sobre la necesidad de plantear estrategias para regular el uso del agua en la subcuenca para evitar el desabastecimiento para las comunidades y limitantes drásticas de uso por el sector productivo (Tabla 2-21)

Tabla 2-21 Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico por tramos en el río Bolo para año normal

Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico IVH por tramos en el río Bolo asociadas al río Bolo año normal															
ID	Estación	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Anual
GB1	Los Minchos	Normal	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media
GB2	Puente Palmira-Pradera	Normal	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
GB4	Puente Bolo - San Isidro - vía a Candelaria	Normal	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Media	Media	Alta
GB5	Antes desembocadura a Fraile en puente Recta Cali - Palmira	Normal	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Alta

Para el año seco el IVH cambia a MUY ALTO en las estaciones GB3 hasta GB5, durante la mayor parte del año, lo que indica un mayor grado de fragilidad por desabastecimiento (Tabla 2-22).

Tabla 2-22. Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico por tramos en el río Bolo para año SECO

Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico IVH por tramos en el río Bolo asociadas al río Bolo año seco															
ID	Estación	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Anual
GB1	Los Minchos	Seco	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Muy Alta	Muy Alta	Media	Media	Media	Media
GB2	Puente Palmira-Pradera	Seco	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
GB4	Puente Bolo - San Isidro - vía a Candelaria	Seco	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
GB5	Antes desembocadura a Fraile en puente Recta Cali - Palmira	Seco	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta

2.8 Demanda hídrica total (DHT)

La Demanda Hídrica total cuantifica la suma del volumen de agua sustraído y utilizado para los

diferentes usos – consumo humano, ecosistémico y sectorial. De acuerdo con el Decreto 1075 de 2015 los usos del agua establecidos son consumo humano y doméstico, preservación de flora y fauna, agrícola, pecuario, recreativo, industrial, estético, pesca, maricultura y acuicultura, y navegación y transporte acuático.

La demanda hídrica de las actividades socioeconómicas se calcula a partir de la siguiente fórmula:

DH= UD+USS+UPFF+USA+USP+UR+USI+UE+UM+USAC+UNT+CR	
DH	Demanda hídrica de las actividades socioeconómicas y de los ecosistemas (Mm ³ /año)
UD	Consumo humano y uso doméstico (Mm ³ /año)
USS	Uso del sector servicios (Mm ³ /año)
UPFF	Preservación de los ecosistemas – fauna y flora (Mm ³ /año)
USA	Uso del sector agrícola (Mm ³ /año)
USP	Uso del sector pecuario (Mm ³ /año)
UR	Uso recreativo (Mm ³ /año)
USI	Uso del sector industrial (Mm ³ /año)
UE	Uso del sector energía (Mm ³ /año)
UM	Uso de la minería e hidrocarburos (Mm ³ /año)
USAC	Uso del sector pesca, maricultura y acuicultura (Mm ³ /año)
UNT	Uso para navegación y transporte (Mm ³ /año)
*CR	Caudal de retorno (Mm ³ /año)

*CR: “Corresponde al agua extraída no consumida y las aguas residuales tratadas o no tratadas generadas en el consumo de agua para uso humano o sectorial, conforman el caudal de retorno en los sistemas superficiales y subterráneos de agua, cuando esta es usada como insumo o materia prima retorna en mayor o menor proporción a los sistemas hídricos naturales, en un periodo de tiempo variable y no necesariamente en el mismo lugar en el que fue extraída” (IDEAM, 2015).

Para establecer la Demanda Hídrica Total para el río Bolo se consideraron los usos domésticos, industrial, agrícola y pecuario, cuyas expresiones matemáticas para su cálculo se detallan en la Tabla 2-23.

Tabla 2-23. Expresiones matemáticas para el cálculo de las demandas de uso de uso del agua a emplear en el sistema Guachal

Demanda de Agua	Descripción	Expresión Matemática	
Uso Doméstico (DUD)	Cantidad de agua consumida por la población urbana y rural para suplir sus necesidades, expresada en términos de volumen en metros cúbicos	DUD = Demanda per cápita urbana * habitantes urbanos + Demanda per cápita rural * # habitantes rurales	
Uso Industrial (DUI)	Cantidad de agua consumida por los diferentes sectores de la industria manufacturera y extractiva	$D_{ui} = \sum_{i=1}^n Vp_i * Fc_{ji}$	D_{ui} = Demanda de agua para uso industrial Vp_i = Volumen de producción según sector económico Fc_{ji} = Factor de consumo según sector económico

Demanda de Agua	Descripción	Expresión Matemática	
Uso Agrícola (DUA)	La principal fuente de agua para la agricultura es la precipitación, los volúmenes adicionales necesarios para el desarrollo de cultivos, deben ser previstos por sistemas de riego	$DUA = \sum_i^n D_{ua}^i$ $DUA = P - ETP * KC * A > 0$ No hay demanda $DUA = P - ETP * KC * A < 0$ Si hay demanda	D_{ua}=Demanda del ienésimo cultivo P=Precipitación anual ETP=Evapotranspiración potencial H_i=No. hectáreas cultivadas KC_i=Factor de consumo ienésimo cultivo N= No. de cultivos considerados
Uso Pecuario (DUP)	Es el resultado de multiplicar el volumen de producción de animales de importancia comercial, por un factor de consumo promedio aproximado	$D_{up} = \sum_{i=1}^n Vpa_i * Fca_i$	Vpa_i= Volumen de producción por tipo de animal industrial Fca_i= Factor de consumo según tipo de animal N= Representa el número de tipos considerados

2.8.1 Fuentes de información consultadas

Las fuentes de información consideradas para realizar el ejercicio incluyeron los usos del agua concesionada y área beneficiada reportadas en el esquema de distribución de la reglamentación vigente de cada fuente, resultados de la revisión de usuarios directos al cauce, los censos municipales pecuarios ICA 2022, el registro único ambiental manufacturero RUA manufacturero de la ANDI (2017), Boletín EAI DANE 2020, RUA manufacturero CVC 2020 en lo relacionado con volumen de agua consumido por municipio y volumen de agua consumido por actividad económica.

Para la demanda de uso doméstico se acogió la cobertura del sistema de abastecimiento de agua potable planteado para Candelaria desde la estructura del Acueducto Regional⁴ (Acuavalle, Hidro-Occidente) que tiene como fuentes hídricas además del río Bolo el río Fraile.

Considerando que los cauces de estudio cubren jurisdicción de varios municipios, se estableció el porcentaje que corresponde a cada municipio en la subcuenca del río Bolo y el porcentaje subcuenca del río Bolo (32,57%) con respecto de la cuenca Guachal como se resalta en la Tabla 2-24.

Tabla 2-24. Representación porcentual de cada municipio en el recorrido del cauce de los ríos que conforman el sistema Guachal, resaltando la composición del río Bolo

Río	Municipio	Área, ha	% subcuenca	% cuenca
Bolo	Pradera	26.847,10	65,47%	21,32%
	Florida	-	0,00%	0,00%
	Candelaria	1.482,50	3,62%	1,18%
	Palmira	12.677,20	30,91%	10,07%
	Total	41.006,80	100,00%	32,57%
Fraile	Florida	27.236,40	56,50%	21,63%

⁴ HIDRO-OCCIDENTE. Abastecimiento de agua potable para las poblaciones de Candelaria, Villagorgona y las comunidades en ruta de las conducciones. Informe de Diseño. Acuavalle 2006

Río	Municipio	Área, ha	% subcuenca	% cuenca
	Pradera	-	0,00%	0,00%
	Candelaria	17.640,60	36,59%	14,01%
	Palmira	3.330,60	6,91%	2,65%
	Total	48.207,60	100,00%	38,29%
Párraga	Candelaria	6.963,00	31,37%	5,53%
	Florida	5.598,90	25,22%	4,45%
	Palmira	1.029,90	4,64%	0,82%
	Pradera	8.606,80	38,77%	6,84%
	Total	22.198,60	100,00%	17,63%
Palmira	Palmira	9.600,20	100,00%	7,63%
Guachal	Palmira	4.883,90	100,00%	3,88%
	Total	125.897,10		100%

Los datos de población utilizados corresponden a la proyección DANE para el año 2023, a partir del ajuste al Censo 2018 para el Valle del Cauca (Tabla 2-25).

Tabla 2-25. Población 2023 municipios que conforman el sistema Guachal

Municipios	Cabecera Municipal	Centros Poblados y Rural Disperso	Total
Florida	41,249	17,150	58,399
Candelaria	26,019	67,913	93,932
Pradera	43,235	6,062	49,297
Palmira	285,389	73,506	358,895
Total	395,892	164,631	560,523

Fuente: (DANE 2020)⁵

De los censos ICA 2022 se presenta las poblaciones de porcinos, aves, bovinos, búfalos, caprinos, ovinos y equinos en la Tabla 2-26, y en la Tabla 2-27 se indican los requerimientos de agua para la población pecuaria.

Tabla 2-26. Poblaciones pecuarias por municipios

Municipio	Porcinos	Aves	Bovinos	Equinos	Caprinos	Ovinos	Búfalos
Florida	6654	268950	5175	340	4	89	0
Candelaria	187743	5334200	3284	450	28	153	1
Pradera	3888	1523100	7459	500	60	191	47
Palmira	206257	4026300	20157	1024	78	1077	145

Fuente: (Censos ICA 2022)

⁵ Proyección de población a nivel municipal período 2020-2035 (DANE 2020)

<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>

Tabla 2-27. Dotaciones pecuarias

Bovino	Edad	Rango de consumo (L/día-animal)	Promedio (L/día-animal)	Porcino	Consumo diario de agua (L/día)
Terneros	0-1	4-18	11	Verraco	10-15
Novilla	1-3	18-30	24	Marrana en gestación	10-17
Vaca de leche	3-10	40	40	Marrana en lactancia	20-30
				Lechones destetados	2-4
				Lechones en crecimiento	6-8
<i>Fuente: Molina Benavidez, 2011</i>				<i>Fuente: FAO 2000</i>	
Equino 20 a 60 L/día <i>Fuente: (Vaccaro, Dillon, Fernández 2014)</i>				Aves	Modulo consumo (L/día-100 animales)
Ovinos 3 a 8 L/día <i>Fuente (FAO 2000)</i>				Pollos y gallinas	2,40
				Patos	3,70
				Pavos	6,50
				Codornices	0,58
				<i>IDEAM 2010</i>	

En la Tabla 2-28 se recogen los volúmenes (m³) de agua consumidos por el sector manufacturero de los municipios del sistema Guachal de acuerdo con lo reportado por El Registro Único Ambiental-RUA, CVC 2020.

Tabla 2-28. RUA Sector Manufacturero – Volumen de agua consumido por municipio m³

Municipio	Acueducto municipal/ Veredal	Acueducto privado	Aguas subterráneas ⁶	Arroyo	Carro tanque	Qda	Rio	Total
Florida	15,74	0,00	260,00	0,00	0,00	0,00	0,00	275742,00
Candelaria	79685,13	4,22	3504444,87	0,00	75,00	0,00	42,00	3588,47
Pradera	2,87	0,00	313,96	373,96	0,00	0,00	3365,670	4056,466
Palmira	11552,40	121310,15	3996112,34	0,00	0,00	6,45	821,62	5061016,89

(CVC 2018)

Para establecer la demanda agrícola se calculó la Evapotranspiración de referencia (ET₀) por cada tramo del cauce del río Bolo, a partir de la ecuación Penman-Monteith y Thornwaite. Los resultados se registran en la Tabla 2-29. En la Figura 2-8 se presenta el mapa del comportamiento de la evapotranspiración para la cuenca del sistema Guachal.

⁶ Pozo/Acuífero

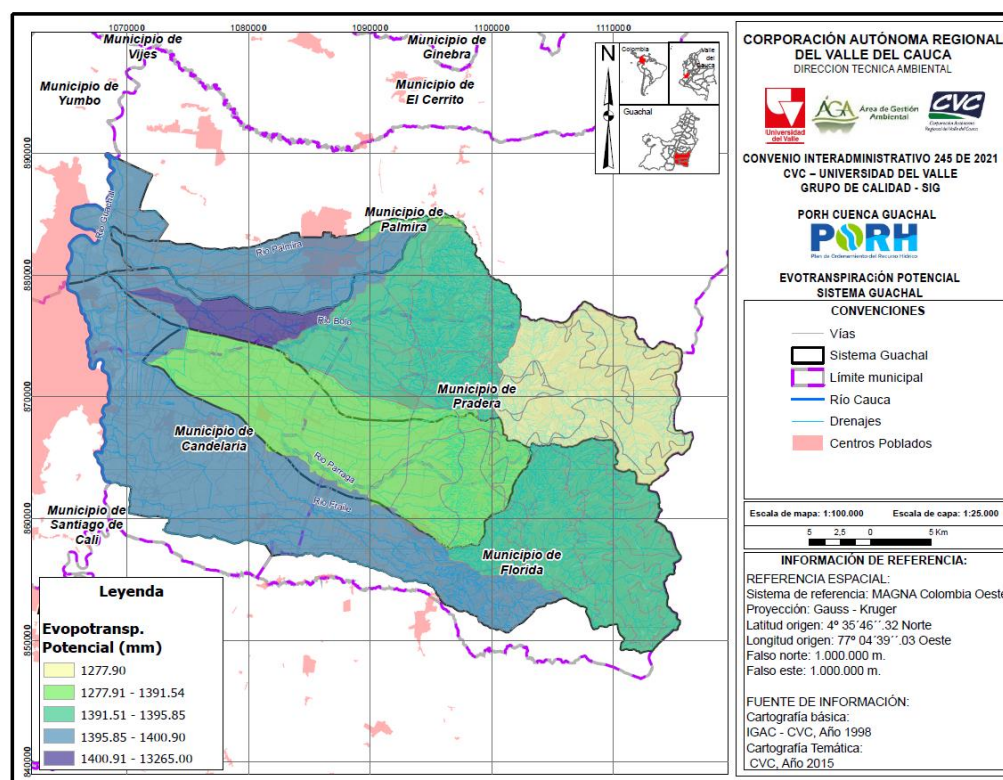


Figura 2-8. Mapa con la distribución de la Evapotranspiración de referencia (ET_0 , mm) anual para el sistema Guachal

Tabla 2-29. Evapotranspiración de referencia (ET_0 , mm) por tramos de los cauces

ET0 RÍO BOLO														
Tramos		Meses												
Desde	Hasta	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Antes de Los Minchos	Los Minchos	98.4	91.6	102.6	93.5	94.8	96.2	106.3	110.8	103.5	99.1	92.8	99.2	1188.6
Los Minchos	Puente Pradera-Palmira	108.3	101.7	112.8	104.2	105.1	103.8	115.0	119.2	111.8	108.9	103.7	110.0	1298.2
Puente Pradera-Palmira	Puente Bolo San Isidro	109.2	101.5	113.5	104.0	105.5	105.3	114.0	117.8	111.7	108.8	101.1	129.7	1309.8
Puente Bolo San Isidro	Recta Cali-Palmira	113.5	104.3	114.0	106.8	108.3	105.0	118.2	120.8	114.9	110.4	103.0	111.7	1331.0

2.8.2 Demanda de uso doméstico – DUD del río Bolo

El río Bolo es fuente abastecedora de la zona urbana de Pradera, pequeños sistemas de abastecimiento y, en el marco del Acueducto Regional cubre los requerimientos de la zona urbana de Candelaria. La Tabla 2-30 muestra la población asociada según las proyecciones del DANE y Acuavalle

Tabla 2-30. Poblaciones abastecidas por el sistema de acueducto del río Bolo

Sitio	Población 2023 (hab)	Dotación L/hab-día
Corregimiento Arenillo	260	100
Corregimiento Bolo Blanco	140	100
Corregimiento El Recreo	1056	100
Corregimiento La Feria- Planada	218	100
Corregimiento Lomitas	1228	100
Pradera ZU	43,235	135
Candelaria ZU	26,019	135

Acorde con el artículo 32 de la Res. 844 de 2018, sobre abasto de agua para zonas rurales, establece un rango de dotación neta entre 20 L/hab*día a 200 L/hab*día, diferenciando el volumen para consumo humano, uso doméstico y la de subsistencia de la familia rural. Por otra parte, el artículo 43 de la Resolución 0330 de 2017 en la cual se define la dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida, establece >2000 msnm, la dotación máxima es de 120 L/hab-día, entre 1000-2000 msnm la dotación máxima 135 L/hab-día y <1000 msnm la dotación máxima es de 140 L/hab-día

De acuerdo con lo anterior y lo establecido por el RAS para clima cálido los sistemas de abastecimiento Arenillo, Bolo Blanco, El Recreo, La Feria Planada, Lomitas, se determinan una dotación de 100 L/hab-día, y para el sistema de Acueducto Regional Florida-Pradera-Candelaria con una dotación de 135 L/hab-día.

En la *Tabla 2-31* *Tabla 2-16* *Tabla 2-16* se indican las demandas de uso doméstico DUD mes a mes y anual del río Bolo en Mm³.

Tabla 2-31. Demanda de Uso Doméstico DUD sobre el Río Bolo (Mm³/mes) año 2023

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Rio Bolo	0.30	0.27	0.30	0.29	0.30	0.29	0.30	0.30	0.29	0.30	0.29	0.30	3.52

En la *Figura 2-9*, se puede observar el mapa con la distribución de consumo de agua para el uso doméstico para el río Bolo.

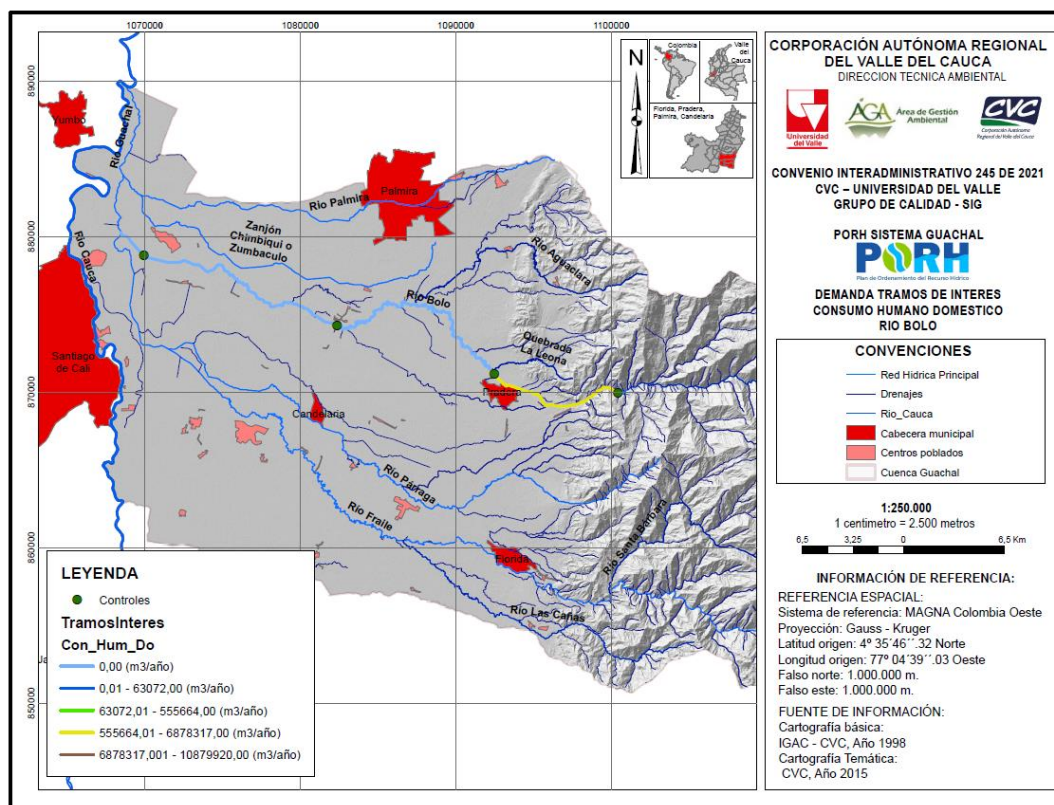


Figura 2-9. Mapa de consumo de uso doméstico en el río Bolo por tramos

2.8.3 Demanda de uso agrícola - DUA del río Bolo

Con las áreas de uso agrícola definidas por tramos en cada uno de los cauces, los EVT_0 y asumiendo K_c de la caña, se realizó el cálculo de la DUA en Mm^3 (Tabla 2-32).

Tabla 2-32. Demanda Uso Agrícola – DUA- por tramos del río Bolo (Mm^3 /mes), año medio

Desde	Hasta	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Los Minchos	Pte. Pradera-Palmira	3,5	3,3	3,6	3,3	3,4	3,3	3,7	3,8	3,6	3,5	3,3	3,5	41,8
Pte. Pradera-Palmira	Pte. Bolo San Isidro	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	4,9
Pte. Bolo San Isidro	Recta Cali-Palmira	1,7	1,5	1,7	1,6	1,6	1,5	1,7	1,8	1,7	1,6	1,5	1,6	19,5

En la Figura 2-10, se puede observar el mapa con la distribución de consumo de agua para el uso agrícola, para el río Bolo y los demás ríos que conforman el sistema Guachal.

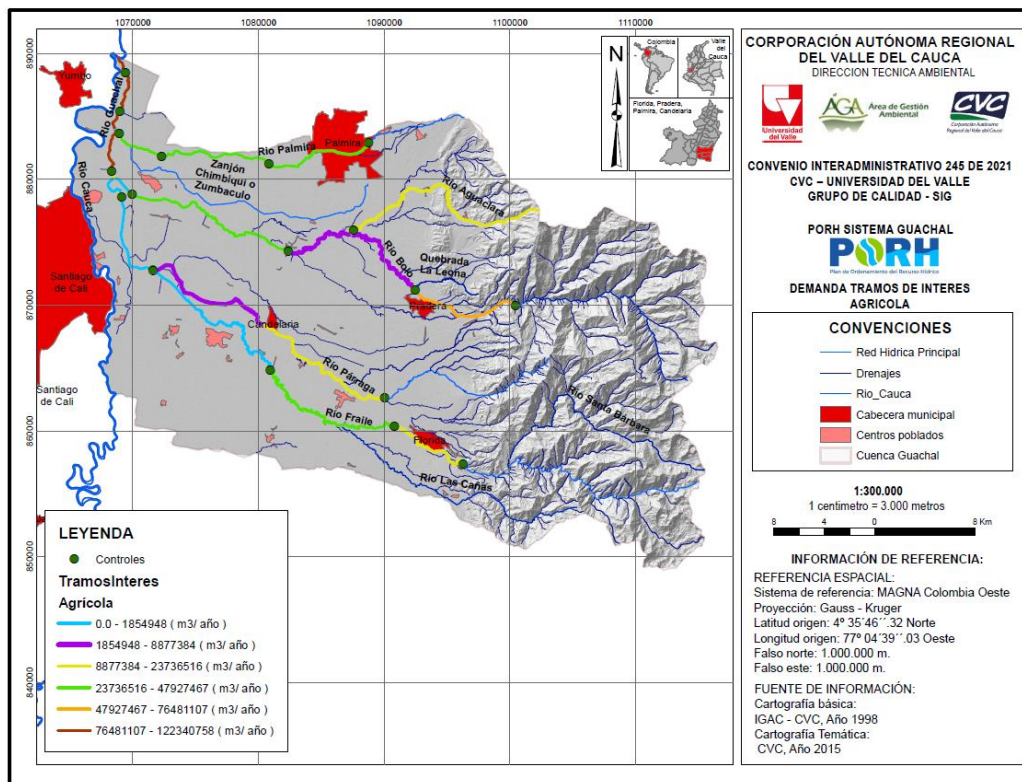


Figura 2-10. Mapa de distribución de consumo de agua en m³/año para uso agrícola en el Sistema Guachal incluido el río Bolo

2.8.4 Demanda de Uso de Agua Pecuario DUP

Con los insumos definidos se realizó el cálculo de la DUP sobre el río Bolo empleando la fórmula descrita en la Tabla 2-23, para cada una de las especies tal como se observan en la Tabla 2-33.

Tabla 2-33. Demanda de uso pecuario -DUP- asociadas a la cuenca del río Bolo (Mm³/mes)

Demanda de uso pecuario -DUP- asociadas a la cuenca del río Bolo (Mm³/mes)													
Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Los Minchos	0.007	0.006	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.08
Puente Palmira-Pradera	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.01
Puente Bolo - San Isidro - vía a Candelaria	0.005	0.004	0.005	0.004	0.005	0.004	0.005	0.005	0.004	0.005	0.004	0.005	0.05
Antes desembocadura a Fraile en puente Recta Cali – Palmira	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.05

En la Figura 2-11, se puede observar el mapa con la distribución de consumo de agua para el uso pecuario para el río Bolo y los demás ríos que conforman el sistema Guachal.

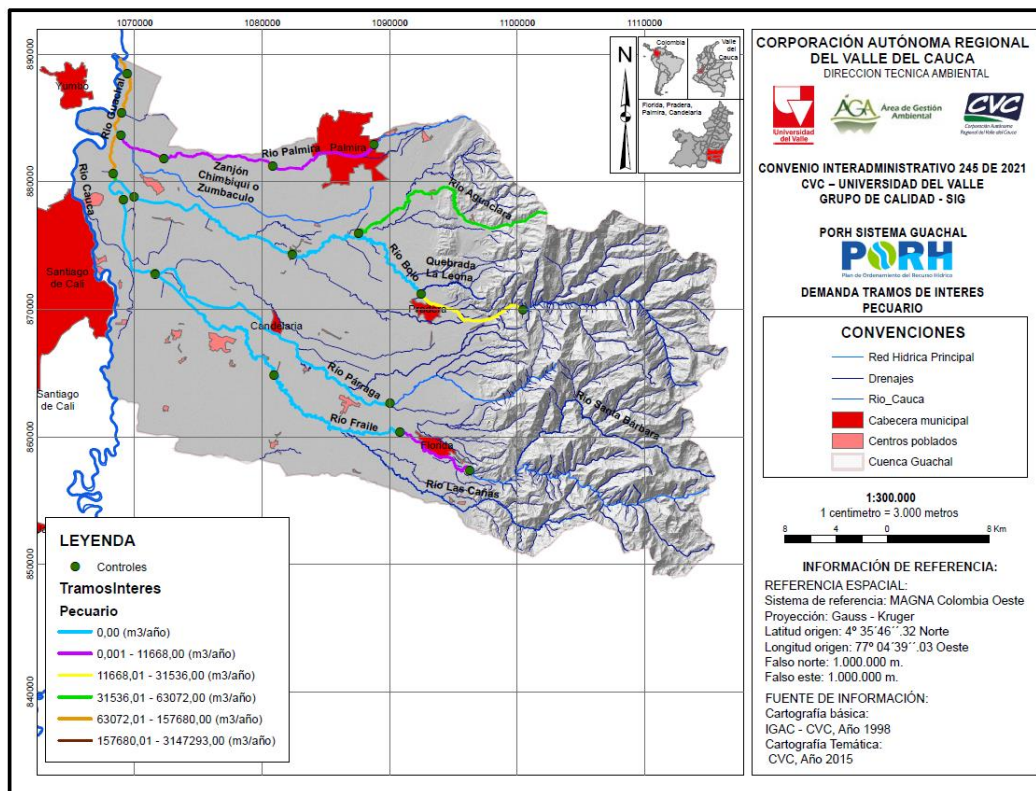


Figura 2-11. Mapa de consumo de agua para uso pecuario por tramos para los ríos del sistema Guachal

2.8.5 Demanda de Uso de Agua Industrial DUI

La Tabla 2-34 indica la DUI calculada desde el volumen de agua consumido por el sector industrial de acuerdo con el RUA 2020 (CVC).

Tabla 2-34. Demanda de uso industrial -DUI- asociadas al río Bolo (Mm³/mes)

Río	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Bolo	0.369	0.334	0.369	0.357	0.369	0.357	0.369	0.369	0.357	0.369	0.357	0.369	4.35

En la Figura 2-12, se puede observar el mapa con la distribución de consumo de agua para el uso industrial para el río Bolo y los demás ríos que conforman el sistema Guachal.

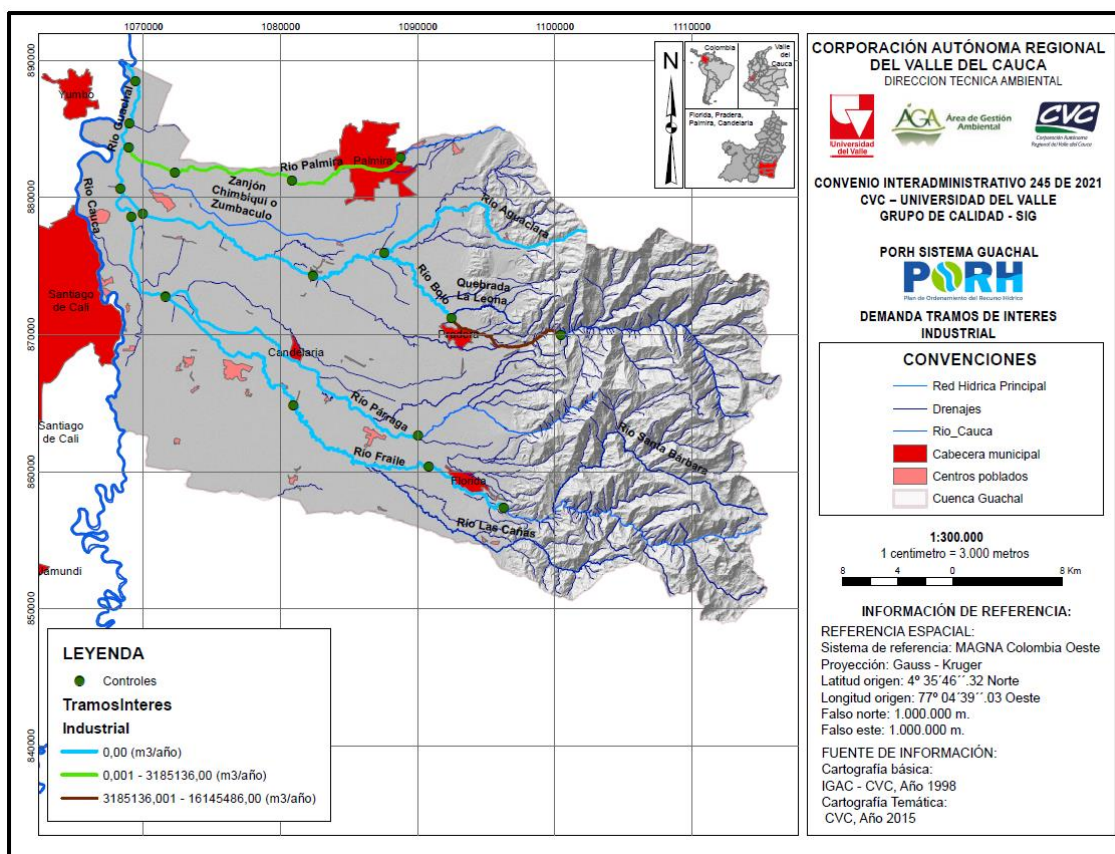


Figura 2-12. Mapa de consumo de agua para uso industrial por tramos para los ríos del sistema Guachal

2.8.6 Demanda hídrica total – DHT del río Bolo

En la Tabla 2-35 se muestran los resultados de la Demanda Hídrica Total por estación y para toda la subcuenca del río Bolo.

Tabla 2-35. Demanda Hídrica Total subcuenca río Bolo (Mm³/mes)

Demanda Hídrica Total Subcuenca río Bolo (Mm³/mes)															
ID	Estación	Demanda	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Anual (2024)
GB1	Los Minchos	*DUPec	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08
		Dh GB1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08
GB2	Puente Palmira-Pradera	DUAgr	3,500	3,300	3,600	3,300	3,400	3,300	3,700	3,800	3,600	3,500	3,300	3,500	41,80
		*DUPec	0,001	0,010	0,010	0,010	0,010	0,011	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,01
		Dh GB2	3,511	3,310	3,611	3,311	3,411	3,311	3,711	3,811	3,611	3,511	3,311	3,511	41,81
GB4	Puente Bolo - San Isidro - vía a Candelaria	DUAgr	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,500	4,90
		*DUPec	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,05
		Dh GB3	0,458	0,452	0,458	0,456	0,458	0,456	0,458	0,458	0,456	0,458	0,456	0,558	4,95
GB5		DUDom	0,299	0,270	0,299	0,289	0,299	0,289	0,299	0,299	0,289	0,299	0,289	0,299	3,52

ID	Demanda Hídrica Total Subcuenca río Bolo (Mm3/mes)														
	Estación	Demanda	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Anual (2024)
	Antes desembocadura a Fraile en puente Recta Cali - Palmira	DUAgr	1,700	1,500	1,700	1,600	1,600	1,500	1,700	1,800	1,700	1,600	1,500	1,600	19,50
		*DUPec	0,032	0,029	0,032	0,031	0,032	0,031	0,032	0,032	0,031	0,032	0,031	0,032	0,05
		DUInd	0,369	0,334	0,369	0,357	0,369	0,357	0,369	0,369	0,357	0,369	0,357	0,369	4,35
		Dh GB4	2,400	2,133	2,400	2,277	2,300	2,177	2,400	2,500	2,377	2,300	2,177	2,300	27,41
Total, Cuenca		DUDom	0,299	0,270	0,299	0,289	0,299	0,289	0,299	0,299	0,289	0,299	0,289	0,299	3,52
		DUAgr	5,600	5,200	5,700	5,300	5,400	5,200	5,800	6,000	5,700	5,500	5,200	5,600	66,20
		*DUPec	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,19
		DUInd	0,369	0,334	0,369	0,357	0,369	0,357	0,369	0,369	0,357	0,369	0,357	0,369	4,35
		DhT	6,454	5,972	6,554	6,126	6,254	6,026	6,654	6,854	6,526	6,354	6,026	6,454	74,26

*Demanda calculada desde la estación los Minchos hasta la recta Cali-Palmira

2.9 Usos y usuarios del agua

Los usos y usuarios del agua se identificaron a partir de la revisión de información histórica de las captaciones, el esquema de distribución y reglamentación del río Bolo (Resolución 0100 No. 0600- 0652 de 2012), los monitoreos de calidad de agua y vertimientos del período 1996 -2022, los registros base de autoliquidación de tasa retributiva de las empresas años 2018, 2019 y 2020, registros base del cobro de tasa por uso. En campo se realizaron recorridos de reconocimiento general, identificación de los sitios de derivación del flujo sobre el cauce principal, infraestructura de ocupación de cauce y vertimientos, sistemas de abastecimiento y PTAP, sistemas de tratamiento de aguas residuales, actividades de extracción, de aprovechamiento y de explotación de materiales de arrastre, entre otros. Esta información se complementó con información secundaria y con la recopilada en los talleres de participación con actores sociales durante la fase de diagnóstico.

Los usos identificados se describen por tramos definidos por puntos de monitoreo tal como se detalla en la Tabla 2-36

Tabla 2-36. Usos identificados por tramos en el río Bolo

Tramo	Descripción	Longitud (Km)	Usos Identificados
1	Desde el punto de monitoreo GB1 - Limnógrafo CVC - Los Minchos en el kilómetro 20.3, hasta el punto de monitoreo GB2 - Puente Pradera Palmira en el kilómetro 30.2	6,25	Desde el punto GB1 hasta la quebrada Salsipuedes, los usos principales del recurso hídrico son: Humano y doméstico, recreativo, agrícola, pesca, conservación de Flora y fauna
		3,65	Desde la quebrada Salsipuedes hasta el punto GB2, se mantienen los usos: agrícola, pecuario y paisajístico
2	Desde el punto de monitoreo GB2 - Puente Pradera Palmira en el kilómetro 30.2, hasta antes de la desembocadura de la quebrada Agua Clara sobre el río Bolo en el kilómetro 40	9,8	Usos Agrícola y pecuario

Tramo	Descripción	Longitud (Km)	Usos Identificados
3	Desde antes de la desembocadura de la quebrada Agua Clara sobre el río Bolo en el kilómetro 40, hasta el punto de monitoreo GB4 - Puente Bolo - San Isidro - vía a Candelaria en el kilómetro 49.2	9,2	Usos agrícola y pecuario
4	Desde el punto de monitoreo GB4 - Puente Bolo - San Isidro - vía a Candelaria en el kilómetro 49.2 hasta la desembocadura sobre el río Fraile en el kilómetro 67.1	17,9	Uso agrícola, pecuario e industrial
Longitud total río Bolo		46,8	

2.9.1 Censo de usuarios

El censo de usuarios es parte esencial del PORH, lo constituye la identificación de la cantidad de usuarios del recurso a lo largo de las cuencas estudiadas, así como su condición de intervención, sea está a nivel de captación o vertimiento, bajo una situación de localización geográfica específica. El censo de usuarios se constituye en la base de referencia, para determinar la cantidad de usufructuarios o beneficiarios, así como los usos específicos que hacen del recurso hídrico.

Específicamente para el río Bolo, el tramo de interés para el PORH desde la estación Los Minchos hasta la confluencia con el río Fraile y configuración del río Guachal, se identificaron las captaciones directas: seis (6) derivaciones y tres (3) acueductos. Además, se identificaron dos (2) sitios de extracción de material de arrastre, obras de ocupación de márgenes, ocho (8) vertimientos de centros poblados incluido la PTAR de la zona urbana de Pradera y vertimientos por actividades productivas.

2.9.1.1 Captaciones del recurso hídrico superficial del río Bolo

Las captaciones directas sobre el río Bolo son 88, de estas, seis (6) corresponde a las derivaciones D1-Acequía Lomitas, D2-Acequía El Tablón, D3-Zanjón Guabinas, D4-Zanjón Bolito, D5-San Pablo y D6-Acequía Dos Ceibas; 35 captaciones están a cargo de personas jurídicas y 47 captaciones a cargo de personas naturales (Tabla 2-37, *Tabla 2-38*). Sus principales características se recogieron el Formato RURH con la información completa de usuario, predio y captación. En la Figura 2-13 se presenta la ubicación de las captaciones directas. En la Tabla 2-39 se identificaron 6 derivaciones sobre el río Bolo con su respectiva localización.

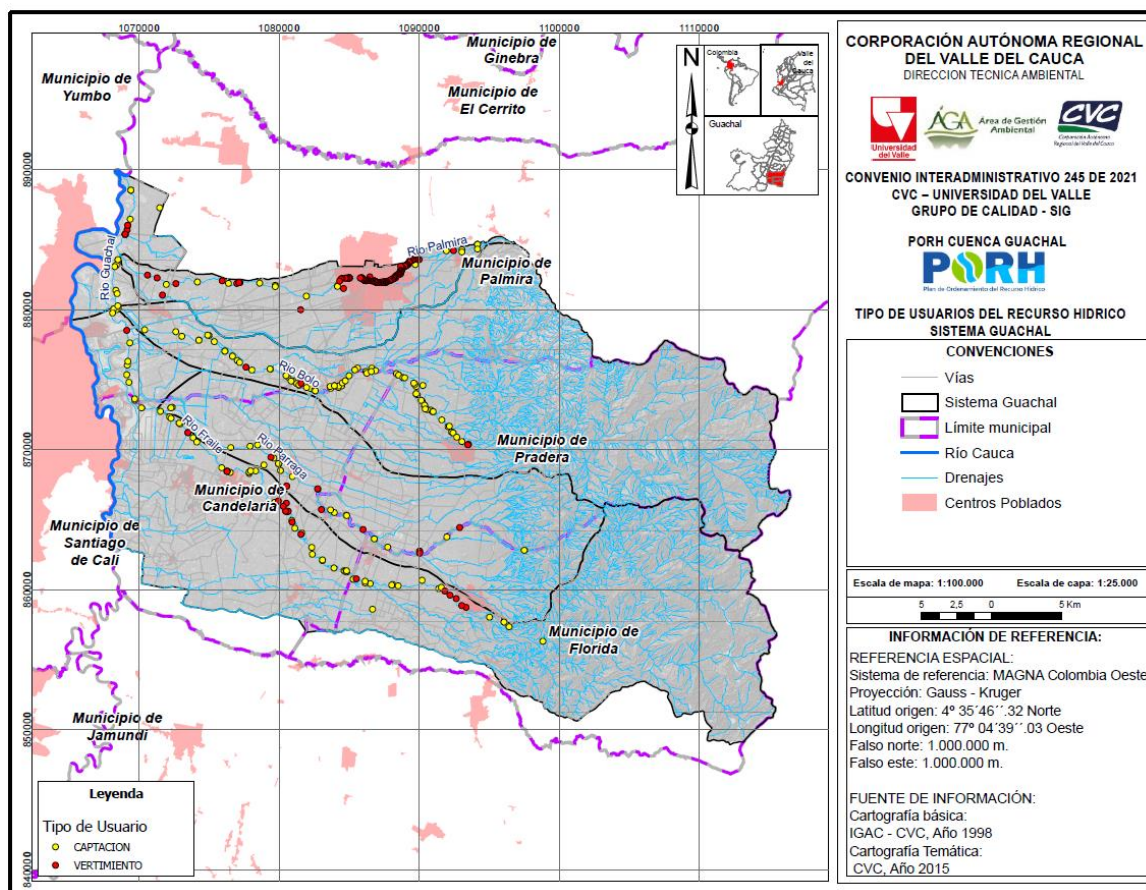


Figura 2-13. Ubicación captaciones directas sobre tramo PORH del río Bolo

Tabla 2-37 Listado de usuarios personas jurídicas

No.	Usuario	Nombre del Predio	Coordenadas *	
			Este	Norte
1	Riopaila Castilla S.A.	Leona No 2	1093056.81	870581.89
2	Ingenio Mayagüez S.A.	La Leona 2	1092689.77	870896.70
3	Ingenio Mayagüez S.A.	La Leona 1	1092158.74	871679.02
4	R.G & CIA SAS	El Porvenir	1091000.57	872724.54
5	Domínguez Navia S.A. (Antes Héctor González y Cía.)	La Sinforosa	1090441.96	872908.25
6	Agropecuaria Vélez y CIA LTDA - Javier Baena Vélez -	La Lorena Vélez	1090391.05	873098.16
10	Agropecuaria Vélez y CIA LTDA - Javier Baena Vélez	La Lorena Vélez	1089864.95	873930.11
8	Agropecuaria Vélez y CIA LTDA - Javier Baena Vélez	La Lorena Vélez	1090219.31	873468.12
7	Ingenio Providencia S.A.	Cantalamota	1090393.75	873180.41
9	Agrícola San Felipe S.A.	San Camilo	1090145.37	873527.46
11	Ingenio Mayagüez S.A.	San Francisco	1088849.03	875149.47
12	Ingenio Mayagüez S.A.	El Rinconcito	1088533.93	875326.08
13	Ingenio Mayagüez S.A.	Chaparral	1086584.94	875583.90
14	Sociedad Hernán Ocampo y Hnos.	La Selva	1086259.09	875462.58
15	Mayagüez S.A. (Antes Balsora y Cía)	Hacienda Balsora Rivera	1084998.19	875281.61

No.	Usuario	Nombre del Predio	Coordenadas *	
			Este	Norte
16	Sucroagro	Galicia Reyes	1082587.04	874205.52
17	Echeverry Monsalve S en C	Patolandia	1082523.13	874252.89
18	Agropecuaria de Occidente	La Lorena	1081962.75	874443.92
19	Agropecuaria de Occidente	La Lorena	1081421.44	874635.66
20	Agroaraki	Villa Teresita y Las Mercedes 2	1080861.89	874904.84
21	Agromercol S.A.	El Palmar 1	1079388.95	875747.90
22	Agromercol S.A.	El Palmar 2	1079356.11	875768.66
23	Ingenio Providencia S.A.	El Palmar	1078062.59	875690.52
24	Hernando Nakata y Cía.	Hacienda San Gerardo Fumie	1077187.84	876237.56
25	Julián y Gilberto de los Ríos	La Isabela y San Gerardo	1077021.04	876368.74
26	Inversiones Duque A. & Cía (Antes Agropecuaria del Valle)	El Jagual	1076704.08	876509.97
27	Agropecuaria Mirriñaque Ulloa y Cía.	Mirriñaque Ulloa	1076676.54	876676.26
28	Agrochircal SAS (Antes Borja Dannis y Cía. S en C)	Bufalo	1076129.92	877037.05
29	Agrochircal SAS (Antes Borja Dannis y Cía. S en C)	El Encanto	1076129.92	877037.05
30	H. Muncheseyer Siembras	La Esperanza	1074983.82	878159.09
31	H. Muncheseyer Siembras	Santa Marta	1074983.82	878159.09
32	Yundecito SA (Antes Herederos Luis Carlos Varela)	Yundecito	1074905.60	878181.34
33	Yundecito SA	Potrero Bryon	1072747.64	878407.19
34	Agroguachal S.A.	San Pablo	1072625.30	878425.91
35	Agrochircal SAS (Antes Borja Dannis y Cía. S en C)	Las Vegas	1070408.59	878564.26

(1) Sistema de referencia: Magna Colombia Oeste

Tabla 2-38. Listado de usuarios personas naturales

No.	Usuario	Predio	Coordenadas *	
			Este	Norte
1	Carlos Vivero S	La Virgen 1	1092426.01	871202.54
2	Eduardo López	La Virgen 2	1092426.01	871202.54
3	Liliana Gómez	La Camila	1092326.13	871265.82
4	Miguel Ángel Tascón	El Fresal	1092317.90	871273.55
5	Liliana Chávez	Las Brianitas	1092067.57	871644.33
6	Federico Rojas Ocampo	El Madroño, La Esperanza y Los Alpes	1091619.81	872129.66
7	Oscar Molina	La Bertina	1090990.00	872696.23
8	German Borrero	Alsacia	1090836.05	872821.10
9	Oscar Molina	Sirata	1090567.38	872869.53
10	Diego Vargas	Los Escobares	1089786.00	873998.92
11	Guillermo Serrano	Los Serranos	1089788.60	873998.92
12	Fabio Rodrigo López Madriñán	Bellavista López	1089063.14	875114.30
13	German Borrero	Verdum	1089797.09	874516.71
14	Rubria Plaza de Madriñán	Campoalegre y Buenos Aires	1089704.79	874671.81
15	Jesús Antonio Pineda	Bellavista Pineda	1088533.93	875326.08
16	Martha Lucia López de Hoyos	Veracruz	1089621.63	874758.10
17	Martha Hurtado de Reyes e Hijos	Arauca	1088974.45	875138.76
18	Jesús Antonio Pineda	Bellavista Pineda	1089690.99	874669.45
19	Gladis Guevara Penagos	Santa Clara	1088383.58	875437.08
20	Herederos Díaz Oyola	Bolo Club	1086889.18	875647.05
21	Maria Mónica Takegami	Tierra Grata	1086618.83	875827.23
22	Oscar Matta Maya	El Socorro	1081420.73	874620.43
23	Maria Mónica Takegami	La Eterna	1085602.22	875835.01

No.	Usuario	Predio	Coordenadas *	
			Este	Norte
24	Amparo Takegami	La Italia	1085406.96	875700.17
25	Jesús María Urrego	Padua	1084733.07	874919.70
26	Consuelo Pillimue	La Esperanza	1084517.25	874768.74
27	William Tanaka	La Colmena	1084478.91	874562.86
28	Herederos Volmer Antonio Cabal	La Trinidad	1084256.02	874548.44
29	José Asnorald Escandón	Ceílán	1083694.68	874382.78
30	Adriana Patricia Mejía Hoyos e Hijos	María Antonia	1083949.83	874566.29
31	Adriana Patricia Mejía Hoyos e Hijos	OLRM	1083949.83	874566.29
32	Adriana Patricia Mejía Hoyos e Hijos	APM	1083642.82	874515.30
33	José Asnorald Escandón	Ceílán	1084254.80	874440.31
34	José E. Romero	La Palma Romero	1082239.70	874373.47
35	Teresa Vallejo	La Tulia	1081438.52	874606.64
36	María Eugenia Giraldo	El Socorro	1081420.73	874620.43
37	Rebeca Molano de Pava	Las Mercedes 1	1081262.72	874727.75
38	Rodrigo y Luis Miguel Madriñán	Las Mercedes 3	1081262.72	874727.75
39	Álvaro José Correa	Bolo California 1	1080989.24	874912.45
40	Francisco Uribe Azcárate	Malagana	1080641.91	875197.95
41	Jaime Dorronsoro	La Palomera	1080537.46	875319.63
42	Jaime Dorronsoro	La Palomera	1080498.50	875295.58
43	Julio Tanaka Nakata -	Kitsuka	1076676.54	876676.26
44	Jorge Varela Lourido -	Lisboa	1074271.94	877819.83
45	Ricaute Tanaka e Hijos -	El Recreo	1075371.78	877716.30
46	Herederos Alejandro Vélez	Maravelez 1	1068517.92	880107.53
47	Herederos Alejandro Vélez	Maravelez 2	1068513.71	880127.64

(1) Sistema de referencia: Magna Colombia Oeste

Tabla 2-39 Derivaciones del río Bolo

Derivación/Margen		Coordenadas *		Elevación	Sector/Hacienda	Observación
		Norte	Oeste			
D1	Izq.	1098841.74	869808.88	1335	El Placer	-
D2	Der	1098546.15	869637.81	1286	-	-
D3	Izq.	1097222.65	869017.59	1242	-	Gaviones margen izquierda
D4	Izq.	1095896.30	869154.32	1150	Cantahondo	Canal Acueducto Acuavalle
D5	Izq.	1072614.28	878455.89	955	San Pablo	
D6	Der.	1072605.94	878459.88	955	La Palmera	

(1) Sistema de referencia: Magna Colombia Oeste

2.9.1.2 Vertimientos al recurso hídrico superficial del Río Bolo

En el tramo en ordenamiento del río Bolo se han identificado cuatro vertimientos directos: el proveniente de la cabecera municipal de Pradera a través del colector Las Vegas; el de los barrios Marsella, Primero de Mayo, Las Vegas y La Playita; el generado por la porcícola Agropecuaria de Occidente S.A. (predio La Lorena); y el vertimiento del canal receptor del CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). La localización geográfica de los puntos de vertimiento se lista en la Tabla 2-40 y en la Figura 2-14Figura 2-13.

Tabla 2-40. Listado de los vertimientos asociados con la cuenca del río Bolo

Vertimiento	Coordenadas *	
	Norte	Oeste
Cabecera municipal Pradera - Colector Las Vegas	1093522.47	870383.15
Barrios Marsella, Primero de Mayo, Las Vegas y La Playita	1093483.30	870347.18
Porcícola Agropecuaria de Occidente S.A. (Predio La Lorena)	1081575.74	874744.92
CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical)	1077639.91	875893.89

(1) Sistema de referencia: Magna Colombia Oeste

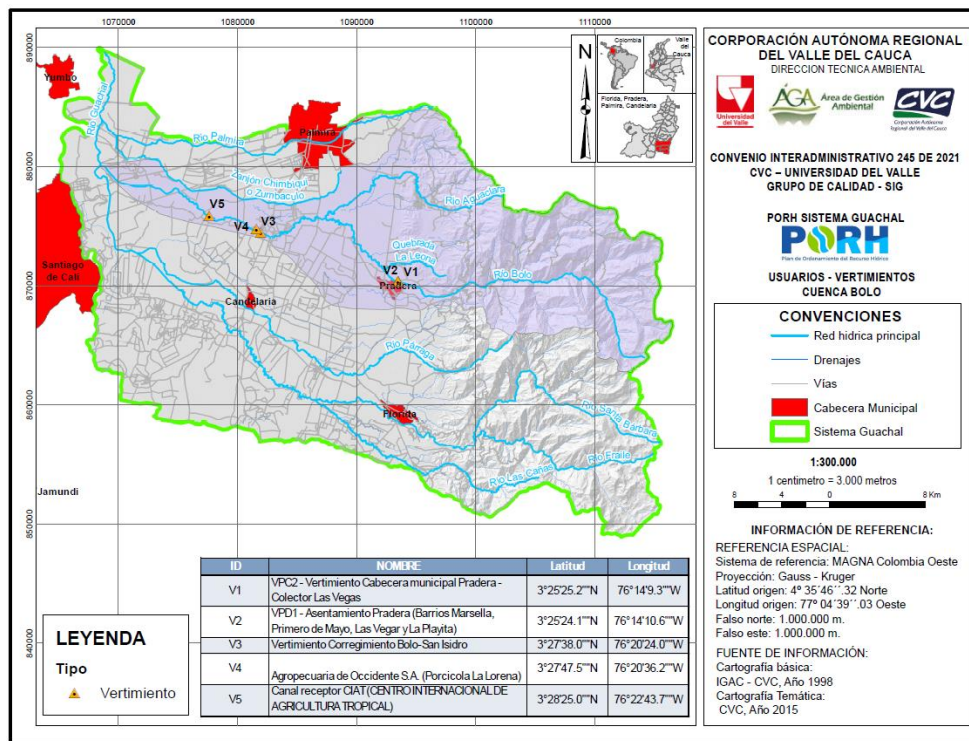


Figura 2-14. Vertimientos asociados con cauce PORH del río Bolo

2.9.1.3 Extracciones de materiales de arrastre sobre el río Bolo en el tramo de estudio

En dos sectores del río Bolo, conocidos como Puente Madre Vieja y Puente Recta Cali-Palmira, se realiza extracción de materiales de arrastre (Tabla 2-41).

Tabla 2-41 .Sitios donde se realiza extracción de materiales de arrastre

Sitios de extracción	Coordenadas	
	Norte	Oeste
Puente Madre Vieja	1086656.48	875803.56
Puente Recta Cali-Palmira	1070018.49	878749.62

(1) Sistema de referencia: Magna Colombia Oeste

2.9.1.4 Actividades y obras de ocupación

Los recorridos se identificaron tres (3) puntos de pasos sobre vías nacionales, y una (1) local (Tabla 2-42). Además, se evidenciaron diversas actividades antrópicas de alto impacto, que generan conflictos de uso, con afectaciones aire, agua y al suelo, entre estas se encuentran la disposición inadecuada de escombros, carbonización de madera, asentamientos humanos de desarrollo incompleto sobre la margen izquierda del río Bolo, en el sector El Berlín, y en la margen derecha en el sector Madre Vieja, se está consolidando el asentamiento conocido como “Lava Costales”. Las casas de habitación localizadas en la franja de protección están construidas en diversos materiales, poseen pequeñas huertas, hay tenencia de caballos y cría de porcinos, pastoreo de ganado vacuno cuyos efluentes se depositan en el río Bolo. En el sector de Berlín zona urbana, se observaron mujeres lavanderas.

Otras actividades observadas en campo fueron:

- Acarreo de escombros de construcción sobre margen izquierda
- Carbonización de la madera para venta en uso de cocina
- Pastoreo de ganado corte de caña brava para venta en arreglo y construcción de viviendas
- Cultivos de frutales y plátano en las márgenes - Sector D2

Tabla 2-42. Relación de los puntos de pase sobre vías del cauce del río Bolo

Río Bolo	Vía Tipo	Nomenclatura	Coordenadas *	
			Norte	Oeste
Puente Palmira-Pradera	Nacional	31	1092472.81	871170.50
Sector Madre Vieja	Local		1086684.89	875790.38
Puente Palmira-Candelaria	Nacional	25	1080634.85	868259.80
Recta Cali-Palmira	Nacional	25	1069955.80	878789.82

(1) Sistema de referencia: Magna Colombia Oeste

2.9.1.5 Captaciones e infraestructura de sistemas de abastecimientos sobre el río Bolo

La cuenca del río Bolo es fuente de abastecimiento para cinco centros poblados, así como para el acueducto regional que presta servicio a los municipios de Pradera y Candelaria. En el tramo sujeto a ordenamiento, la derivación 1, también conocida como Acequia Lomitas, abastece a los acueductos de Lomitas y El Recreo. Por su parte, la derivación 4, o Zanjón Bolito, suministra agua al acueducto regional Pradera–Florida–Candelaria. (Tabla 2-43).

Tabla 2-43. Acueductos que surte el cauce principal del río Bolo

Sitios de Toma Acueductos	Coordenadas *		Q asignado Lps	Centros Poblados
	Norte	Oeste		
Sistema de acueducto el Recreo	1083043.44	899535.31	15	Zona Rural, Cabecera Corregimiento El Recreo
Sistema de acueducto Lomitas	1098136.91	869172.95	NR	Zona Rural, Cabecera Corregimiento Lomitas

Sitios de Toma Acueductos	Coordenadas *		Q asignado Lps	Centros Poblados
	Norte	Oeste		
Acueducto Regional Pradera-Candelaria	1095395.50	868887.84	327	Candelaria: Villagorgona, Buchitolo, La Regina, cabecera municipio Candelaria Pradera: San Antonio de los Caballeros, cabecera municipio Pradera

(1) Sistema de referencia: Magna Colombia Oeste

2.9.1.6 Infraestructura de sistemas de tratamiento de aguas residuales sobre el río Bolo

En el área de influencia del tramo de estudio del río Bolo, objeto de ordenamiento se encuentra el lote de la PTAR del municipio Pradera, de 2,7 ha, en el corregimiento de Bolo Hartonal. En la Tabla 2-44 con las coordenadas se reportan las coordenadas de geolocalización del lote de la PTAR

Tabla 2-44. Localización de la PART del municipio de Pradera

Punto	Coordenadas *	
	Norte	Oeste
Esquina 1	1090938.41	872063.72
Esquina 2	1091075.89	870849.20
Esquina 3	1090875.34	870724.00
Esquina 4	1091004.74	870670.66

(1) Sistema de referencia: Magna Colombia Oeste

2.10 Análisis de problemáticas y conflictos actuales derivados del uso del recurso hídrico

Para definir las problemáticas y conflictos derivados del uso del recurso hídrico en el río Bolo, se tuvo en cuenta la propuesta metodológica definida en la Guía de Ordenamiento del Recurso Hídrico Continental Superficial, que define la revisión de la base de datos de registros y peticiones PQRS radicados en la entidad y contrastada con el análisis de la información de los instrumentos de planificación y de la calidad del recurso hídrico considerando el uso actual del suelo. De acuerdo con la revisión, las principales quejas están dadas por 4 causas que determinan los conflictos por los cuales el sistema hídrico se ve afectado (Tabla 2-45).

En función de las denuncias analizadas, se puede definir que existen 3 detonantes de conflictos principalmente definidos como:

- Usos inadecuados del recurso por actividades productivas agropecuarias, agroindustriales y domésticas
- El débil control y vigilancia sobre las captaciones irregulares, vertimientos y disposición inadecuada de residuos sólidos
- Planificación territorial desactualizada

Tabla 2-45. Denuncias presentadas por afectaciones al recurso hídrico relacionadas con el Sistema Guachal

Sistema	Descripción de la Queja
Sistema Guachal (Fraile, Párraga, Bolo, Palmira y Guachal)	Captación de un caudal mayor al concesionado
	Disposición de Residuos de Construcción y Demolición
	Vertimiento sin permiso
	Vertimiento de actividad porcícola sin tratamiento

En el marco de la estrategia de participación social para el río Bolo y como resultado de los cuatro talleres de cartografía social, la comunidad identificó, como se describe en la Tabla 2-46, las siguientes problemáticas y conflictos relacionados con el uso del recurso hídrico.

Tabla 2-46. Problemas identificados por actores sociales relacionados con el uso del agua del río Bolo

Ubicación	Descripción
Páramo de Las Hermosas	No cuenta con una figura jurídica que proteja el complejo de páramos. Hay turismo que está afectando los suelos del páramo
	Se requieren recursos para pagos por servicios ambientales para los propietarios que tienen áreas de conservación en sus predios,
La Carbonera y Feria Nueva	PTAR La Feria, fuera de funcionamiento, se reportan filtraciones en las fincas.
Entre Retiro y La Feria	La expansión de la actividad productiva como la ganadería afecta la cobertura de bosque comprometiendo la regulación hídrica
Potrerito	Zona de balnearios turísticos con afluencia de alrededor de 5.000 personas los fines de semana, actividad que genera un fuerte impacto ambiental por basuras y desechos arrojados al río. Hay quejas ante las autoridades sobre la privatización del río por parte de estos negocios.
Puente de Potrerito	Existen estudios desde el año 2011, para la construcción del alcantarillado que está contemplado dentro del PDET. La Ruiza cedía el terreno para esta construcción de esta obra, pero no hubo voluntad política.
Abajo del Puente de Potrerito	Explotación de balastro permanente, cerramiento y privatización del río que modifica las márgenes del río
Tesalia	Explotación de balastro en el 2020 por parte de Aguas de Bogotá para la construcción de torres eléctricas, material extraído del río
Centro Chapultepec	Pesca deportiva que demanda agua del río, y cuando limpian el lago los sedimento van al río
Cetro Recreacional El Oasis	Pesca deportiva que demanda agua del río, y cuando limpian el lago los sedimento van al río
Villa Pio	Piscicultura y porcicultura esta última genera olores ofensivos
Lusitania	Pesca deportiva que demanda agua del río, y cuando limpian el lago los sedimento van al río
Los Quinteros	Porcicultura, genera olores ofensivos y vertimientos
Los Mena	Balnearios con privatización y cierre de acceso al río
Rivera del río en la cabecera municipal	Construcciones de vivienda en la ribera del río. Se han instaurado quejas ante las autoridades municipales, hubo visita técnica hace un año con presencia de autoridades municipales, Acuavalle, CVC, organizaciones ciudadanas.

Ubicación	Descripción
Las Vegas - Urbano	Las viviendas se encuentran muy cerca al río, el movimiento natural de este permanentemente afecta a los hogares que viven al lado del río. En el año 1999 se reubicaron familias por desastre ambiental, terreno recuperado con reforestación, en los últimos dos años ha sido poblado nuevamente.
Boques de la Pradera- Urbano	Escombrera ilegal donde llegan residuos desde varios municipios
La Playita	La ocupación ilegal de las márgenes en el sector la Playita ha generado conflictos sociales, que han motivado a la comunidad la siembra de árboles para evitar construcción de nuevas viviendas.
Matadero del Municipio	Vertimientos sin tratamiento, y en la cancha que se usa como parqueadero se descargan los desechos generados por el transporte del ganado
Cabecera Municipal	Vertimiento alcantarillado municipal, PTAR fuera de funcionamiento por desmantelamiento
Centro poblado La Granja	Vertimiento permanente de aguas residuales domésticas, en la parte alta había una estación de bombeo que dejó de funcionar por robo de las motobombas
Corral de Piedra - Guabinas	Vertimiento sin tratamiento
Bolo Hartonal	Explotación de balastro permanente
Puente Pradera-Palmira hasta inicio de Bolo San Isidro	La comunidad de Hartonal, realiza actividades de pesca y recreación como balneario y dejan residuos en las playas
Recta Cali Palmira	Explotación de balastro y arena, que modifica el cauce del río y la ronda hídrica
Entre Palmira y Pradera-Madrevieja	Lavadero de costales
Bolo San Isidro, en la vía a Guanabanal	Actividad porcícola genera olores ofensivos y vertimientos
Lomitas Sector de Bellavista	Intervención productiva en área de nacimiento de agua

*SD: Sin datos

En las Figura 2-15 y Figura 2-16 y se muestra respectivamente los diferentes conflictos ambientales identificados por los actores sociales asistentes a los talleres. Para las comunidades, la principal problemática manifestada en las cuatro plenarias al final de cada taller fue la preocupación por la disminución del caudal en época de sequía donde mueren muchos peces por la caída del oxígeno y la concentración de cargas contaminantes.

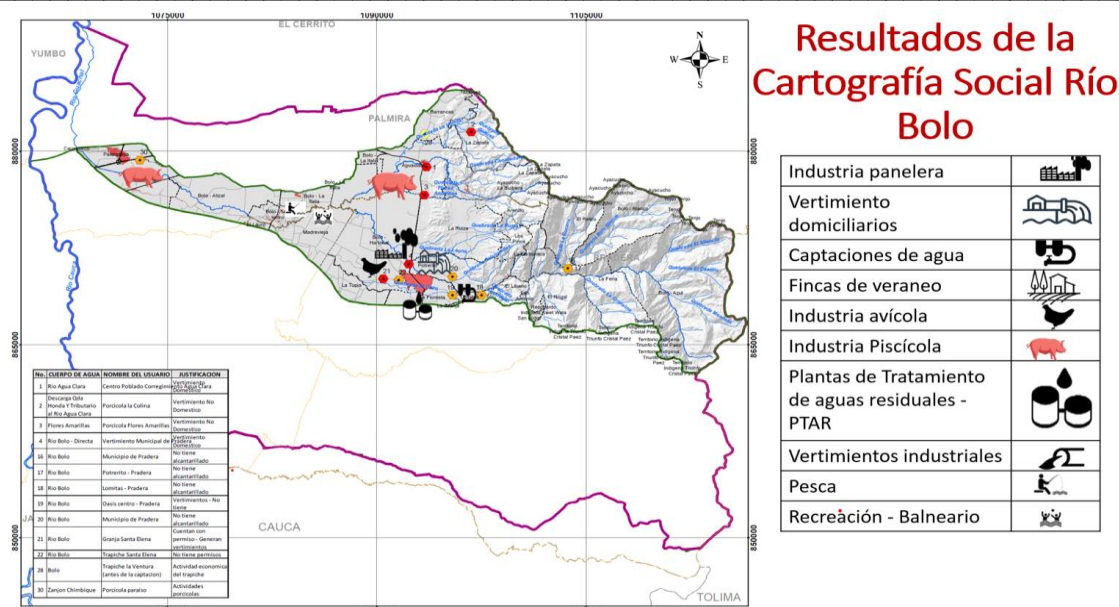


Figura 2-15. Localización de conflictos ambientales identificados en el río Bolo en los diferentes talleres con actores sociales

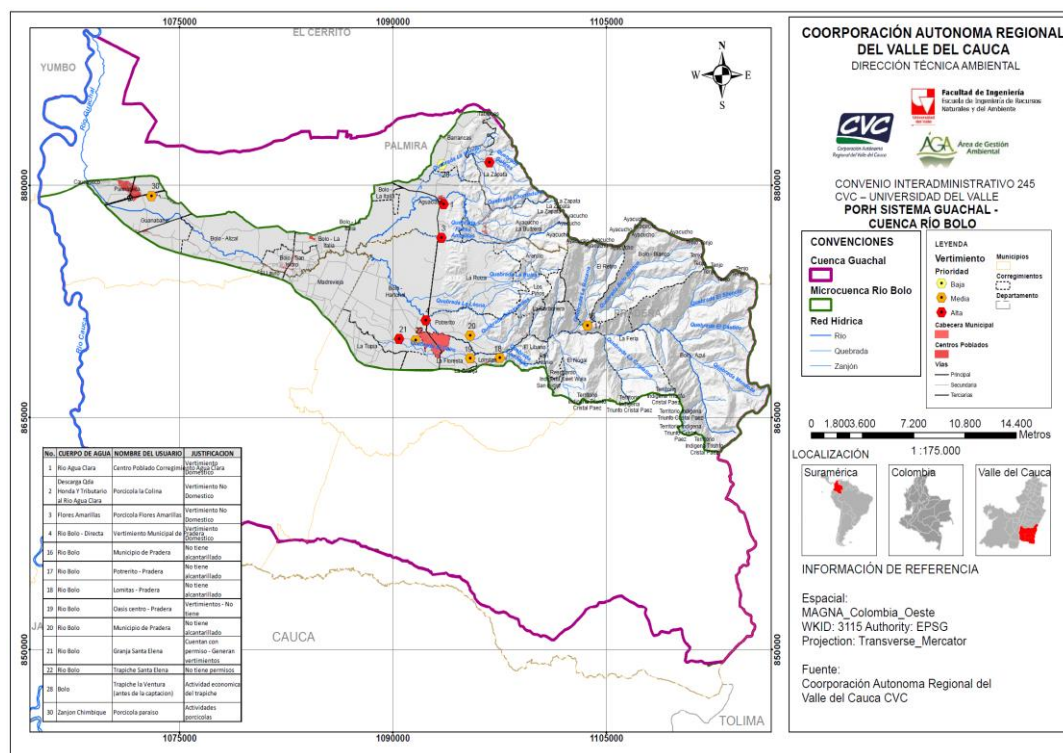


Figura 2-16. Identificación y localización de vertimientos que afectan el río Bolo, como resultado del taller de cartografía social con los técnicos de la DAR SURORIENTE

2.11 Calidad del agua

2.11.1 Diseño y ejecución del plan de monitoreo de cantidad y calidad del río Bolo

Se establecieron cuatro (4) puntos de monitoreo sobre el cauce principal y uno sobre la quebrada Aguaclara (afluente del río Bolo) para las 2 campañas correspondientes a la época seca y la de transición. En estos monitoreos se muestrearon parámetros in situ, fisicoquímicos, microbiológicos y recursos hidrobiológicos. Los puntos de monitoreo de calidad y cantidad seleccionados para el río Bolo para cada campaña se muestran en la Tabla 2-47 y el mapa de la Figura 2-17

Para la selección de los puntos de muestreo se consideraron relevantes los siguientes criterios: las descargas de los municipios, las afluencias de las corrientes de tercer orden y las salidas concesionadas, la accesibilidad al sitio, la seguridad y la presencia de estaciones hidrométricas, soportada la decisión con visitas de reconocimiento a la zona de estudio.

Tabla 2-47. Puntos de monitoreo sobre el cauce del río Bolo y tributario

Punto monitoreo	Nombre	Coordenadas ^{*(1)}		Campaña de monitoreo	
		Norte	Oeste	1	2
GB1	Limnógrafo CVC - Los Minchos	1100435.760	869946.250	X	X
GB2	Puente Pradera Palmira	1090040.94	862576.85	X	X
GB3	Q. Agua Clara - Confluencia Rio Bolo	1087507.96	875654.98	X	X
GB4	Puente Bolo - San Isidro - vía a Candelaria	1081488.54	867697.06	X	X
GB5	Antes desembocadura a Fraile en puente Recta Cali – Palmira	1071563.42	872779.98	X	X

(1) Sistema de referencia: Magna Colombia Oeste

2.11.2 Caracterización hidráulica

Previo a la toma de muestras de cada una de las campañas sobre el cuerpo de agua objeto de ordenamiento, se realizaron las pruebas de trazadores, lo cual constituye una herramienta de gran importancia en el estudio de la hidráulica de ríos, generando así información hidrodinámica promedio a nivel de un tramo (Minambiente, 2018). Estos ensayos fueron necesarios para la estimación de los tiempos de viaje y la definición de los horarios de toma de muestra.

El trazador empleado fue Cloruro de Sodio (NaCl), el cual por sus características químicas es conservativo, como lo recomienda el Minambiente (2018). La masa del trazador fue establecida en función del caudal de la corriente a través del criterio propuesto por Hudson y Fraser (2002), 3,0 kg/m³/s. El objetivo de la dosificación de la sal fue agregar suficiente masa para obtener una señal limpia de incremento de conductividad, sin que esto exceda el umbral de toxicidad, 400 mg/L (Moore 2004).

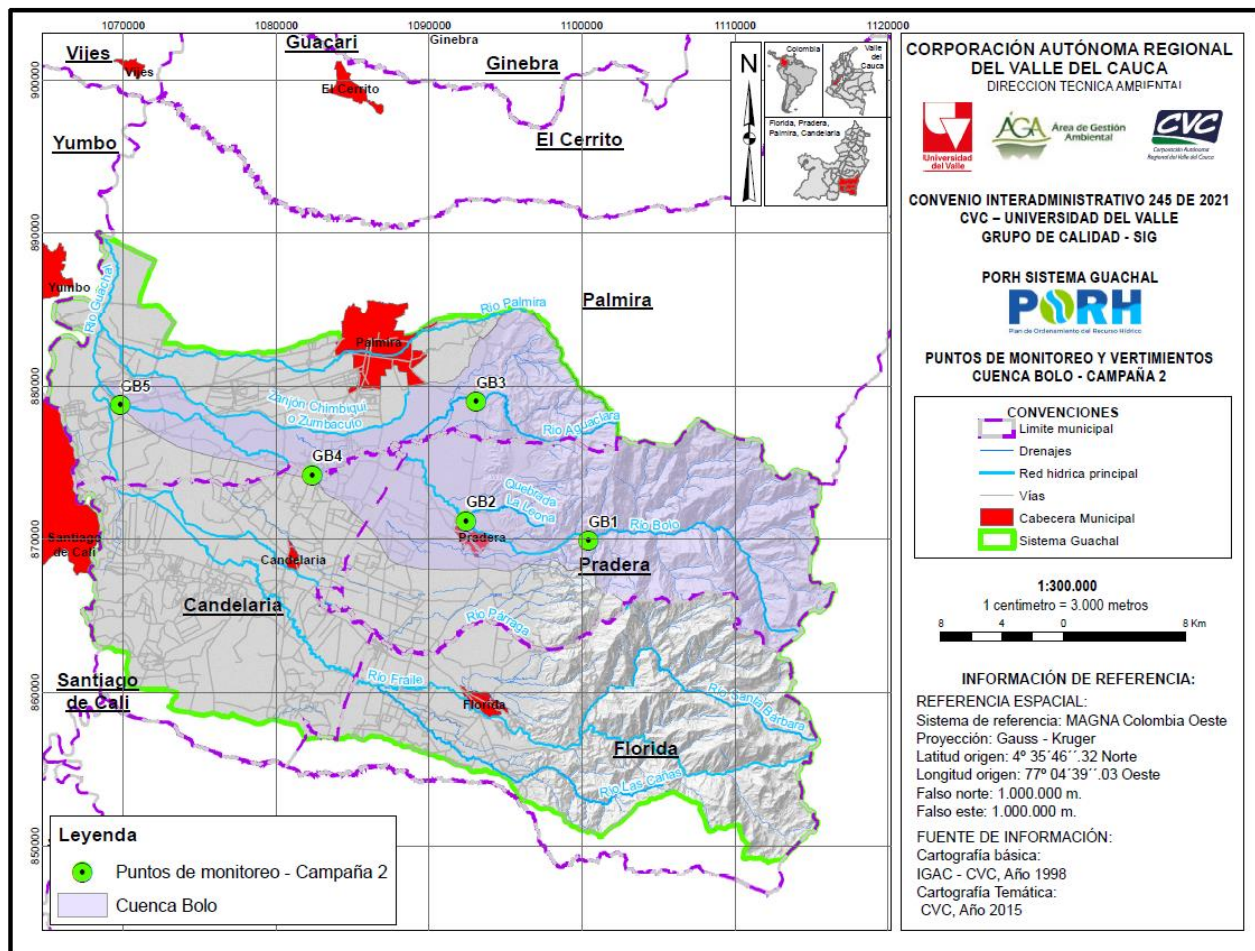


Figura 2-17. Localización de puntos de monitoreo de las campañas de calidad en el río Bolo

Las distancias de zona de mezcla fueron definidas por el equipo de calidad, empleando los criterios empíricos de Fisher y la EPA. De esta manera, se generó información sobre la ubicación de las estaciones de seguimiento en la medición de la conductividad eléctrica, variable de detección del trazador. A partir de esta información, se realizaron los cálculos de los tiempos de viaje y los tiempos recomendados para la toma de muestra cómo se presentan en la Tabla 2-48

Tabla 2-48. Resultados de pruebas de trazadores subcuenca río Bolo campañas C1 y C2

ID C1	ID C2	Nombre	Longitud del Ensayo (m)		Tiempo Primer Arribo (s)		Tiempo al Pico (s)		Tiempo Medio de viaje (s)		Fracción dispersiva	
			C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2
P7	GB1-T1	Los Minchos	70	50	40	30	80	25	83,92	55,61	0,52	0,46

ID C1	ID C2	Nombre	Longitud del Ensayo (m)		Tiempo Primer Arribo (s)		Tiempo al Pico (s)		Tiempo Medio de viaje (s)		Fracción dispersiva	
			C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2
	GB1-T2		140	100	5	50	110	50	145,2	82,21	0,97	0,25
P8	GB2. T1	Puente Pradera	40	250	25	190	75	165	81,64	219,91	0,69	0,14
	GB2. T2		80	350	5	280	115	310	18,61	316,45	0,96	0,07
P10	GB4-T1	Puente Bolo San Isidro	50	350	75	400	210	450	253,15	444,62	0,7	0,1
	GB4-T2		100	500	15	480	420	575	471,2	525,51	0,97	0,01
P11	GB5-T1	Desembocadura río Fraile	30	160	30	180	285	175	299	236,5	0,9	0,24
	GB5-T2		60	260	15	260	360	410	477,66	392,58	0,97	0,49

C1: Campaña de monitoreo 1 C2: Campaña de monitoreo 2

2.11.3 Resultados monitoreo de calidad y cantidad

En las Tabla 2-49 y Tabla 2-50 se presentan, para el río Bolo, los resultados obtenidos en los puntos de monitoreo en las 2 campañas para aforos de caudal, otros parámetros medidos in situ y los reportados por el laboratorio correspondientes a parámetros fisicoquímicos, metales y metaloides, iones y parámetros microbiológicos. La campaña 1, correspondiente a la época de menores precipitaciones se realizó en el mes de septiembre del año 2022 ejecutada por el laboratorio Anascol S.A.S. La campaña 2, se realizó en época húmeda en el mes de abril del año 2023 por el laboratorio Saneamiento Ambiental SAAM S.A.S

Tabla 2-49. Resultados de análisis fisicoquímicos de la Campaña 1 del río Bolo

VARIABLES ANALIZADAS	UNIDADES	P7 (GB1)	P8 (GB2)	P9 (GB3)	P10 (GB4)	P11 (GB5)
		Limnógrafo CVC - Los Minchos	Puente Pradera Palmira	Confluencia Agua Clara- Río Bolo	Puente Bolo - San Isidro - vía a Candelaria	Antes desembocadura a Fraile en puente Recta Cali - Palmira
IN SITU						
Aforos de Caudal	L/s	1826,28	658,57	126,02	972,34	627,52
pH ¹	Unidades de pH	8.41	8.06	8.04	8.22	8.05
Conductividad ¹	µs/cm	207	239	353	429	220
Oxígeno Disuelto ¹	mg O ₂ /L	5.68	5.74	5.77	5.07	5.32
Temperatura ¹	°C	16.8	20.57	24.71	24.7	22.28
Sólidos Sedimentables ¹	mL/L	<0.1	0.4	0.1	0.2	<0.1
FISICOQUÍMICOS BÁSICOS						
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	73	85.5	158	191	218

VARIABLES ANALIZADAS	UNIDADES	P7 (GB1)	P8 (GB2)	P9 (GB3)	P10 (GB4)	P11 (GB5)
		Limnógrafo CVC - Los Minchos	Puente Pradera Palmira	Confluencia Agua Clara- Rio Bolo	Puente Bolo - San Isidro - vía a Candelaria	Antes desembocadura a Fraile en puente Recta Cali - Palmira
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	91.6	105	165	229	317
Demanda Bioquímica de Oxígeno – DBO ₅	mg O ₂ /L	<5	<5	<5	<5	<5
DBO ₂₀ (20 días) *	mg O ₂ /L	<5	6	<5	<5	<5
DBO ₅ Soluble*	mg O ₂ /L	<5	<5	<5	<5	<5
Demanda Química de Oxígeno – DQO	mg O ₂ /L	<20.0	<20.0	<20.0	<20.0	<20.0
Carbono Orgánico Total ³	mg COT/L	1	3	7	2	4
Sólidos Disueltos Totales ³	mg/L	136	156	189	259	294
Sólidos Suspendidos Totales	mg SST/L	<10	<10	11	11	11
Sólidos suspendidos Volátiles ³	mg/L	<11.6	<11.6	<11.6	<11.6	<11.6
Turbiedad	NTU	<2.00	<2.00	2.78	5.13	3.38
Nitrógeno Amoniacal	mg N-NH ₃ /L	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00
Nitrógeno Kjeldahl Total	mg NTK/L	<4.00	<4.00	<4.00	<4.00	<4.00
Nitratos	mg NO ₃ - N/L	<0.500	<0.500	1.43	<0.500	<0.500
Nitritos	mg NO ₂ - N/L	0.00836	0.287	0.0396	0.0485	0.234
Fosfatos ⁴	mg P-PO ₄ ³⁻ /L	<0.150	<0.150	0.259	0.524	0.231
Fósforo Total	mg P/L	<0.0500	0.0812	0.273	0.568	0.249
Aceites y Grasas	mg/L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Surfactantes Aniónicos	mg SAAM/L ²	<4.00	<0.400	<0.400	<0.400	<0.400
Fenoles	mg Fenoles/L	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100
METALES Y METALOIDES						
Cadmio Total	mgCd/L	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100
Zinc Total	mg Zn/L	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500
Cobre Total	mg Cu/L	<0.0200	<0.0200	<0.0200	<0.0200	<0.0200
Cromo Total	mg Cr/L	<0.0200	<0.0200	<0.0200	<0.0200	<0.0200
Hierro Total (*)	mg Fe/L	<0.200	<0.200	*0.504	*0.31	*0.435

VARIABLES ANALIZADAS	UNIDADES	P7 (GB1)	P8 (GB2)	P9 (GB3)	P10 (GB4)	P11 (GB5)
		Limnógrafo CVC - Los Minchos	Puente Pradera Palmira	Confluencia Agua Clara- Río Bolo	Puente Bolo - San Isidro - vía a Candelaria	Antes desembocadura a Fraile en puente Recta Cali - Palmira
Manganeso Total	mg Mn/L	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100
Mercurio Total	mg Hg/L	<0.00100	<0.00100	<0.00100	<0.00100	<0.00100
Níquel Total	mg Ni/L	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500
Plomo ³	mg Pb/L	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
IONES						
Cloruros	mg Cl-/ L	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	5.54
Magnesio Total	mg Mg/L	0.137	0.186	0.492	0.493	12.1
Sodio Total	mg Na/L	4.83	6.05	7.32	9.6	14.1
Sulfatos	mg SO ₄ - ² / L	46.3	47.3	16.2	26.4	46.2
Calcio Total	mg Ca/L	16	23.4	16.6	32.7	31.9
MICROBIOLÓGICOS						
Coliformes Fecales	NMP/100m L	226	1137	759	1785	63
Coliformes Totales (*)	NMP/100m L	2909	3654	5172	4611	1169
OTROS						
Clorofila ³	mg/m ³	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Color real o verdadero	UPC	33	<10	18	<10	<10

Tabla 2-50. Resultados de análisis fisicoquímicos de la Campaña 2 del río Bolo

VARIABLES ANALIZADAS	UNIDADES	GB1	GB2	GB3	GB4	GB5
		Limnógrafo CVC - Los Minchos	Puente Pradera Palmira	Q. Agua Clara - Confluencia Río Bolo	Puente Bolo - San Isidro - vía a Candelaria	Antes desembocadura a Fraile en puente Recta Cali - Palmira
IN SITU						
Caudal	L/s	1451,8	2231,3	521,0	5245,4	6724,8
pH	Unidades de pH	7.78	7.75	8.06	8.11	8.01
Conductividad eléctrica	us/cm	119	198	122	289	305
Oxígeno disuelto	mg/L	7.89	6.74	7.12	5.94	4.85
Saturación de Oxígeno disuelto	%	75	76	76	65	54
Temperatura de la muestra	°C	18.21	20.9	19.8	20.1	21.6
Sólidos	mL/L	0.1	0.6	0.3	0.6	0.5

VARIABLES ANALIZADAS	UNIDADES	GB1	GB2	GB3	GB4	GB5
		Limnógrafo CVC - Los Minchos	Puente Pradera Palmira	Q. Agua Clara - Confluencia Rio Bolo	Puente Bolo - San Isidro - vía a Candelaria	Antes desembocadura a Fraile en puente Recta Cali - Palmira
Sedimentables In Situ						
Temperatura ambiente	°C	28.6	30.6	30.6	31.2	31.1
FISICOQUÍMICOS BÁSICOS						
Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃	69.4	38.4	83.2	140	141
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	77.8	80.2	82.2	135	109
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/ L O ₂	<2	<2	<2	<2	<2
Demanda Bioquímica de Oxígeno Soluble	mg/ L O ₂	<2	<2	<2	<2	<2
Demanda Bioquímica de Oxígeno Última	mg/ L O ₂	<2	<2	<2	<2	<2
Demanda Química de Oxígeno	mg/ L O ₂	2	3	2	2	7
Carbono Orgánico Total	mg/L	<2	<2	<2	<2	<2
Sólidos Disueltos Totales	mg/ L	78	60	90	144	148
Sólidos Suspendidos Totales	mg/ L	<20	32	86	66	130
Sólidos Suspendidos Volátiles	mg/ L	<20	<20	<20	<20	<20
Turbiedad	NTU	2.6	3.9	38.6	18.3	68
Nitrógeno Amoniacal	mg/ L	1.2	3.05	1.63	2.49	< 1.00
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/ L N	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00
Nitratos	mg/L N-NO ₃	0.2	1.5	1.9	3.3	5.9
Nitritos	mg/L N-NO ₂	< 0.010	0.219	< 0.010	< 0.010	< 0.010
Nitrógeno Total - Cálculo SAAM	mg/ L N	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	5.9
Fosfatos	mg/L PO ₄	<0.1	0.198	0.13	0.306	0.514
Fósforo Total	mg/ L P	< 1.0	< 1.0	< 1.0	2.8	< 1.0
Grasas y Aceites	mg/ L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Sustancias Activas al Azul de Metileno	mg/ L	0.49	0.27	0.24	0.3	<0.1

VARIABLES ANALIZADAS	UNIDADES	GB1	GB2	GB3	GB4	GB5
		Limnógrafo CVC - Los Minchos	Puente Pradera Palmira	Q. Agua Clara - Confluencia Rio Bolo	Puente Bolo - San Isidro - vía a Candelaria	Antes desembocadura a Fraile en puente Recta Cali - Palmira
(SAAM)						
Fenoles	mg/ L	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15
METALES Y METALOIDES						
Hierro Total	mg Fe/L	0.025	0.075	0.415	0.419	0.829
Manganeso Total	mg Mn/L	0.003	0.012	0.019	0.084	0.068
IONES						
Cloruros	mg/ L Cl	3.3	<3.00	<3.00	4	5.7
Magnesio Total	mg/ L Mg	4.2	4.6	52	18.7	12.9
Sodio Total	mg/ L Na	2.4	3.1	2.2	4	3.9
Sulfatos	mg/L SO4	18	19	202	14	13
Calcio Total	mg/ L Ca	22.5	19.5	15.5	31.9	28.3
MICROBIOLÓGICOS						
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	50	91	<1	221	1100
Coliformes Totales	NMP/100 mL	602	4100	28000	21000	93000
OTROS						
Clorofila	mg/m3	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Color real o verdadero	uPt-Co	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4

2.11.4 Resultados monitoreo hidrobiológicos

Con el fin de evaluar el estado ecológico del río Bolo, se realizó el levantamiento de la línea base a través del muestreo de algas perifíticas (fitoperifiton), macroinvertebrados acuáticos en los cinco puntos de monitoreo de calidad fisicoquímica. Los puntos de monitoreo de la primera campaña se mantuvieron en la segunda campaña, aunque algunos puntos en la época de lluvia no se pudieron realizar por dificultades de acceso.

Las comunidades bióticas en los ecosistemas acuáticos están conformadas por diversos grupos de organismos relacionados de forma directa o indirecta, los cuales dependen de las condiciones fisicoquímicas del sistema, que moldean la estructura y la dinámica de las poblaciones. Los cambios geomorfológicos, físicos y químicos en el agua de tipo natural o antrópico se ven reflejados en la disminución, desaparición, aumento o aparición de las especies en un lugar determinado (Liévano y Ospina, 2007; Roldán y Ramírez, 2008).

2.11.4.1 Perifiton

Composición a nivel de morfoespecies del río Bolo

La comunidad perifítica alcanzó un desarrollo superior en la temporada seca con respecto al periodo de lluvias. Este resultado se vio reflejado en las abundancias por morfoespecie, donde el

primer muestreo alcanzó una densidad superior en un orden de magnitud respecto al segundo. *Navicula* sp1 fue la morfoespecie de mayor densidad, superando los 4000 individuos/cm² en temporada seca y los 400 individuos/cm² en época de lluvias (Figura 2-18).

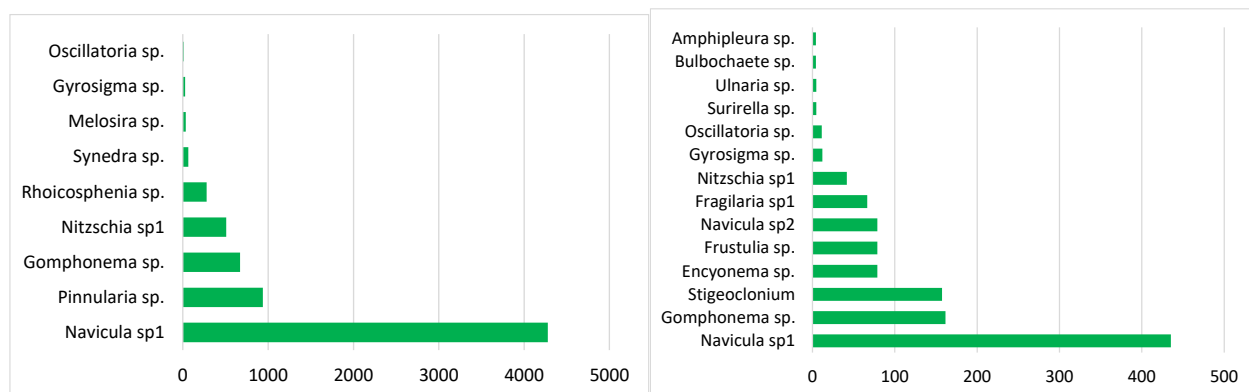


Figura 2-18 Densidad de las diferentes morfoespecies de perifiton registradas en la temporada seca (parte superior) y de lluvias (parte inferior)

Aparte de *Navicula* sp1, en el primer muestreo se destacaron *Pinnularia* sp, *Gomphonema* sp y *Nitzschia* sp1, mientras en el segundo fueron *Gomphonema*, *Stigeoclonium*, *Encyonema* sp, *Pinnularia* sp y *Navicula* sp2. En cuanto al carácter bioindicador de *Navicula*, que fue la morfoespecie predominante en todos los sitios, se sabe que algunas especies de este género son consideradas como organismos con alta tolerancia a la contaminación y a ambientes perturbados (Roldán, 2000) (Guillén, et al, 2012), así mismo, se encuentra en ambientes con alta carga orgánica. Su presencia en todos los puntos de monitoreo puede estar relacionada con las características del cuerpo de agua, teniendo en cuenta que algunos reciben una carga contaminante proveniente de la contaminación difusa producida por las actividades agrícolas y ganaderas aledañas al cuerpo hídrico, además de los vertimientos puntuales que se observaron cerca a varios de los puntos monitoreados.

La diferencia en abundancia de los géneros de algas perifíticas entre las dos campañas (Figura 2-18), obedece a resultados normales causados por factores hidrológicos ligados a la magnitud y frecuencia de las precipitaciones en los dos periodos de estudio con características contrastantes.

Riqueza y densidad microalgal por estación en el río Bolo

El rango de resultados de riqueza de morfoespecies alcanzó valores de 4 a 7 en el periodo seco y de 3 a 6 en época de lluvias. En las estaciones GB1 y GB2 se alcanzó una mayor riqueza hacia la segunda campaña, mientras en los sitios de muestreo restantes, se alcanzó un número más alto de morfoespecies durante la época seca. Los resultados de abundancia de perifiton fueron superiores en la totalidad de los sitios de muestreo durante el primer monitoreo, en la mayor de los casos por un margen amplio.

La diferencia de abundancia entre los dos periodos fue evidente en cada uno de los sitios de muestreo, mientras en 3 de ellos se superó el valor de 1000 individuos/cm² en el primer monitoreo, durante el segundo, la mayor parte estuvieron muy por debajo de dicho valor y solamente la estación GB1 se acercó a él con 944.44 individuos/cm² (Figura 2-19). El promedio de riqueza para la primera campaña fue de 5.40 ± 1.52 morfoespecies, y el de la segunda fue de 4.60 ± 1.14 morfoespecies. Para la abundancia el promedio fue de 1360.83 ± 8.15 individuos/cm² en el primer muestreo y de 227.85 ± 401.17 individuos/cm².

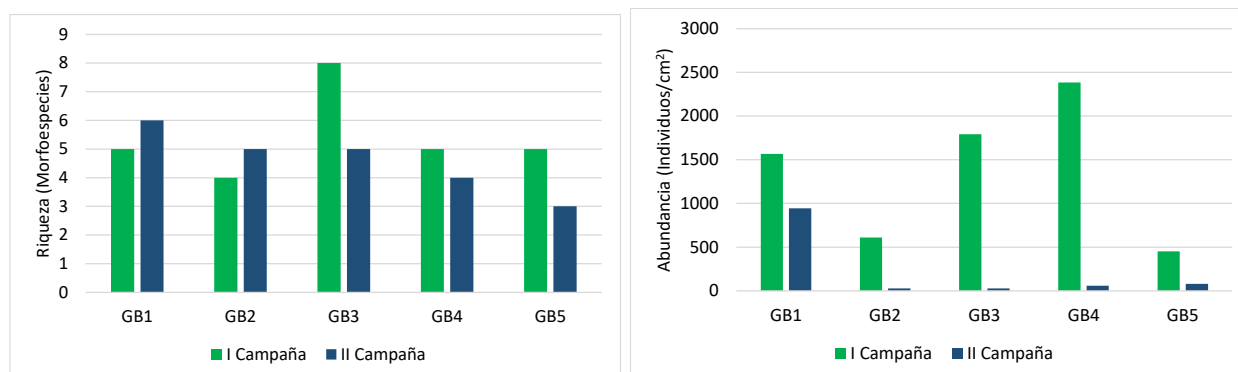


Figura 2-19. Valores de riqueza de morfoespecies y de abundancia total de la comunidad de perifiton para los muestreos de temporada seca y época lluviosa

Fuente: Elaboración propia

Diversidad microalgal por estación en el río Bolo

En el subsistema Bolo, la diversidad, al igual que en los restantes tramos, fue baja y los índices ecológicos así lo reflejan. En los diferentes sitios de monitoreo las riquezas y abundancias son bajas y han variado de acuerdo con las condiciones del periodo de estudio y con valores de equidad también variables entre un sitio y otro en la misma temporada. Los resultados comparados de los índices ecológicos calculados para las campañas I y II se relacionan en la Tabla 2-51.

Tabla 2-51. Resultados de los índices ecológicos por punto de muestreo para la comunidad de perifiton durante la primera campaña de muestreo de río Bolo

ESTACIÓN	Riqueza (S)		Abundancia (N)		Pielou (J')		Shannon – Wiener (H')	
	CI	CII	CI	CII	CI	CII	CI	CII
GB1	5	6	1566.67	944.44	0.60	0.88	0.97	1.58
GB2	4	5	611.11	28.32	0.71	0.97	0.99	1.56
GB3	8	5	1791.67	28.50	0.63	0.92	1.31	1.47
GB4	5	4	2383.33	58.00	0.47	0.91	0.76	1.26
GB5	5	3	451.39	80.00	0.72	0.95	1.16	1.04

Fuente: Elaboración Propia

2.11.4.2 Macroinvertebrados

A continuación, se presentan los resultados y el análisis de diversidad de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y la evaluación de la calidad biológica para las 5 estaciones estudiadas en la corriente Bolo en las temporadas seca y de lluvia.

Composición macroinvertebrados bentónicos del río Bolo en época seca

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo representada por 69 morfoespecies, 17 órdenes, 44 familias (3 no especificadas) y 2093 individuos, pertenecientes a seis clases: Arachnida, Clitellata, Insecta, Gastropoda, Malacostraca y Colembolla. La clase Insecta fue la más representativa con 58 de las 69 morfoespecies.

Composición de macroinvertebrados bentónicos del río Bolo en época de lluvia

Se encontraron 125 individuos divididos en 3 Phylum, 4 Clases, 11 Ordenes, 22 Familias, y 21 Géneros. De las estaciones evaluadas para la estación GB4 (río Bolo en el puente Bolo San Isidro) no se obtuvieron muestras de macroinvertebrados, lo que podría estar asociado a una condición puntual, teniendo en cuenta que, para este punto, tampoco se registraron peces, como se menciona en el ítem de ictiofauna. En este sentido, se encuentran familias representativas como Chironomidae, Simuliidae, Baetidae, y Nadidae.

La familia Chironomidae por ejemplo es muy utilizada en los estudios de biomonitoreo de la contaminación del agua (Paggi, 1999), ya que son uno de los grupos de insectos del macrobentos más ampliamente distribuidos y abundantes en los cuerpos de agua dulce. Los quironómidos pueden habitar diferentes gradientes ambientales, siendo muchas veces los únicos representantes en ambientes fuertemente contaminados (Sierpe y Sunico, 2019). También la familia Simuliidae son importantes bioindicadores de calidad del agua, dada a su preferencia por condiciones oxigenadas y oligo a mesotróficas en los ríos (Moncada-Álvarez et al., 2017).

La familia Baetidae, hace parte de este muestreo con principalmente los géneros *Baetodes sp.* y *Camelobaetidius sp.* son de las familias más diversas y abundantes, con preferencias por sustratos específicos y alta sensibilidad a los procesos de degradación e impacto antropogénico, aspectos que permiten postularla como una familia excelente como bioindicadora. Algunos estudios realizados en Brasil (Forero et al., 2016) han demostrado las ventajas del uso de esta familia en los biomonitoreos de la calidad del agua.

Y finalmente de las familias características observada fue la familia Nadidae, anteriormente llamados Tubificidos son una familia de Anélidos Clitelados de la clase Oligochaeta. Son los componentes clave de las comunidades de los bentos de muchos ecosistemas de agua dulce y marinos. Funcionan como descomponedores de materia orgánica y pueden estar presentes en habitats eutróficos, con poco oxígeno o condiciones anóxicas (Benbow, 2009), siendo la familia Chironomidae la más abundante en los sitios estudiados y propia de aguas contaminadas.

Índices de diversidad de macroinvertebrados y calidad biológica de las aguas del río Bolo

En la Tabla 2-52 se muestra la comparación entre la época seca y la de lluvias usando los índices de diversidad. Estos índices mostraron mayores valores en la época seca respecto a la época de lluvias. Estos resultados se explican por el fenómeno de deriva que se presenta con el aumento de la corriente y el caudal, lo cual genera arrastre de organismos aguas debajo de las estaciones de recolecta.

Tabla 2-52. Índices de diversidad y calidad del agua en el río Bolo

Índices	RÍO BOLO							
	Temporada Seca				Temporada de Lluvias			
	GB1	GB2	GB3	GB5	GB1	GB2	GB3	GB5
Taxa_S (Riqueza de Especies)	18	17	22	19	12	5	3	4
Simpson_1-D	0,65	0,68	0,90	0,75	0,82	0,45	0,61	0,81
Shannon_H	1,60	1,30	2,45	1,96	2,19	0,91	1,03	1,49

No se encontró una importante diversidad de macroinvertebrados bentónicos en el tramo estudiado del río Bolo, sin embargo, se encontraron algunos taxones propios de aguas limpias en la época seca. Se considera que la homogeneización del hábitat de ribera genera que se presente baja diversidad de macroinvertebrados acuáticos y consecuente baja calidad biológica del agua.

2.11.4.3 Peces

Composición y Estructura de la Ictiofauna del río Bolo

Se registraron 13 especies en la época seca y 9 en la de lluvias, para un total de 16 especies pertenecientes a tres órdenes y 7 familias, representando el 17.4% de los registros para el alto Cauca (Ortega-Lara et al., 2022). Es de anotar que durante la primera campaña no se colectaron peces en GB1 y GB3, mientras que en la segunda campaña no se lograron capturas de peces en la estación GB4.

El orden Siluriformes fue el que presentó mayor riqueza con 10 especies, seguido de los Characiformes y Cyprinodontiformes representados por tres especies, siendo los dos primeros los órdenes más diversos en cuanto a la ictiofauna dulceacuícola neotropical (Albert et al., 2020), mientras que las especies del orden Cyprinodontiformes, no son nativas de la cuenca del alto Cauca.

En total se capturaron 116 individuos en las dos temporadas, en la época seca 46 donde la especie más abundante fue el corroncho (*Hypostomus* sp.) con 9 individuos, siendo la estación GB4 donde se colectaron mayor número de individuos (10), mientras que en la época de lluvias, se capturaron 70 individuos, donde la mayor abundancia, al contrario de la primera temporada,

se presentó en la estación GB3 con 37 individuos, siendo el guabino (*Trichomycterus chapmani*) con 17 individuos y el corroncho (*Chaetostoma leucomelas*) con 11 las especies más abundantes, destacándose por ser nativas de la cuenca alta del río Cauca, y por tener preferencia por ambientes de corriente, con sustrato conformado por gravas y cantos rodados.

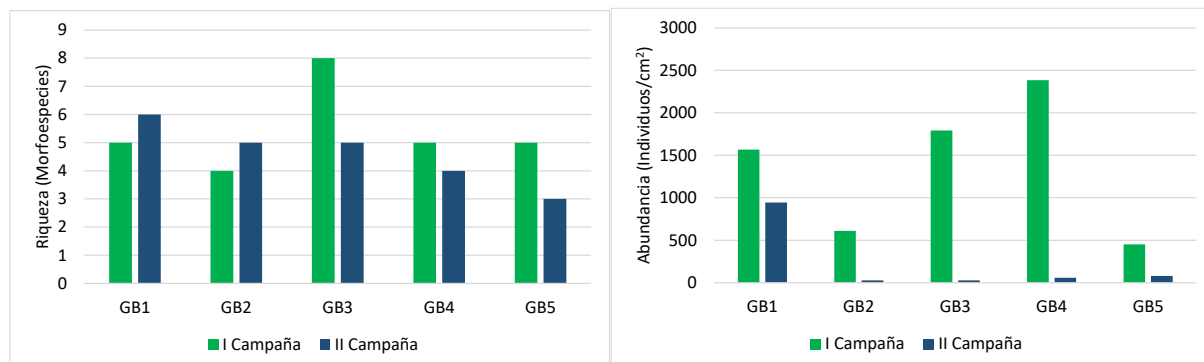


Figura 2-20. Valores de riqueza de morfoespecies y de abundancia total de la comunidad de perifiton para los muestreos de temporada seca y época lluviosa

Con el fin de evaluar la estructura de la comunidad íctica, se estimaron los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H'), Dominancia (D) y equidad de Pielou (J'), como lo muestra la Tabla 2-53

Tabla 2-53. Valores de índices de diversidad en ambos períodos climáticos para la cuenca del río Bolo, Valle del Cauca

RÍO BOLO							
Índices	Temporada Seca			Temporada Lluvias			
	GB2	GB4	GB5	GB1	GB2	GB3	GB5
Riqueza	5	10	4	1	3	6	2
Individuos	12	24	10	7	19	37	7
Simpson_1-D	0,67	0,85	0,70	0,00	0,35	0,68	0,41
Shannon_H	1,31	2,06	1,28	0,00	0,63	1,36	0,60
Equitability_J	0,82	0,89	0,92	ND	0,58	0,76	0,86

Para la subcuenca del río Bolo, se registró la especie *Brycon henni* (sabaleta) como de importancia en la pesca de subsistencia o recreativa. La sabaleta habita principalmente los ríos en las zonas montañosas y de piedemonte de la cuenca del río Cauca, y además de su importancia económica y cultural, se destaca su rol ecológico al contribuir a la dispersión de semillas y la regulación de poblaciones de otros peces e invertebrados (Botero-Botero y Ramírez-Castro, 2011), siendo una especie de interés en la acuicultura por su valor nutricional y buena adaptación a diferentes condiciones ambientales (Mancera-Rodríguez, 2017).

En cuanto al estado de conservación, ninguna de las especies registradas se encuentra clasificada en alguna de las categorías de amenaza regional o nacional.

2.11.5 Resultados monitoreo de vertimientos

Para el río Bolo no se realizó monitoreo de vertimientos, dado que se contaba con datos históricos de monitoreo de los cuatro (4) vertimientos directos identificados sobre el cauce del río Bolo.

2.11.6 Índices de calidad y contaminación

Los índices de calidad (ICA) y contaminación (ICO) del recurso hídrico, son una herramienta que facilita la valoración de la calidad del agua, ya que un índice es un único número que expresa la calidad de la fuente, integrando los valores de ciertos parámetros en una expresión simple, cuyo resultado permite clasificar la condición de la fuente. (Anascol, 2022). Los indicadores de calidad y contaminación dan cuenta del deterioro de las condiciones de calidad de la fuente conforme avanza el flujo de la misma.

2.11.6.1 Índice de calidad de agua en corrientes superficiales ICA- IDEAM para el río Bolo

El Índice de calidad del agua es el valor numérico que califica en una de cinco categorías, la calidad del agua de una corriente superficial, con base en las mediciones obtenidas para un conjunto de cinco, seis o siete variables (CEPAL, 2023).

El indicador se puede calcular con un diferente conjunto de variables medidas, cuya cantidad y tipo depende de la disponibilidad de datos, de las diferentes presiones contaminantes a las cuales están sometidos los diferentes cuerpos de agua y del tipo de cuerpo de agua. El ICA IDEAM define el grado de calidad de un cuerpo de agua determinado (Tabla 2-54), con lo que se pretende reconocer problemas de contaminación de una manera ágil y permite evaluar una amplia cantidad de recursos hídricos en forma periódica. Para el río Bolo, se monitorearon cuatro estaciones GB1, GB2, GB4 y GB5 presentándose en 2 de ellas (GB1 y GB5) una calidad del agua aceptable, mientras que en las otras 2 estaciones (GB2 y GB4) la calidad del agua clasificó como regular, como lo dejan ver la Tabla 2-55 y la Figura 2-21.

Tabla 2-54. Clasificación del ICA IDEAM

CLASIFICACIÓN	VALORACIÓN
Buena	0.91 - 1.00
Aceptable	0.71 - 0.90
Regular	0.51 - 0.70
Mala	0.26 - 0.50
Muy Mala	0 - 0.25

Fuente: ENA 2010 y CEPAL, 2023

Tabla 2-55. Resultados ICA IDEAM Río Bolo – Campaña 1

Estación de monitoreo	ID	LONGITUD	ICA IDEAM	
Limnógrafo CVC - Los Minchos	GB1	20.3 km	0,76	ACEPTABLE
Puente Pradera Palmira	GB2	30.2 km	0,70	REGULAR
Puente Bolo - San Isidro - vía a Candelaria	GB4	49.2 km	0,56	REGULAR

Estación de monitoreo	ID	LONGITUD	ICA IDEAM	
Antes desembocadura a Fraile en Pte. Cali - Palmira	GB5	65.0 km	0,79	ACEPTABLE

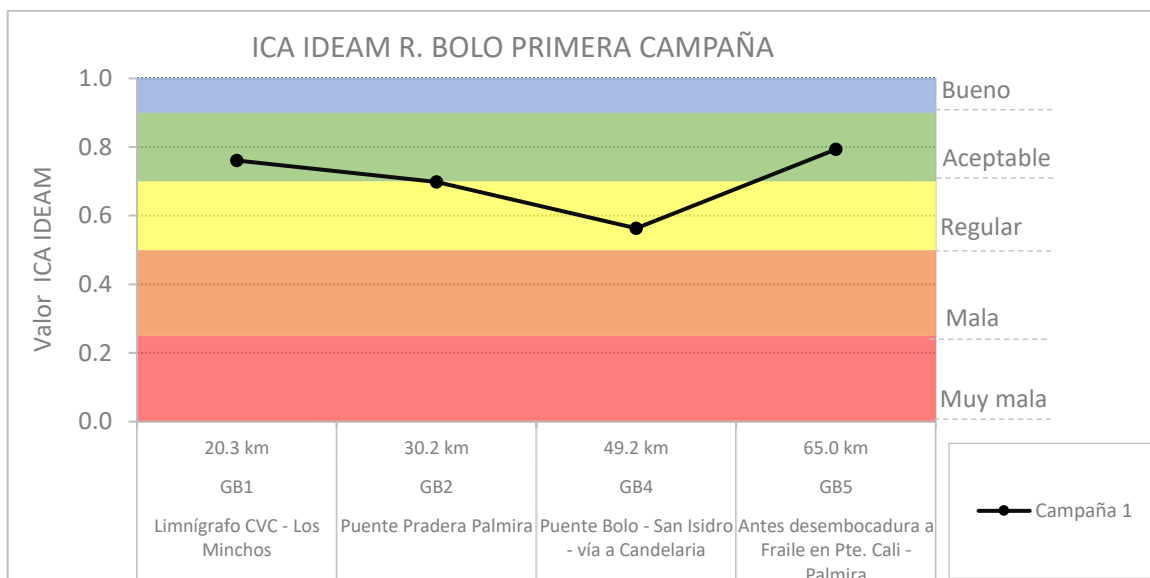


Figura 2-21. ICA IDEAM Río Bolo – Campaña 1

En época húmeda se monitorearon las mismas cuatro estaciones GB1, GB2, GB4 y GB5 presentando sólo GB1 calidad aceptable y las otras 3 estaciones (GB2, GB4 y GB5) clasificaron como regular (Tabla 2-56 y la Figura 2-22).

Tabla 2-56. Resultados ICA IDEAM Río Bolo – Campaña 2

R. BOLO SEGUNDA CAMPAÑA				
Estación de monitoreo	ID	LONGITUD	ICA IDEAM	
Limnógrafo CVC - Los Minchos	GB1	20.3 km	0,78	ACEPTABLE
Puente Pradera Palmira	GB2	30.2 km	0,64	REGULAR
Puente Bolo - San Isidro - vía a Candelaria	GB4	49.2 km	0,53	REGULAR
Antes desembocadura a Fraile en Pte. Cali - Palmira	GB5	65.0 km	0,55	REGULAR

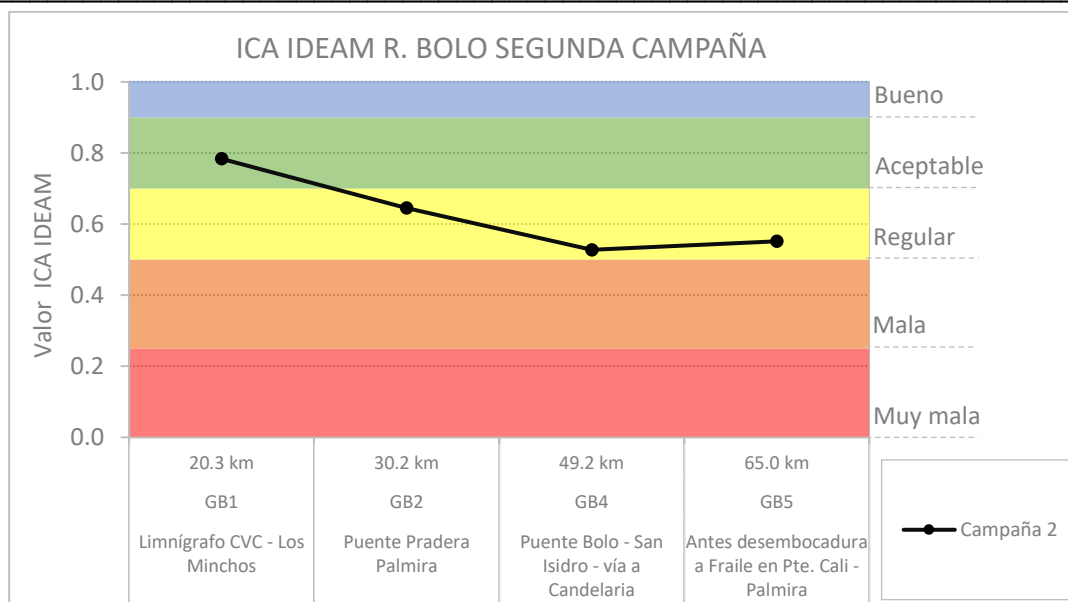


Figura 2-22. ICA IDEAM Río Bolo – Campaña 2

2.11.6.2 índice de calidad CETESB para el río Bolo

Este índice permite definir el estado de calidad de una corriente o de un tramo de ésta. Resume en un vistazo las condiciones de la calidad del agua en un intervalo de tiempo específico. Es un indicador que puede ser fácilmente interpretado por todo tipo de público. Además, permite reconocer problemas de contaminación en un cuerpo de agua y evaluar cómo ha evolucionado la calidad del cuerpo de agua al realizar monitoreos con una cierta periodicidad (CEPAL, 2023). El ICA CETESB, como se presenta en la tabla siguiente, permite clasificar el cuerpo de agua cualitativamente entre *pésima calidad* y *excelente calidad* (Tabla 2-57).

Tabla 2-57. Clasificación ICA CETESB

CLASIFICACIÓN	VALORACIÓN
Excelente	$100 < ICA < 79$
Buena	$79 < ICA < 51$
Regular	$51 < ICA < 36$
Mala	$36 < ICA < 19$
Pésima	$ICA < 19$

Fuente: IQA –Índice de Qualidade das Águas. CETESB (CEPAL, 2023)

Para el caso del índice de calidad CETESB la clasificación fue buena en todas las estaciones de monitoreo de campaña 1 (Figura 2-23).

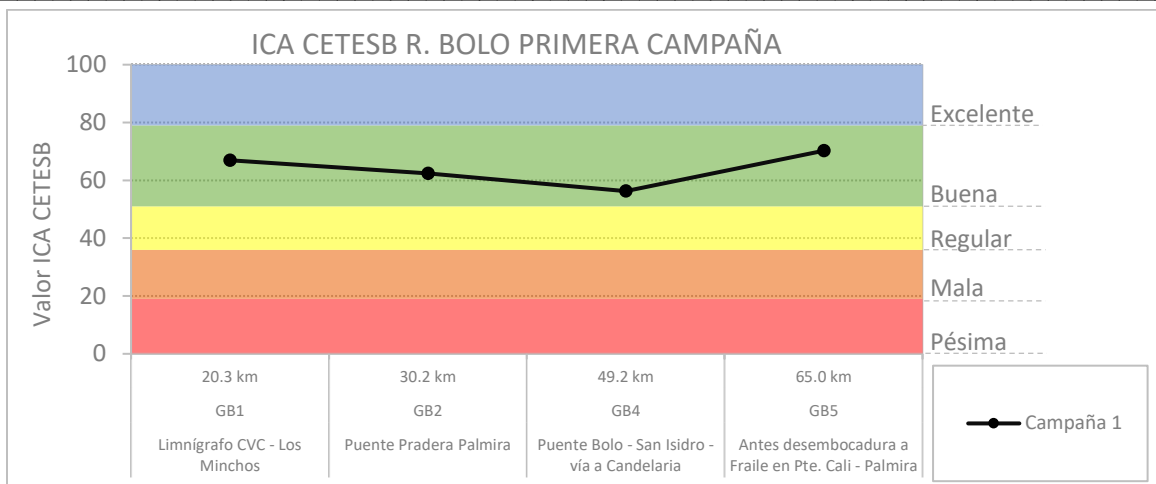


Figura 2-23. ICA CETESB Río Bolo – Campaña 1

En la segunda campaña del índice CETESB, para las estaciones GB1 y GB2 la calificación fue buena, y para las estaciones Gb4 y GB5 fue regular (Figura 2-24).

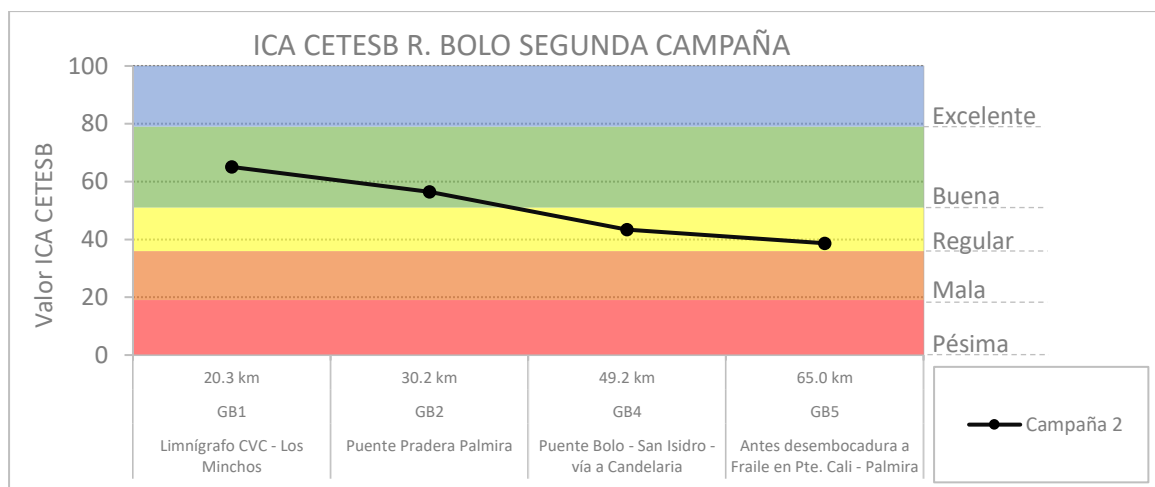


Figura 2-24. ICA CETESB Río Bolo – Campaña 2

2.11.6.3 Índice de Calidad ICA DINUS para el río Bolo

El índice de calidad de DINIUS indica la calidad general del agua de acuerdo con su uso en específico, para este caso se tomó en cuenta el criterio general y consumo humano (Flores Rengifo, 2022). El índice toma en cuenta 12 parámetros: Oxígeno Disuelto (OD), Coliformes Totales (CT), Coliformes Fecales (CF), Potencial de Hidrógeno (pH), Demanda Bioquímica (DBO), Diferencia de Temperatura ΔT , Conductividad Eléctrica, Color, Dureza, Cloruros, Alcalinidad y Nitratos. El valor resultado del ICA DINIUS se interpreta de acuerdo con la escala de clasificación en un rango de 0 (inaceptable) a 100 (excelente), como ya se mencionó el índice

indica la calidad general del agua de acuerdo con su uso (Tabla 2-58).

Tabla 2-58. Clasificación de la calidad del agua según el ICA para el índice de DINIUS

CLASIFICACIÓN	VALORACIÓN
Excelente	91-100
Buena	81-90
Regular	51-80
Mala	41-50
Pésima	0-40

Fuente: (Flores Rengifo, 2022)

Los resultados de la primera campaña para el índice de calidad DINIUS la clasificación fue regular en todas las estaciones de monitoreo (Figura 2-25).

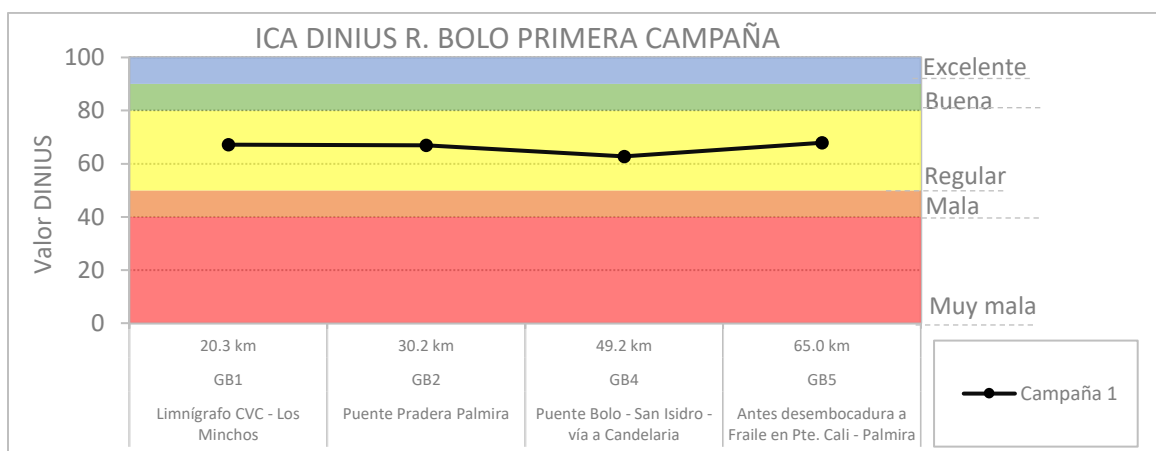


Figura 2-25. ICA DINIUS Río Bolo – Campaña 1

Para la segunda campaña el índice DINIUS, en todos los casos, la clasificación de la calidad fue regular (Figura 2-26).

2.11.6.4 Índice de Contaminación ICOMO para el río Bolo

El índice de contaminación por mineralización – ICOMO evalúa las variables como oxígeno disuelto, DBO₅, y coliformes totales y fecales. Algunas otras variables cuya medición es menos frecuente como materia orgánica, dióxido de carbono, metano y ácido sulfhídrico, también pertenecen a este grupo. Permite evaluar la contaminación de un cuerpo de agua en relación con el grado de contaminación por materia orgánica (

Tabla 2-59) (Ramírez et al., 1997).

Para el río Bolo el índice de contaminación ICOMO para la campaña 1 reporta una contaminación media para las estaciones GB1, GB2 y GB4, mientras que para la estación GB5 la clasificación fue baja (Figura 2-27), mientras que para la campaña 2, como puede apreciarse en la Figura 2-28, el mismo índice muestra que para las estaciones GB1, GB2 y GB4 la clasificación fue muy

baja, en tanto que, para la estación GB5 la clasificación correspondió a baja.

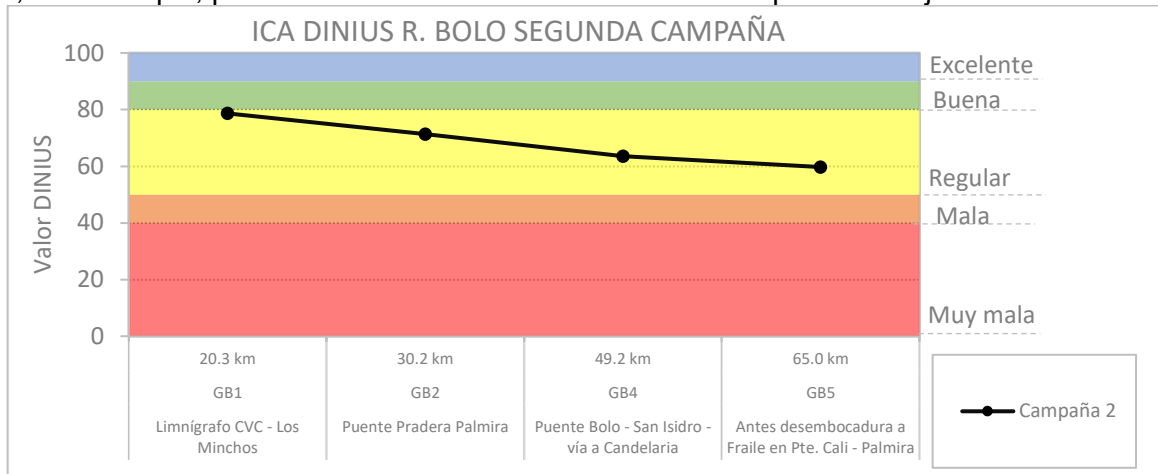


Figura 2-26. ICA DINIUS Río Bolo – Campaña 2

Tabla 2-59. Clasificación de la Contaminación ICOMO

Clasificación de la Contaminación	Valores Del ICO
Muy baja	0 - 0.2
Baja	0.2 - 0.4
Media	0.4 - 0.6
Alta	0.6 - 0.8
Muy Alta	0.8 - 1.0

Fuente: Ramírez, A. y Viña, (1997) (CEPAL, 2023)

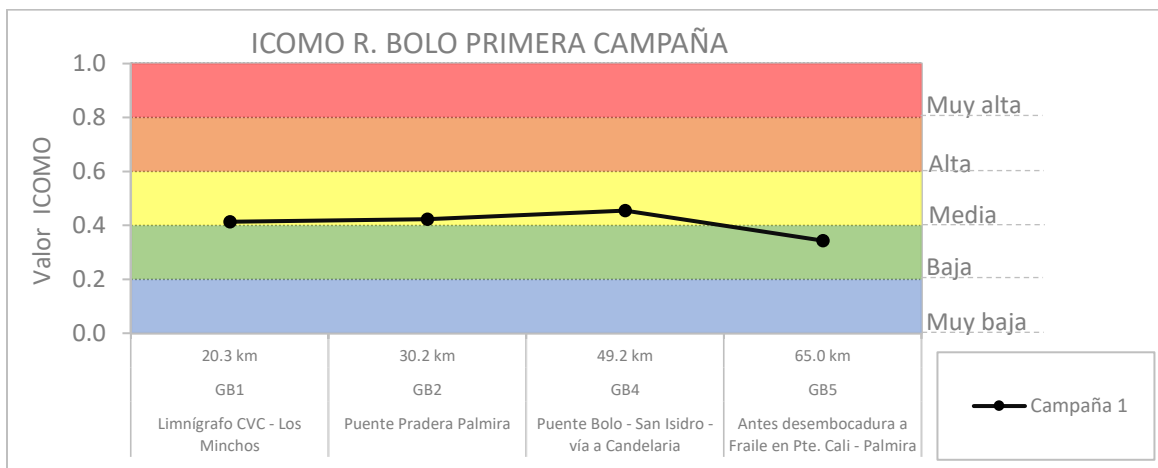


Figura 2-27. Índice ICOMO río Bolo Campaña 1

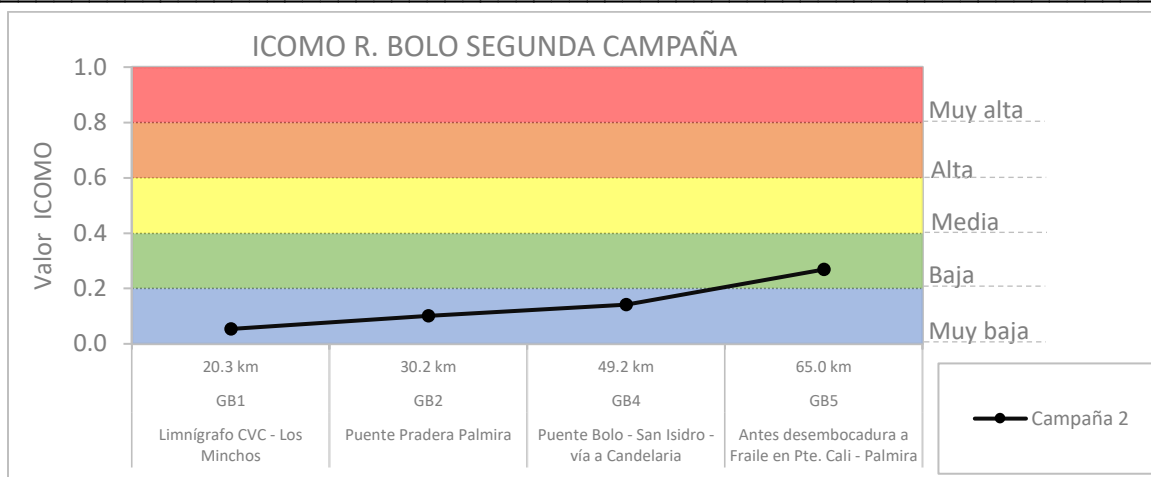


Figura 2-28. Índice ICOMO río Bolo Campaña 2

2.11.6.5 Índice de Contaminación Tráfico – ICOTRO para el río Bolo

Este índice se utiliza para la evaluación de la variable fósforo total. Éste componente está ligado tan sólo a los ortofosfatos que lo conforman, por ser el nutriente limitante, este define la eutrofización de los ecosistemas acuáticos, fenómeno de gran importancia principalmente en aguas lenticas; así, en aguas claras pueden dar origen a comunidades de perifiton, mientras que en caños y quebradas de bajas altitudes pueden estar asociadas a comunidades de fitoplancton y macrófitas, debido a que en temporadas de sequía los cuerpos de agua se estancan o poseen una velocidad muy reducida (CEPAL, 2023).

Este indicador permite tener una idea global de la calidad del agua en una corriente o tramo específico en relación con su contenido de fósforo, es decir, de un tipo de contaminación específica. Por ejemplo, la presencia de una gran cantidad de fertilizantes. Además, permite inferir la presencia de ciertas fuentes de contaminación, como en este caso, las que aumentan el grado de eutrofización, los cuales indican la presencia en la cuenca de actividad y/o procesos contaminantes específicos (CEPAL, 2023).

Se fundamenta en la concentración del fósforo total, el cual define por sí mismo una categoría discreta (Tabla 2-60)

Tabla 2-60. Clasificación de la Contaminación ICOTRO

Clasificación	Peso	Expresada como
Oligotrófico	< 0.01	mg/L
Mesotrófico	0.01 - 0.02	mg/L
Eutrófico	0.01 - 1	mg/L
Hipereutrófico	< 1	mg/L

El índice ICOTRO mostró una clasificación para todas las estaciones monitoreadas en campaña 1 correspondiente a eutrófico (Tabla 2-61), mientras que para la campaña 2 el mismo índice correspondió, en la mayoría de las estaciones (GB1, GB2 y GB5), a la clasificación eutrófica, salvo la estación GB4 para la cual la clasificación fue hipereutrófica (Tabla 2-62).

Tabla 2-61. Índice ICOTRO para el río Bolo – campaña 1

R. BOLO PRIMERA CAMPAÑA				
Estación de monitoreo	ID	LONGITUD	ICOTRO	
Limnógrafo CVC - Los Minchos	GB1	20.3 km	0.05 mg/L	EUTRÓFICO
Puente Pradera Palmira	GB2	30.2 km	0.08 mg/L	EUTRÓFICO
Puente Bolo - San Isidro - vía a Candelaria	GB4	49.2 km	0.57 mg/L	EUTRÓFICO
Antes desembocadura a Fraile en Pte. Cali - Palmira	GB5	65.0 km	0.25 mg/L	EUTRÓFICO

Tabla 2-62. Índice ICOTRO para el río Bolo – campaña 2

R. BOLO SEGUNDA CAMPAÑA				
Estación de monitoreo	ID	LONGITUD	ICOTRO	
Limnógrafo CVC - Los Minchos	GB1	20.3 km	1,00 mg/L	EUTRÓFICO
Puente Pradera Palmira	GB2	30.2 km	1,00 mg/L	EUTRÓFICO
Puente Bolo - San Isidro - vía a Candelaria	GB4	49.2 km	2,80 mg/L	HIPEREUTRÓFICO
Antes desembocadura a Fraile en Pte. Cali - Palmira	GB5	65.0 km	1,00 mg/L	EUTRÓFICO

2.11.6.6 Índices históricos de calidad y de contaminación para el río Bolo

La CVC cuenta actualmente con una red de monitoreo de calidad de agua sobre el río Bolo, con monitoreos ejecutados de manera anual o semestral durante los años 2005 y 2022. La recopilación de esta información hizo posible realizar un seguimiento a la calidad del agua e identificar el comportamiento de la corriente durante las temporadas secas que corresponden a los meses de enero, febrero, agosto y diciembre, y las temporadas húmedas que corresponden a los meses de marzo, abril, mayo, octubre y noviembre. Los resultados históricos se compilan en la *Tabla 2-63*.

Tabla 2-63. Índices históricos calculados del río Bolo para cada uno de los puntos de la red de monitoreo de la CVC durante el periodo 2005 al 2022

Estación de monitoreo			INDICE	ICA IDEAM		ICA CETESB		DINIUS		ICOMO		ICOTRO	
Limnógrafo CVC - Los Minchos	GB1	20.3 km	Máximos	0,86	ACEPTABLE	80,61	EXCELENTE	80,64	BUENA	0,35	BAJA	0,18	EUTRÓFICO
Puente Pradera Palmira	GB2	30.2 km	Máximos	0,79	ACEPTABLE	75,31	BUENA	71,83	REGULAR	0,65	ALTA	0,52	EUTRÓFICO
Puente Bolo - San Isidro - vía a	GB4	49.2 km	Máximos	0,74	ACEPTABLE	70,93	BUENA	66,53	REGULAR	0,56	MEDIA	0,31	EUTRÓFICO
Antes desembocadura a Fraile en Pte.	GB5	65.0 km	Máximos	0,74	ACEPTABLE	75,08	BUENA	68,77	REGULAR	0,56	MEDIA	0,50	EUTRÓFICO
Limnógrafo CVC - Los Minchos	GB1	20.3 km	Mínimos	0,55	REGULAR	48,83	REGULAR	63,17	REGULAR	0,07	NINGUNA	0,03	EUTRÓFICO
Puente Pradera Palmira	GB2	30.2 km	Mínimos	0,52	REGULAR	39,03	REGULAR	44,55	MALA	0,27	BAJA	0,03	EUTRÓFICO
Puente Bolo - San Isidro - vía a	GB4	49.2 km	Mínimos	0,48	MALO	35,79	MALA	50,52	REGULAR	0,17	NINGUNA	0,03	EUTRÓFICO
Antes desembocadura a Fraile en Pte.	GB5	65.0 km	Mínimos	0,46	MALO	36,49	REGULAR	49,00	MALA	0,05	NINGUNA	0,03	EUTRÓFICO
HUMEDO													
Estación de monitoreo			INDICE	ICA IDEAM		ICA CETESB		DINIUS		ICOMO		ICOTRO	
Limnógrafo CVC - Los Minchos	GB1	20.3 km	Máximos	0,88	ACEPTABLE	79,57	EXCELENTE	78,73	REGULAR	0,58	MEDIA	0,55	EUTRÓFICO
Puente Pradera Palmira	GB2	30.2 km	Máximos	0,69	REGULAR	62,36	BUENA	65,37	REGULAR	0,65	ALTA	0,31	EUTRÓFICO
Puente Bolo - San Isidro - vía a	GB4	49.2 km	Máximos	0,69	REGULAR	62,36	BUENA	65,37	REGULAR	0,65	ALTA	0,31	EUTRÓFICO
Antes desembocadura a Fraile en Pte.	GB5	65.0 km	Máximos	0,61	REGULAR	55,22	BUENA	61,07	REGULAR	0,81	MUY ALTA	1,02	HIPEREUTRÓFICO
Limnógrafo CVC - Los Minchos	GB1	20.3 km	Mínimos	0,60	REGULAR	35,84	MALA	62,71	REGULAR	0,00	NINGUNA	0,03	EUTRÓFICO
Puente Pradera Palmira	GB2	30.2 km	Mínimos	0,50	REGULAR	39,38	REGULAR	53,25	REGULAR	0,35	BAJA	0,05	EUTRÓFICO
Puente Bolo - San Isidro - vía a	GB4	49.2 km	Mínimos	0,42	MALO	24,42	MALA	44,40	MALA	0,19	NINGUNA	0,03	EUTRÓFICO
Antes desembocadura a Fraile en Pte.	GB5	65.0 km	Mínimos	0,28	MALO	24,94	MALA	44,47	MALA	0,32	BAJA	0,03	EUTRÓFICO

2.11.7 Indicadores biológicos para el río Bolo

Respecto a indicadores biológicos, se realizó el cálculo con los resultados de monitoreo de calidad de la corriente hídrica superficial, para lo cual se presenta los principales resultados correspondientes a la primera y segunda campaña de monitoreo.

2.11.7.1 Índice BMWP para el río Bolo

El índice BMWP/Col es un método usado para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores, este método solo requiere establecer el nivel taxonómico hasta familia, a cada una de ellas se le otorga un valor determinado que va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia que estos grupos tienen ante la contaminación orgánica, en donde las familias más sensibles reciben un puntaje mayor (Roldán, 2003), la suma de los puntajes de cada familia proporciona el valor total BMWP/Col. Fueron establecidas cinco categorías de calidad del agua de acuerdo con el valor total BMWP/Col y son las que se muestran en la Tabla 2-64.

Tabla 2-64. Niveles de clasificación de la calidad del agua según el índice BMWP/Col

CLASE	BMWP/Col	SIGNIFICADO	CALIDAD
I	>150, 101-120	Aguas muy limpias no contaminadas	Buena
II	61-100	Aguas donde se evidencia algún efecto de contaminación	Aceptable
III	36-60	Aguas contaminadas	Dudosa
IV	16-35	Aguas muy contaminadas	Crítica
V	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	Muy crítica

(Fuente Roldán, 2003)

En terminos hidrobiológicos los resultados de las campañas para el río Bolo, reflejan para la época seca una condición aceptable para la calidad del agua. Sin embargo, estas condiciones cambian en época de lluvia disminuyendo drásticamente la calidad del agua para clasificarse entre dudosa y muy crítica. Los resultados para el cálculo del índice BMW/P se presentan en la Tabla 2-65.

Tabla 2-65. Clasificación de las aguas en los puntos de monitoreo del río Bolo según BMWP

Puntos de Monitoreo		Campaña 1			Campaña 2		
		E. Seca	BMWP/Col	Significado	E. Lluvia	BMWP/Col	Significado
GB1	Río Bolo - Los Minchos	99	ACEPTABLE	Aguas donde se evidencia algún efecto de contaminación	40	DUDOSA	Aguas ligeramente contaminadas a moderadamente contaminadas
GB2	Río Bolo - Puente Vía Palmira-Pradera	73	ACEPTABLE	Aguas donde se evidencia algún efecto de contaminación	17	CRITICA	Aguas ligeramente contaminadas a Muy contaminadas
GB3	Río Bolo - Q. Agua Clara - Confluencia Río Bolo	100	ACEPTABLE	Aguas donde se evidencia algún efecto de	7	MUY CRÍTICA	Aguas ligeramente contaminadas a

Puntos de Monitoreo		Campaña 1			Campaña 2		
		E. Seca	BMWP/Col	Significado	E. Lluvia	BMWP/Col	Significado
				contaminación			fuertemente contaminadas
GB5	Río Bolo - Recta Cali Palmira	70	ACEPTABLE		19	CRITICA	Aguas ligeramente contaminadas a muy contaminadas

3. FASE III. IDENTIFICACIÓN DE USOS POTENCIALES: PROSPECTIVA

3.1 Proyección de la demanda total de agua para el río Bolo

Para estimar la proyección de la demanda total del tramo de río Bolo en ordenamiento se utiliza la proyección poblacional y producción agrícola asociada al todo el sistema Guachal, debido a la limitación en disponibilidad de la información relacionada con las actividades industriales y agropecuarias; dado que no existen estas estimaciones directas para los tramos de estudio se considerará el porcentaje del área que ocupa la subcuenca del río Bolo dentro del sistema Guachal, que corresponde al 35.57%, tal como se representó en la Tabla 2 14.

En la Tabla 3-1 se presenta la relación de la población estimada al año 2024 para los municipios localizados dentro de la cuenca del sistema Guachal, como también la relación de las actividades productivas que se presentan en el territorio.

Tabla 3-1. Relación de los afluentes de la Cuenca Guachal, municipios de influencia, población estimada y actividades agrícolas con su extensión

cuenca	Municipio	Población Estimada (2024)	Actividades Agrícolas	Extensión Aproximada (ha)
Fraile	Florida	58.522	Cultivos de caña de azúcar.	3.000
			Ganadería en pequeñas explotaciones.	500
			Producción de maíz y frijol en áreas rurales.	800
Párraga	Pradera	49.416	Café en las zonas más altas.	1.200
			Cultivos de frutas (banano, plátano) y hortalizas.	600
			Ganadería en praderas abiertas.	400
Bolo	Palmira	359.549	Extensas plantaciones de caña de azúcar.	25.000
			Cultivos de algodón	1.000
			Arroz y frutas tropicales	1.200
Aguaclara	Palmira		Predomina el cultivo de caña de azúcar.	10.000
			Producción de frutas y hortalizas en áreas rurales.	1.500
			Palmira	Palmira
Arroz	2.000			
Ganadería y pastos.	1.000			
Guachal	Palmira		94.103	Caña de azúcar.
		Cultivos de frutales (cítricos, mango) y hortalizas.		1.000
		Ganadería		1.500

3.1.1 Proyección de la Demanda Hídrica para Consumo Humano

Según datos de la Organización Mundial de la Salud en promedio una persona requiere de 100 litros al día de agua para suplir sus necesidades básicas. Para las proyecciones de la dotación para el área de estudio de la cuenca Guachal, establecida en 125 litros/habitante/día, se tomaron como referencia el promedio establecido por el IDEAM, medido como la dotación de agua diaria (DaD) de acuerdo con la localización del municipio y el área de interés según la altura sobre el nivel del mar para municipios con zonas atendidas de >2.000 m.s.n.m. (120 l/hab*día) y entre <1.000 – 2.000 m.s.n.m. (130 l/hab*día).

El sistema Guachal tiene alrededor de 562.000 habitantes al 2024, según datos del DANE, en sus cuatro municipios de influencia (Florida, Pradera, Palmira, Candelaria). De esta forma, con los datos del DANE, basados en el Censo Nacional de Población, se estima el crecimiento poblacional de los municipios dentro de la Unidad Hidrográfica para el periodo comprendido entre los años 2020 al 2044.

Para estimar la proyección por cada tramo de las fuentes que forman parte de la cuenca del río Guachal se multiplica la población proyectada para cada año en cada municipio, por el porcentaje del área que tiene el municipio dentro de la Unidad Hidrográfica. Sin embargo, esta información al no estar disponible se realiza sobre la proyección poblacional general, como se expresa en la siguiente Ecuación (1).

$$DH_{hti} = \sum_{i=1}^n (DaD * 0.001 * h_t) * \left(\frac{1}{86400}\right) \quad (1)$$

Donde:

DH_{hti} = Demanda hídrica humana promedio año expresada en m³/seg

DaD = Dotación de agua diaria, medida en litros/habitante/día

h_t = Cantidad habitantes al año en los municipios de influencia de la cuenca

De esta forma se calculó la proyección de demanda hídrica por consumo humano para los municipios de Florida, Pradera, Palmira y Candelaria para considerar en abastecimiento de agua potable para sus cabeceras municipales y corregimentales (Tabla 3-2).

Tabla 3-2. Proyección de la demanda hídrica para consumo humano para los municipios de Pradera, Florida, Palmira y candelaria, para el periodo 2020-2044

Año	Florida	m ³ /s	Pradera	m ³ /s	Palmira	m ³ /seg	Candelaria	m ³ /s
2025	58.566	0,0692	49.487	0,0585	359.888	0,4254	94.202	0,1113
2026	58.600	0,0693	49.497	0,0585	359.988	0,4255	94.199	0,1113
2027	58.563	0,0692	49.519	0,0585	359.882	0,4254	94.215	0,1114
2028	58.536	0,0692	49.516	0,0585	359.731	0,4252	94.168	0,1113
2029	58.501	0,0692	49.508	0,0585	359.495	0,4249	94.091	0,1112
2030	58.464	0,0691	49.483	0,0585	359.210	0,4246	94.032	0,1111
2031	58.387	0,0690	49.434	0,0584	358.874	0,4242	93.968	0,1111
2032	58.328	0,0689	49.422	0,0584	358.453	0,4237	93.859	0,1109
2033	58.245	0,0688	49.357	0,0583	358.020	0,4232	93.742	0,1108
2034	58.162	0,0687	49.314	0,0583	357.469	0,4225	93.620	0,1107
2035	58.033	0,0686	49.228	0,0582	356.829	0,4218	93.496	0,1105
2036	58.260	0,0689	49.421	0,0584	358.225	0,4234	93.862	0,1109

Año	Florida	m³/s	Pradera	m³/s	Palmira	m³/seg	Candelaria	m³/s
2037	58.471	0,0691	49.600	0,0586	359.523	0,4250	94.202	0,1113
2038	58.667	0,0693	49.765	0,0588	360.725	0,4264	94.517	0,1117
2039	58.847	0,0696	49.918	0,0590	361.831	0,4277	94.807	0,1121
2040	59.011	0,0698	50.057	0,0592	362.841	0,4289	95.071	0,1124
2041	59.159	0,0699	50.183	0,0593	363.753	0,4300	95.310	0,1127
2042	59.292	0,0701	50.296	0,0595	364.570	0,4309	95.524	0,1129
2043	59.410	0,0702	50.396	0,0596	365.295	0,4318	95.714	0,1131
2044	59.513	0,0703	50.483	0,0597	365.927	0,4325	95.880	0,1133

3.1.2 Proyección de la demanda hídrica para la producción agrícola

El Valle del Cauca tiene varias actividades productivas agropecuarias entre las que se destacan la caña de azúcar, café, frutas y hortalizas, pasturas, maíz, frijol, algodón y arroz. Según Minagricultura (2016) y de acuerdo con datos abiertos de Colombia suministrados por la Secretaría de Desarrollo Rural, Agricultura y Pesca actualizado al 2023, en las ciudades de influencia del sistema Guachal, se tiene que área de cada cultivo es la que se presenta en la (Tabla 3-3).

Tabla 3-3. Área de cultivo por municipio asociado al río Bolo y su afluente el río Aguaclara

Subcuenca	Municipio	Actividad Productiva predominante	Extensión de Tierra (ha)
Fraile	Florida	Caña de azúcar	3000
		Ganadería	500
		Maíz y frijol	800
Párraga	Pradera	Café	1200
		Frutas y hortalizas	600
		Ganadería	400
Bolo	Palmira	Caña de azúcar	25000
		Algodón	1000
		Arroz y frutales	1200
Aguaclara	Palmira	Caña de azúcar	10000
		Frutas y hortalizas	1500
Palmira	Palmira	Caña de azúcar	12000
		Arroz	2000
		Ganadería	1000
Guachal	Palmira	Caña de azúcar	8000
		Frutales y hortalizas	1000
		Ganadería	1500

De acuerdo con FAO (2012), Romero, Quintero y Monserrate (2016) y Naranjo (2019) el consumo de los cultivos presentes en las áreas de influencia en los ríos que abastecen la cuenca Guachal son:

Tabla 3-4. Consumo hídrico por cultivo presente en el área de influencia de la Cuenca del río Bolo

Cultivo/Actividad	Consumo de Agua (m³/ha/día)
Caña de azúcar	32,88
Café	21,92
Frutas y hortalizas	19,18

Cultivo/Actividad	Consumo de Agua (m³/ha/día)
Ganadería (Pasto)	13,7
Maíz y frijol	16,44
Algodón	24,66
Arroz	35,62

De esta forma la demanda hídrica de cultivos se calcula con la Ecuación 2 descrita a continuación

$$DH_{c_i} = \sum_{i=1}^n (Ext_i * C_i) * \left(\frac{1}{86400}\right) \quad (2)$$

Donde:

DH_{c_i} = Demanda hídrica para producción agrícola promedio año expresada en m3/seg

Ext_i = Extensión estimada de cultivo en el área de influencia en cada rio de la cuenca

C_i = Tipo de cultivo sobre el área de influencia de la cuenca.

Así, el consumo medio por cada actividad agrícola estimado para el 2024 se presenta en la (Tabla 3-5)

Tabla 3-5. Consumo hídrico promedio en cada cultivo presente en el área de influencia del sistema Guachal por Hectárea

subcuenca	Municipio	Actividad Productiva	Extensión de Tierra (ha)	Consumo en m³/s
Fraile	Florida	Caña de azúcar	3000	1,166
		Ganadería	500	0,081
		Maíz y frijol	800	0,155
Párraga	Pradera	Café	1200	0,311
		Frutas y hortalizas	600	0,136
		Ganadería	400	0,065
Bolo	Palmira	Caña de azúcar	25000	9,716
		Algodón	1000	0,291
		Arroz y frutales	1200	0,505
Aguaclara	Palmira	Caña de azúcar	10000	3,887
		Frutas y hortalizas	1500	0,340
Palmira	Palmira	Caña de azúcar	12000	4,664
		Arroz	2000	0,842
		Ganadería	1000	0,162
Guachal	Palmira	Caña de azúcar	8000	3,109
		Frutales y hortalizas	1000	0,227
		Ganadería	1500	0,243

3.1.3 Proyección de la Demanda Hídrica Total

Para calcular la demanda hídrica del sistema de la cuenca, se considera la suma del consumo humano y el consumo agrícola proyectado hasta 2044. No obstante, para estimar el consumo de agua por la producción agrícola, es necesario calcular la tasa de crecimiento anual entre 2025 y 2044. Para ello, se utilizó un modelo VAR (modelo de vectores autorregresivos), que es un sistema de ecuaciones diseñado para analizar las relaciones entre variables económicas. Este modelo matemático permite comprender la dinámica de sistemas complejos con variables interrelacionadas, corrigiendo los efectos que pueden tener unas variables sobre otras como es en este caso donde relacionamos las variables crecimiento económico y demanda de agua. Este

modelo se aplicó utilizando los datos del cálculo de actualización del sistema de cuentas económicas distritales de Santiago de Cali para el período 2015-2022 (Cifuentes et al., 2023).

$$TCE_{ag,t} = \alpha_1 TCE_{ag,t-n} + \alpha_2 \pi_{t-n} + \alpha_3 i_{t-n} + \varepsilon_{ag,t-n} \quad (3)$$

Donde:

$TCE_{ag,t}$ = Tasa de crecimiento del PIB de la agricultura para el Valle del Cauca para el periodo estimado

$TCE_{ag,t-n}$ = Tasa de crecimiento del PIB de la agricultura para el Valle del Cauca para el periodo estimado rezagados

π_{t-n} = Variación de precios histórica

i_{t-n} = Tasa de interés histórica

De esta forma, a partir del modelo el promedio anual de crecimiento del sector agrícola para el Valle del Cauca fue 3.5386% con una significancia en la proyección del 97,8652.

Con los datos de la proyección de consumo hídrico humano (DH_h), el cálculo por consumo de la producción agrícola (DH_c) y el incremento estimado de la producción agrícola (TCE_{ag}) se logró estimar la demanda hídrica de cuenca Guachal (DH_{cuenca}) con la Ecuación 4

$$DH_{cuenca,t} = DH_{h_{ti}} + DH_{c_i} * TCE_{ag,t} \quad (4)$$

Así, los ríos que abastecen la cuenca, como el Fraile, Párraga, Bolo, Palmira y Guachal, son fundamentales para mantener la sostenibilidad de la producción agrícola y el abastecimiento de agua potable en los municipios beneficiados. Sin embargo, la creciente demanda hídrica, exacerbada por el aumento poblacional y la expansión agrícola, plantea desafíos significativos para la gestión sostenible del recurso. En la Tabla 3-6 se presenta la demanda hídrica total proyectada para los municipios que hacen parte de la cuenca del río Bolo.

Teniendo en cuenta el crecimiento de la demanda, la alternativa para mantener el abastecimiento de los diversos sectores productivos es la complementación con agua subterránea, lo cual será posible en la medida en que las condiciones técnicas de disponibilidad lo permitan

3.2 Modelación de calidad de agua: Definición de la estructura conceptual para la modelación de la calidad del agua

En la formulación de los PORH se implementan modelos de simulación de la calidad del agua, con el fin de determinar la capacidad de asimilación de sustancias contaminantes y la capacidad de dilución de estas, para evaluar diferentes escenarios de calidad y cantidad en un marco de sostenibilidad.

Los datos obtenidos en las dos campañas de monitoreo se utilizaron para alimentar el modelo matemático Qual2Kw. En la implementación del modelo de calidad se siguió el protocolo de modelación definido en la guía nacional de modelación del recurso hídrico adoptada mediante la Resolución 959 del 31 de mayo de 2018.

Tabla 3-6. Demanda hídrica proyectada al 2044 para los municipios que hacen parte de la cuenca Bolo (datos en m³/s)

Año	Fraile		Párraga		Bolo-Palmira		Guachal		Demanda promedio por tipo en la cuenca		Demanda promedio estimada en la cuenca
	Humano	Agrícola	Humano	Agrícola	Humano	Agrícola	Humano	Agrícola	Humano	Agrícola	
2025	0,0692	1,2469	0,0585	0,5117	0,4254	20,4075	0,1113	3,5788	0,6645	25,7450	26,4095
2026	0,0693	1,2911	0,0585	0,5298	0,4255	21,1296	0,1113	3,7055	0,6646	26,6560	27,3206
2027	0,0692	1,3367	0,0585	0,5486	0,4254	21,8773	0,1114	3,8366	0,6645	27,5992	28,2638
2028	0,0692	1,3840	0,0585	0,5680	0,4252	22,6515	0,1113	3,9724	0,6642	28,5759	29,2401
2029	0,0692	1,4330	0,0585	0,5881	0,4249	23,4530	0,1112	4,1129	0,6638	29,5871	30,2509
2030	0,0691	1,4837	0,0585	0,6089	0,4246	24,2829	0,1111	4,2585	0,6633	30,6340	31,2974
2031	0,0690	1,5362	0,0584	0,6305	0,4242	25,1422	0,1111	4,4092	0,6627	31,7180	32,3808
2032	0,0689	1,5906	0,0584	0,6528	0,4237	26,0319	0,1109	4,5652	0,6620	32,8404	33,5024
2033	0,0688	1,6469	0,0583	0,6759	0,4232	26,9531	0,1108	4,7267	0,6612	34,0025	34,6637
2034	0,0687	1,7051	0,0583	0,6998	0,4225	27,9068	0,1107	4,8940	0,6602	35,2057	35,8660
2035	0,0686	1,7655	0,0582	0,7245	0,4218	28,8943	0,1105	5,0672	0,6591	36,4515	37,1106
2036	0,0689	1,8280	0,0584	0,7502	0,4234	29,9168	0,1109	5,2465	0,6617	37,7414	38,4031
2037	0,0691	1,8926	0,0586	0,7767	0,4250	30,9754	0,1113	5,4321	0,6641	39,0769	39,7410
2038	0,0693	1,9596	0,0588	0,8042	0,4264	32,0715	0,1117	5,6243	0,6663	40,4597	41,1260
2039	0,0696	2,0290	0,0590	0,8327	0,4277	33,2064	0,1121	5,8234	0,6683	41,8914	42,5597
2040	0,0698	2,1008	0,0592	0,8621	0,4289	34,3814	0,1124	6,0294	0,6702	43,3738	44,0439
2041	0,0699	2,1751	0,0593	0,8926	0,4300	35,5981	0,1127	6,2428	0,6719	44,9086	45,5805
2042	0,0701	2,2521	0,0595	0,9242	0,4309	36,8577	0,1129	6,4637	0,6734	46,4977	47,1711
2043	0,0702	2,3318	0,0596	0,9569	0,4318	38,1620	0,1131	6,6924	0,6747	48,1431	48,8178
2044	0,0703	2,4143	0,0597	0,9908	0,4325	39,5124	0,1133	6,9292	0,6759	49,8467	50,5226

En la Tabla 3-7 se presenta la estructura conceptual para la modelación de la calidad del agua del río Bolo, donde se presenta la identificación de cada punto de interés, así como el nombre, la ubicación y la distancia a la que se encuentra respecto al nacimiento. En la Figura 3-1 y Figura 3-2 se muestran los esquemas que representan de manera gráfica la estructura conceptual para la modelación del río Bolo.

Tabla 3-7. Esquematzación Río Bolo

Tipo	ID	Nombre	Distancia aguas abajo (km)	Coordenadas *	
				Norte	Oeste
Punto de Monitoreo	GB1	Limnógrafo CVC – Los Minchos	20.30	1100435.760	869946.250
Captación	D1	Derivación 1 (Ac. Lomitas 266 L/s y Ac. Recreo 3 L/s) – Acequia Lomitas	22.22	1098841.74	869808.88
Captación	D2	Derivación 2 – Acequia El Tablón	22.56	1098546.15	869637.81
Captación	D3	Derivación 3 – Acequia Zanjón Guabinas	24.10	1097222.65	869017.59
Captación	D4	Derivación 4 – Acequia Zanjón Bolito (Captación Aquavalle 240 L/s)	25.49	1095929.033	869128.259
Afluente	A1	Quebrada Salsipuedes	26.55	1095292.16	869831.15
Vertimiento	V1	VPC2 – Vertimiento Cabecera municipal Pradera – Colector Las Vegas	28.54	1093522.47	870383.15
Vertimiento	V2	VPD1 – Asentamiento Pradera (Barrios Marsella, Primero de Mayo, Las Vegas y La Playita)	28.65	1093483.30	870347.18
Captación	D5	Riopaila Castilla S.A. – Leona No 2	29.18	1093057.08	870581.81
Captación	D6	Ingenio Mayagüez S.A – La Leona 2	29.70	1092690.06	870896.67
Captación	D7	Carlos Vivero S – La Virgen 1	30.14	1092426.16	871202.41
Captación	D8	Eduardo López – La Virgen 2	30.14	1092426.16	871202.41
Punto de Monitoreo	GB2	Puente Pradera Palmira	30.20	1090040.94	862576.85
Captación	D9	Liliana Gómez – La Camila	30.26	1092326.40	871265.60
Captación	D10	Miguel Ángel Tascón – El Fresal	30.27	1092318.06	871273.27
Afluente	A2	Quebrada La Leona	30.43	1091956.74	871431.78
Captación	D11	Ingenio Mayagüez S.A – La Leona 1	30.76	1092159.03	871679.00
Captación	D12	Liliana Chávez – Las Brianitas	30.85	1092067.69	871644.30
Captación	D13	Federico Rojas – El Madroño, La Esperanza y Los Alpes	31.88	1091619.96	872129.43
Afluente	A3	Quebrada Magdalena	32.95	1090844.37	872644.24
Captación	D14	Oscar Molina – La Bertina	33.00	1090990.04	872695.97
Captación	D15	R&G Compañía – El Porvenir	33.02	1091000.82	872724.24
Captación	D16	German Borrero – Alsacia	33.21	1090836.20	872820.87
Captación	D17	Oscar Molina – Sirata	33.56	1090567.59	872869.48
Captación	D18	Domínguez Navia S.A. – La Sinforosa	33.68	1090442.22	872908.08
Captación	D19	Javier Baena Vélez – La Lorena Vélez	33.94	1090391.13	873097.88
Captación	D20	Ingenio Providencia S.A. – Cantalamota	34.02	1090393.84	873180.21
Captación	D21	Javier Baena Vélez – La Lorena Vélez	34.52	1090219.49	873468.12
Captación	D22	Agrícola San Felipe S.A. – San Camilo	34.61	1090145.66	873527.44
Captación	D23	Javier Baena Vélez – La Lorena Vélez	35.31	1089864.96	873929.93
Captación	D24	Diego Vargas – Los Escobares	35.42	1089788.72	873998.67
Captación	D25	Guillermo Serrano – Los Serranos	35.42	1089788.72	873998.67
Captación	D26	Fabio López – Bellavista López	36.14	1090267.30	874590.43
Captación	D27	German Borrero – Verdum	36.15	1089797.10	874516.61

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO (PORH) DE LOS RÍOS GUACHAL-BOLO-FRAILE-PÁRRAGA-PALMIRA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO CVC – UNIVERSIDAD DEL VALLE No. 245 de 2021

Tipo	ID	Nombre	Distancia aguas abajo (km)	Coordenadas *	
				Norte	Oeste
Captación	D28	Rubria Plaza de Madriñan – Campoalegre y Buenos Aires	36.35	1089704.80	874671.66
Captación	D29	Jesús Antonio Pineda – Bellavista Pineda	36.36	1089691.22	874669.19
Captación	D30	Martha Lucia López de Hoyos – Veracruz	36.51	1089621.68	874757.91
Captación	D31	Martha Hurtado de Reyes e Hijos – Arauca	37.69	1088974.66	875138.74
Captación	D32	Ingenio Mayagüez S.A – San Francisco	37.83	1088849.32	875149.45
Captación	D33	Ingenio Mayagüez S.A – El Rinconcito	38.67	1088534.00	875326.06
Captación	D34	Jesús Antonio Pineda – Bellavista Pineda	38.67	1088534.00	875326.06
Captación	D35	Gladis Guevara Penagos – Santa Clara	39.08	1088383.88	875437.05
Afluente monitoreado	A4 – (GB3)	Quebrada Agua clara confluencia Río Bolo	40.63	1087507.96	875654.98
Captación	D36	Herederos Diaz Oyola – Bolo Club	41.23	1086889.36	875646.78
Captación	D37	Maria Mónica Takegami – Tierra Grata	41.65	1086619.11	875827.19
Captación	D38	Ingenio Mayagüez S.A – Chaparral	41.94	1086585.04	875583.86
Captación	D39	Sociedad Hernán Ocampo y Hnos. – La Selva	42.32	1086259.11	875462.56
Captación	D40	Oscar Matta Maya – El Socorro	42.48	1086201.56	875582.93
Captación	D41	Maria Mónica Takegami – La Eterna	43.21	1085602.29	875834.96
Captación	D42	Amparo Takegami – La Italia	43.77	1085407.00	875699.94
Captación	D43	Hda. Balsora & Cía. – Balsora Rivera	44.57	1084998.33	875281.59
Captación	D44	Darío Rubio – Padua	45.22	1084733.16	874919.44
Captación	D45	Consuelo Pillimue – La Esperanza	45.48	1084517.26	874768.44
Captación	D46	William Tanaka – La Colmena	45.66	1084478.93	874562.59
Captación	D47	Herederos Volmer Antonio Cabal – La Trinidad	45.88	1084256.04	874548.28
Captación	D48	José Asnorald Escandón – Ceilán	45.97	1084254.80	874440.15
Captación	D49	Adriana Patricia Mejía Hoyos e Hijos – Maria Antonia	46.52	1083949.99	874566.16
Captación	D50	Adriana Patricia Mejía Hoyos e Hijos – OLRM	46.52	1083949.99	874566.16
Captación	D51	Adriana Patricia Mejía Hoyos e Hijos – APM	47.03	1083642.89	874515.23
Captación	D52	José Asnorald Escandón – Ceilán	47.27	1083694.85	874382.57
Afluente	A5	Zanjón Chaverra	48.36	1083064.14	874072.42
Afluente	A6	Zanjón Tamboral (VPC1 – Vertimiento Cabecera municipal Pradera – Colector La Lorena)	48.63	1083064.15	874053.99
Captación	D53	Sucroagro S.A.S. – Galicia Reyes	48.94	1082587.05	874205.37
Captación	D54	Echeverry Monsalve S en C – Patolandia	49.02	1082523.15	874252.62
Punto de Monitoreo	GB4	Puente Bolo – San Isidro – vía a Candelaria	49.20	1081488.54	867697.06
Captación	D55	José E. Romero – La Palma Romero	49.35	1082239.71	874373.44
Captación	D56	Agropecuaria de Occidente – La Lorena	49.64	1081962.76	874443.87
Vertimiento	V3	Vertimiento Corregimiento Bolo-San Isidro	49.66	1081952.57	874452.47
Vertimiento	V4	Agropecuaria de Occidente S.A. (Porcicola La Lorena)	50.17	1081575.74	874744.92
Captación	D57	Teresa Vallejo – La Tulia	50.22	1081438.79	874606.58
Captación	D58	Maria Eugenia Giraldo – El Socorro	50.24	1081420.88	874620.39

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO (PORH) DE LOS RÍOS GUACHAL-BOLO-FRAILE-PÁRRAGA-PALMIRA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO CVC – UNIVERSIDAD DEL VALLE No. 245 de 2021

Tipo	ID	Nombre	Distancia aguas abajo (km)	Coordenadas *	
				Norte	Oeste
Captación	D59	Agropecuaria de Occidente – La Lorena	50.25	1081421.48	874635.45
Captación	D60	Rebeca Molano de Pava – Las Mercedes 1	50.43	1081262.75	874727.48
Captación	D61	Rodrigo y Luis Miguel Madriñan – Las Mercedes 3	50.43	1081262.75	874727.48
Captación	D62	Álvaro José Correa – Bolo California 1	50.76	1080989.42	874912.20
Captación	D63	Agroaraki – Villa Teresita y Las Mercedes 2	50.89	1080861.94	874904.73
Captación	D64	Francisco Uribe Azcarate – Malagana	51.28	1080641.93	875197.92
Captación	D65	Jaime Doronsoro – La Palomera	51.45	1080537.47	875319.61
Captación	D66	Jaime Doronsoro – La Palomera	51.46	1080498.63	875295.56
Afluente	A8	Zanjón Agua Clara (Corregimiento Bolo-San Isidro y Bolo-La Italia)	52.72	1079729.07	875725.58
Captación	D67	Agromercol S.A. – El Palmar 1	52.83	1079389.19	875747.75
Captación	D68	Agromercol S.A. – El Palmar 2	52.84	1079356.15	875768.62
Captación	D69	Ingenio Providencia S.A. – El Palmar	54.62	1078062.83	875690.24
Vertimiento	V5	Canal receptor CIAT (CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL)	55.14	1077640.10	875893.89
Captación	D70	Hernando Nakata y Cía. – Fumie	55.83	1077187.94	876237.30
Captación	D71	Julián y Gilberto de los Ríos – La Isabela y San Gerardo	56.06	1077021.06	876368.65
Captación	D72	Agrochircal S.A. – El Jagual	56.41	1076704.35	876509.73
Captación	D73	Agropecuaria Mirriñaque Ulloa y Cía. – Mirriñaque Ulloa	56.64	1076676.76	876676.20
Captación	D74	Julio Tanaka Nakata – kitsuka	56.64	1076676.76	876676.20
Captación	D75	Borja Danis y Cía. S en C – Búfalo	57.52	1076130.14	877037.02
Captación	D76	Borja Danis y Cía. S en C – El Encanto	57.52	1076130.14	877037.02
Captación	D77	Ricaute Tanaka e Hijos – El Recreo	58.78	1075371.85	877716.30
Captación	D78	H. Muncheseyer Siembras – La Esperanza	59.43	1074983.84	878158.98
Captación	D79	H. Muncheseyer Siembras – Santa Marta	59.43	1074983.84	878158.98
Captación	D80	Yundecito S.A. – Yundecito	59.52	1074905.73	878181.04
Captación	D81	Jorge Varela Lourido – Lisboa	60.30	1074271.98	877819.65
Captación	D82	Yundecito S.A. – Potrero Bryon	62.07	1072747.66	878407.14
Captación	D83	Agroguachal S.A. – San Pablo	62.19	1072625.41	878425.79
Captación	D84	Derivación 5 – Acequia San Pablo	62.23	1072592.05	878465.09
Captación	D85	Derivación 6 – Acequia Dos Ceibas	62.23	1072592.05	878465.09
Captación	D86	Borja Danis y Cía. S en C – Las Vegas	64.48	1070408.77	878564.04
Punto de Monitoreo	GB5	Antes desembocadura a Fraile en puente Recta Cali – Palmira	65.00	1071563.42	872779.98
Captación	D87	Herederos Alejandro Vélez – Maravelez 1	66.99	1068518.09	880107.28
Captación	D88	Herederos Alejandro Velez – Maravelez 2	67.01	1068513.76	880127.55
Punto final		Confluencia con río Fraile	67.10	1068488.721	880268.594

Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023). (1) Sistema de referencia: Magna Colombia Oeste

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO (PORH) DE LOS RÍOS GUACHAL-BOLO-FRAILE-PÁRRAGA-PALMIRA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO CVC – UNIVERSIDAD DEL VALLE No. 245 de 2021

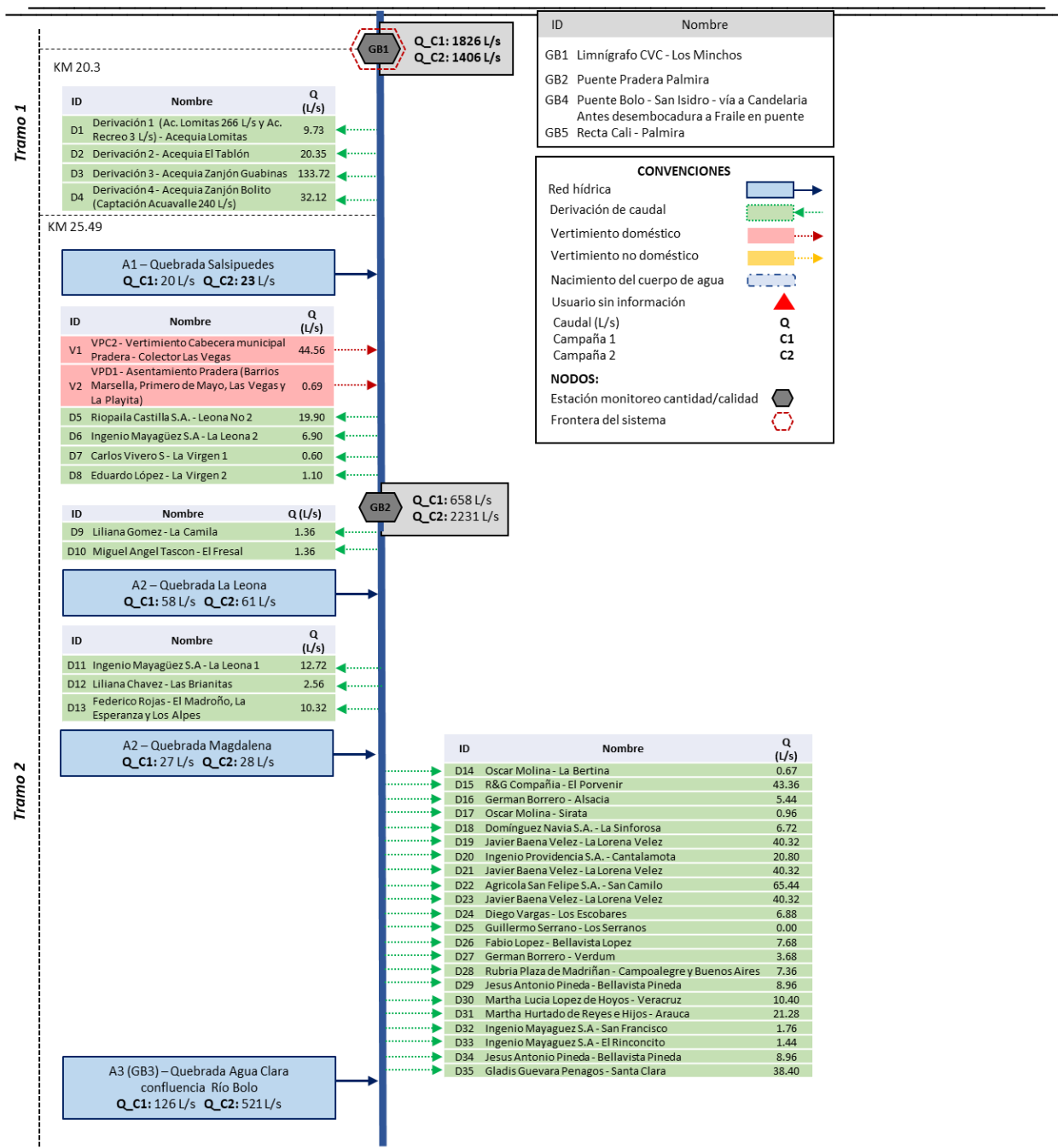


Figura 3-1. Esquema gráfico Río Bolo – Tramo 1 y 2
Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023)

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO (PORH) DE LOS RÍOS GUACHAL-BOLO-FRAILE-PÁRRAGA-PALMIRA
CONVENIO INTERADMINISTRATIVO CVC – UNIVERSIDAD DEL VALLE No. 245 de 2021

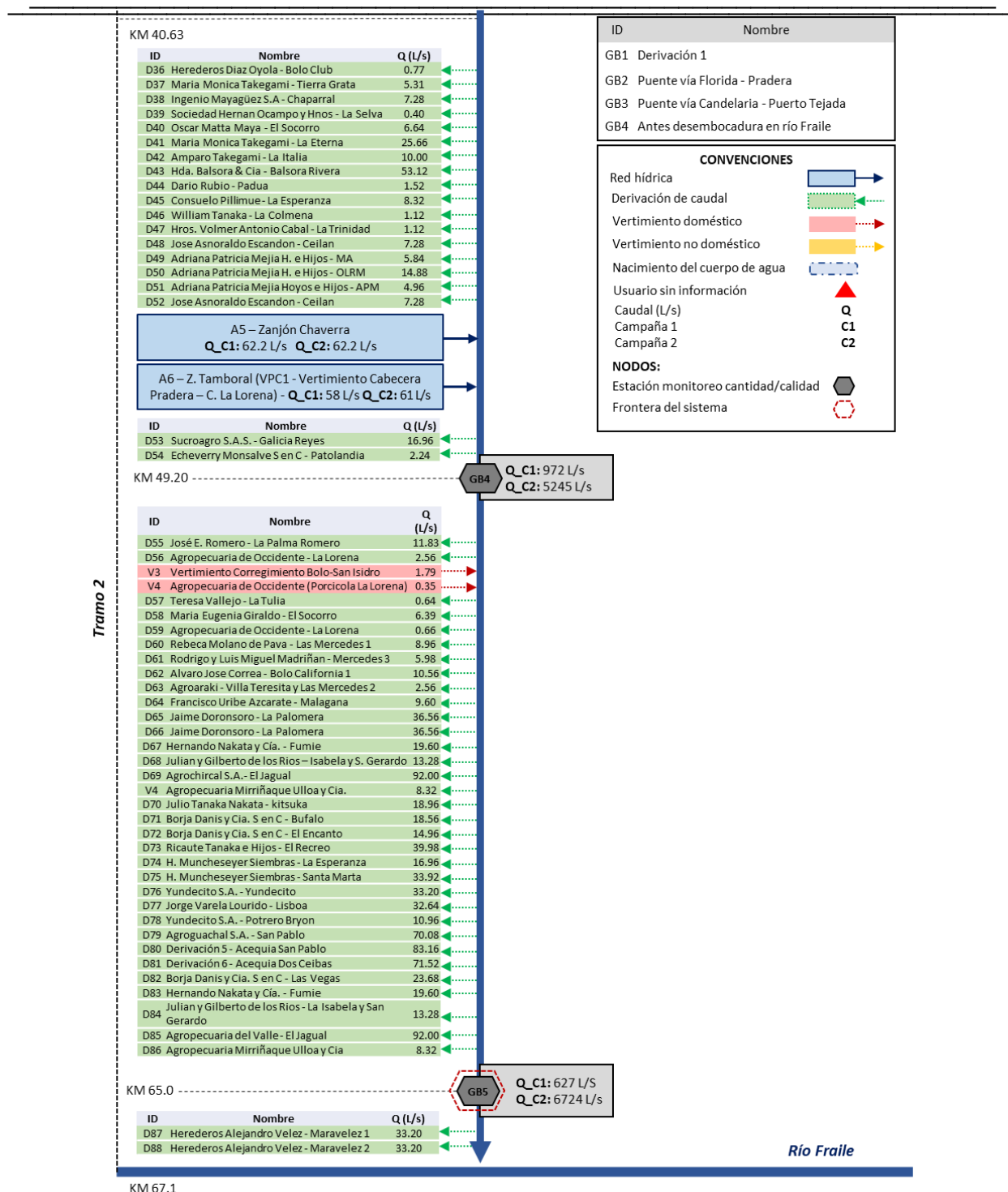


Figura 3-2. Esquema gráfico Río Bolo – Tramo 2
Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023)

3.3 Estimación Cualitativa de los Riesgos Asociados a la Reducción de la Oferta y Disponibilidad Hídrica del río Bolo

Con el objetivo de incluir en el PORH del río Bolo un análisis del riesgo asociado a la oferta de agua, se han evaluado las demandas potenciales de agua en diferentes actividades relacionadas con el río. Este análisis se basa en los resultados del Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH) al desabastecimiento, proyectado para los años 2024, 2029, 2034 y 2044 en los tramos monitoreados; permitiendo identificar el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta para el abastecimiento de agua, que ante amenazas como periodos largos de estiaje o fenómeno El Niño pueden a generar riesgos de desabastecimiento.

La metodología utilizada sigue los lineamientos del Estudio Nacional del Agua (ENA, 2010), como son:

“La amenaza proyectada se consideró media y alta en los tramos donde el índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento (IVH) de alto y muy alto respectivamente.

La vulnerabilidad se determinó identificando las captaciones para abastecimiento doméstico, agrícola y piscícola en los tramos previamente identificados con amenaza alta y media, considerando como vulnerabilidad alta las que capten agua para uso doméstico y como de vulnerabilidad media las que se capten para los dos usos restantes.

Se realizó el análisis cualitativo para determinar el riesgo, considerando la condición más crítica, por ejemplo: vulnerabilidad alta y amenaza alta: riesgo alto, alguna de las dos en nivel alto y la otra en medio: riesgo alto; los dos en nivel medio: riesgo medio. Se generó un mapa de riesgo asociado a la reducción de oferta”.

A continuación, se presenta el resultado de la determinación de la amenaza por desabastecimiento asociado a la oferta de agua para cada punto de monitoreo y proyectada por quinquenios para los escenarios normal y seco.

3.3.1 Análisis cualitativo de la reducción y disponibilidad de la oferta hídrica para el Río Bolo proyectada al 2044

Los resultados del Índice de Vulnerabilidad Hídrica por desabastecimiento (IVH) proyectado permitieron identificar las zonas de amenaza relacionadas con la oferta y la disponibilidad de agua, tanto para años secos como para años normales en cada quinquenio. La Tabla 3-8 muestra los resultados obtenidos para la estimación de estas amenazas proyectadas en escenarios de año normal y año seco para el río Bolo. Para año normal la amenaza por oferta es MEDIA para todos los puntos de control. Sin embargo, para el año seco, la amenaza sobre la oferta se proyecta ALTA en los primeros tres quinquenios (2029, 2034 y 2039) en los puntos de control GB2-Puente vía Palmira-Pradera, Para el GB5-Antes desembocadura a Fraile en puente Recta Cali – Palmira, la amenaza se mantiene Media.

Tabla 3-8 Amenaza proyectada de la oferta hídrica en los puntos de control en el río Bolo para año normal y seco en los periodos proyectados

AÑO NORMAL								
ID	IVH 2029 año normal	Amenaza por Oferta	IVH 2034 año normal	Amenaza por Oferta	IVH 2039 año normal	Amenaza por Oferta	IVH 2044 año normal	Amenaza por Oferta
GB1	-	-	-	-	-	-	-	-
GB2	Muy alto	Alto	Muy alto	Alto	Muy alto	Alto	Muy alto	Alto
GB4	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Medio
GB5	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Medio

AÑO SECO								
ID	IVH 2029 año seco	Amenaza por Oferta	IVH 2034 año seco	Amenaza por Oferta	IVH 2039 año seco	Amenaza por Oferta	IVH 2044 año seco	Amenaza por Oferta
GB1	-	-	-	-	-	-	-	-
GB2	Muy Alto	Alto	Muy Alto	Alto	Muy Alto	Alto	Muy Alto	Alto
GB4	Muy Alto	Alto	Muy Alto	Alto	Muy Alto	Alto	Muy Alto	Alto
GB5	Muy Alto	Alto	Muy Alto	Alto	Muy Alto	Alto	Muy Alto	Alto

En la **Tabla 3-9** se presenta los resultados del análisis cualitativo para determinar el riesgo por disminución de la oferta, de acuerdo con los usos y considerando la condición más crítica de vulnerabilidad y amenaza para el año normal y seco. El riesgo por disminución de la oferta hídrica es ALTO en todas las estaciones de monitoreo.

Tabla 3-9 Riesgo por disponibilidad de oferta hídrica asociada al uso del agua en los sitios de control en el río Fraile para año normal y seco

Año Normal							
ID	Captaciones	Vulnerabilidad	Amenaza por Oferta 2029	Amenaza por Oferta 2034	Amenaza por Oferta 2039	Amenaza por Oferta 2044	Riesgo por Oferta
GB1	Doméstico, agrícola, pecuario						
GB2	Doméstico, agrícola, pecuario	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alto
GB4	Doméstico, agrícola, pecuario	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alto
GB4	Doméstico, agrícola, pecuario	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alto
Año seco							
ID	Captaciones	Vulnerabilidad	Amenaza por Oferta 2029	Amenaza por Oferta 2034	Amenaza por Oferta 2039	Amenaza por Oferta 2044	Riesgo por Oferta
GB1	Doméstico, agrícola, pecuario						
GB2	Doméstico, agrícola, pecuario	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alto
GB4	Doméstico, agrícola, pecuario	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alto
GB5	Doméstico, agrícola, pecuario	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alto

1.2.1 Análisis cualitativo del riesgo asociado a la disponibilidad del recurso hídrico del Río Bolo

La amenaza asociada a la disponibilidad se relaciona con la calidad del agua, mediante el análisis cualitativo de los resultados de uno de los índices de calidad del agua, que para este caso se seleccionó el -ICA IDEAM y se relacionó con el índice promedio ponderado Hidrobiológico IPPH, ambos calculados para la estación seca o de aguas bajas.

La categorización de la amenaza se realizará asignando a los puntos de monitoreo la condición más desfavorable entre los dos índices utilizados, así:

1. Calidad aceptable con amenaza baja;
2. Calidad regular con amenaza media y;

3. Calidad mala con amenaza alta.

La vulnerabilidad se determinó identificando las captaciones para abastecimientos doméstico, agrícola en los tramos previamente identificados con amenazas alta, media y baja; considerando vulnerabilidad alta las que capten agua para uso doméstico; media para los usos agrícola y pecuario y; baja para los usos restantes. Para el caso del río Bolo el uso actual es el mismo para todos los tramos, pues el agua se emplea para el riego de los cultivos de caña principalmente y para el uso doméstico para el mantenimiento y la limpieza de las instalaciones de la finca a cargo de los cuidadores o mayordomos.

En la Tabla 3-10, se registran los resultados del análisis cualitativo entre los índices ICA-IDEAM e IPPH para el año de la ejecución de la primera campaña (2022), como línea base. La proyección del ICA-IDEAM para los quinquenios se recalcularon de acuerdo con el cumplimiento de los objetivos de calidad y el IPPH se mantuvo en calificación moderada porque es muy difícil hacer proyecciones o definir una tendencia con datos de un solo esfuerzo de muestreo de comunidades hidrobiológicas cuya composición y estructura dependen de muchas variables de disponibilidad de recursos además de las condiciones de calidad fisicoquímica y microbiológica. El análisis cualitativo muestra que el riesgo por calidad es actualmente ALTO para todas las estaciones de monitoreo (Tabla 3-10).

Tabla 3-10. Riesgos asociados a la disponibilidad del recurso hídrico del Río Bolo

Campaña 1 -Estación Seca - Aguas Bajas 2023									
ID	Estación de monitoreo	ICA IDEAM		IPPH		Categoría de Calidad	Amenaza por Calidad	Vulnerabilidad	Riesgo por Calidad
GB1	Doméstico, agrícola, pecuario	0,76	ACEPTABLE	4,00	MODERADA	REGULAR	MEDIA	ALTA	ALTO
GB2	Doméstico, agrícola, pecuario	0,70	REGULAR	3,07	MODERADA	REGULAR	MEDIA	MEDIA	MEDIO
GB4	Doméstico, agrícola, pecuario	0,56	REGULAR	3,77	MODERADA	REGULAR	MEDIA	MEDIA	MEDIO
GB5	Doméstico, agrícola, pecuario	0,79	ACEPTABLE	3,91	MODERADA	REGULAR	MEDIA	MEDIA	MEDIO

3.4 Definición de tramos de análisis para el establecimiento de objetivos de calidad

La definición de tramos de análisis se realizó considerando las áreas del cuerpo de agua que se consideran homogéneas en términos hidrológico, hidráulico, geomorfológico, ecológico, de usos del agua y del suelo y/o de la calidad del recurso hídrico. De acuerdo con esto, a continuación, se presenta la definición de los tramos de análisis del río Bolo (Tabla 3-11).

Tabla 3-11 Definición de tramos de análisis Río Bolo

Tramo	Definición	Longitud (Km)	Coordenadas (1)			
			Inicio tramo		Fin tramo	
			X	Y	X	Y
I	Desde el punto de monitoreo GB1 - Limnógrafo CVC - Los Minchos en el kilómetro 20.3, hasta la	5.19	1100435.760	869946.250	1095929.033	869128.259

Tramo	Definición	Longitud (Km)	Coordenadas (1)			
			Inicio tramo		Fin tramo	
			X	Y	X	Y
	Derivación 4 Acequia Zanjón Bolito en el kilómetro 25.49					
II	Desde la Derivación 4 Acequia Zanjón Bolito en el kilómetro 25.49, hasta la desembocadura sobre el río Fraile en el kilómetro 67.1	41.61	1095929.033	869128.259	1068488.721	880268.594

Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023). (1) Magna Colombia Oeste

3.5 Calibración y confirmación del río Bolo

En la calibración y confirmación del software matemático de modelación de la calidad del agua Qual2Kw se realizó un análisis de todos los elementos que hacen parte de la esquematización de la corriente en cuanto a su caudal y calidad, de manera que fueran integrados a la calibración y confirmación realizada bajo el software.

Posterior al balance de caudales se llevó a cabo la calibración automática del modelo de calidad del agua para el río Bolo, esta calibración arrojó los valores de las constantes cinéticas que describen la dinámica de la corriente y con las cuales se realizó la corrida que permitió la validación del modelo. La calibración se realizó a partir de los datos de tiempo seco, obtenidos en la campaña 1 de monitoreo, mientras que la confirmación a partir de los datos obtenidos en campaña 2, temporada de lluvias.

Teniendo en cuenta que el Qual2Kw realiza la calibración automática de las constantes cinéticas mediante algoritmos genéticos para obtener un margen de error mínimo entre los datos medidos en campo y los datos simulados por el modelo, se seleccionó el índice de coincidencia desarrollado por Willmott et al. (1985) como la función objetivo y se presenta a continuación en la ecuación (10):

$$f(x) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_{ij} - P_{ij})^2}{\sum_{i=1}^n (|O_{ij} - \bar{O}_{ij}| + |P_{ij} - \bar{O}_{ij}|)^2} \quad (10)$$

Donde: O_{ij} es el valor observado, P_{ij} es el valor predicho por el modelo y $\bar{O}_{ij}$ es el valor observado promedio.

De acuerdo con la Guía Nacional de modelación del Recurso Hídrico para aguas superficiales continentales, el índice de coincidencia varía entre 0 y 1, con valores más altos indicando mejores ajustes. Este índice también está basado en la suma de los cuadrados de los residuales, pero está normalizado de acuerdo con un error potencial.

Una vez se ingresó al modelo toda la información de la campaña de monitoreo seleccionada para la calibración, se asignaron pesos iguales a todas las variables en la hoja de trabajo “Fitness” y se programó la función objetivo en esta misma hoja. Posteriormente se enlazó el valor de la función objetivo al algoritmo genético y las constantes cinéticas a calibrar en la hoja de trabajo “Rates”. En la Tabla 3-12 se muestra la estimación del índice de coincidencia, para cada variable modelada y el valor promedio final obtenido, que corresponde a 0.68 para la calibración y 0.71 para la confirmación.

Tabla 3-12. Valor final obtenido para la función objetivo – R. Bolo

Variable	Unidades	Valor Fitness Calibración	Valor Fitness Confirmación
Conductividad	µs/cm	0.89	0.94
Sólidos suspendidos inorgánicos	mg/L	0.64	0.84
Oxígeno disuelto	mg/L	0.76	0.98
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	0.00*	0.00*
Nitrógeno orgánico	mg/L	0.00*	0.59
Nitrógeno amoniacal	mg/L	0.00*	0.69
Nitratos	mg/L	0.81	0.78
Fósforo orgánico	mg/L	0.90	0.78
Fósforo inorgánico	mg/L	0.54	0.74
Fitoplancton	mg/L	0.00*	0.00*
Detritus	mg/L	0.42	0.71
Coliformes fecales	NPM/100mL	0.17	0.01
Alcalinidad	mg/L	0.93	0.92
pH	mg/L	0.90	0.79
Nitrógeno total	mg/L	0.08	0.16
Fósforo total	mg/L	0.87	0.78
Sólidos suspendidos totales	mg/L	0.62	0.81
Temperatura	°C	0.93	0.90
Promedio		0.68	0.71

*El cálculo del fitness para algunas variables dio como resultado 0 o valores muy cercanos a 0, esto se debe a que el resultado de la caracterización físicoquímica para todas las estaciones de monitoreo sobre el Bolo, o para la mayoría de ellas, se encontró por debajo del límite del método de cuantificación del laboratorio que realizó los análisis. De acuerdo con esto, los valores que se muestran en 0 no fueron tenidos en cuenta en el promedio final.

Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023)

A continuación, se presentan los resultados gráficos obtenidos en la calibración y confirmación del río Bolo para el caudal (Figura 3-3), oxígeno disuelto (Figura 3-4), demanda bioquímica de oxígeno – DBO₅ (Figura 3-5), sólidos suspendidos totales – SST (Figura 3-6) y patógenos (coliformes termotolerantes).

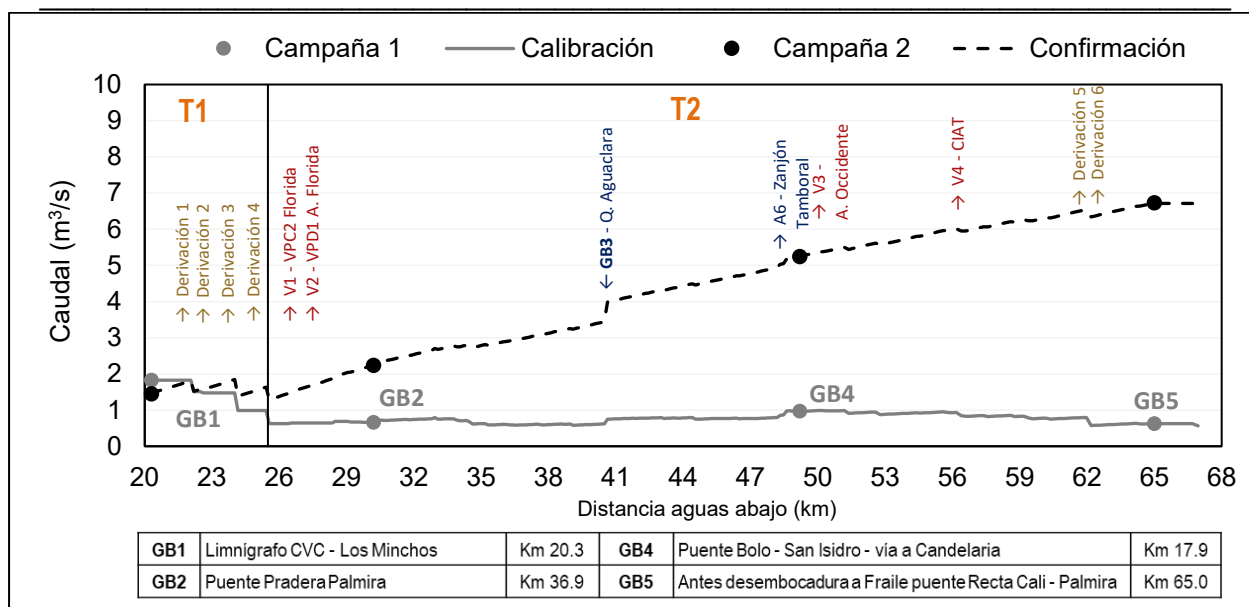


Figura 3-3. Calibración y confirmación de caudal Río Bolo
Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023)

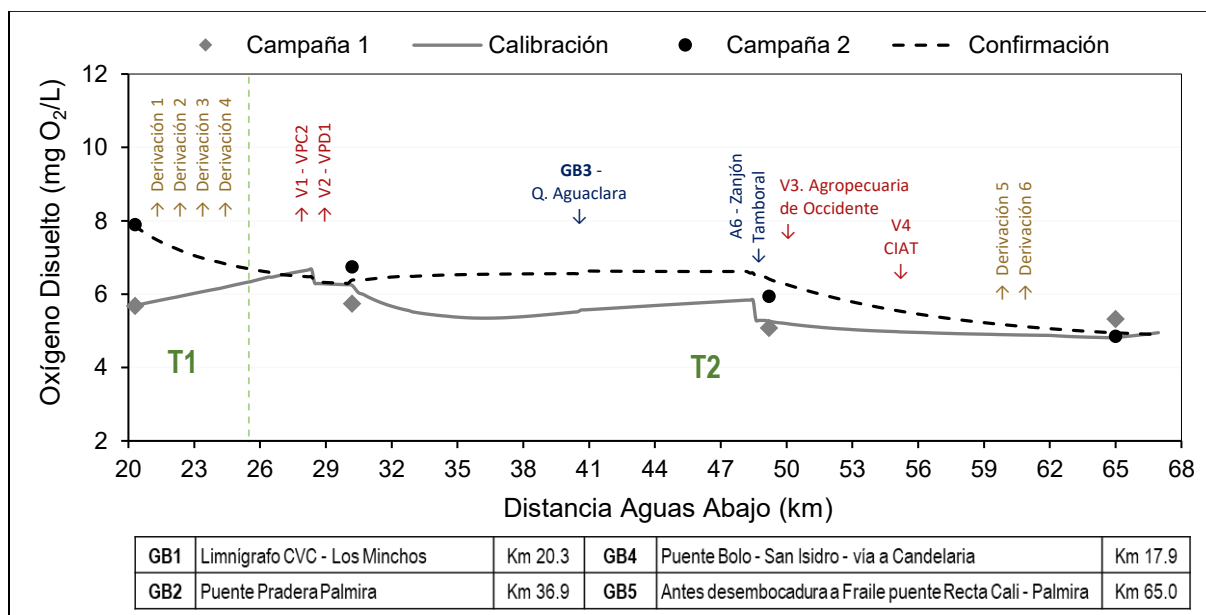


Figura 3-4. Calibración y confirmación oxígeno disuelto Río Bolo
Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023)

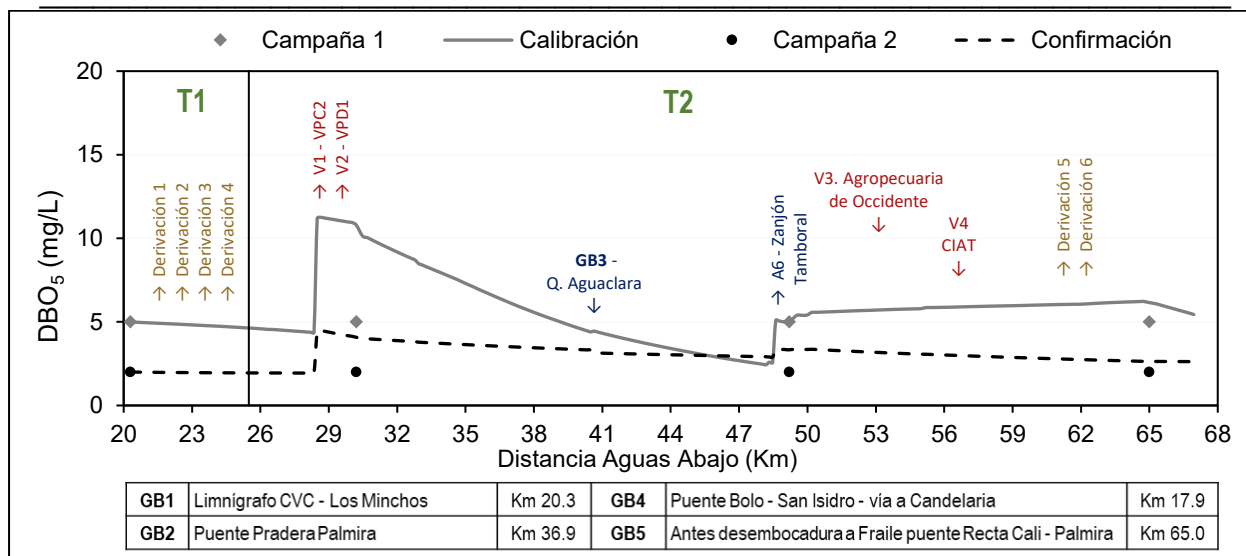


Figura 3-5. Calibración y confirmación DBO₅ Río Bolo
Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023)

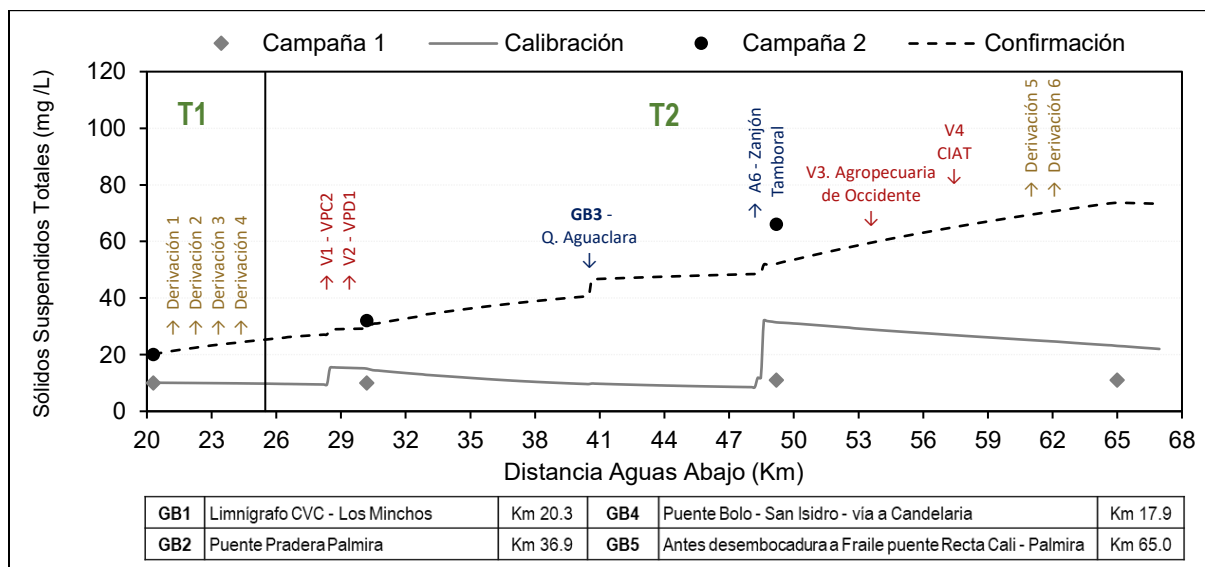


Figura 3-6. Calibración y confirmación SST Río Bolo
Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023)

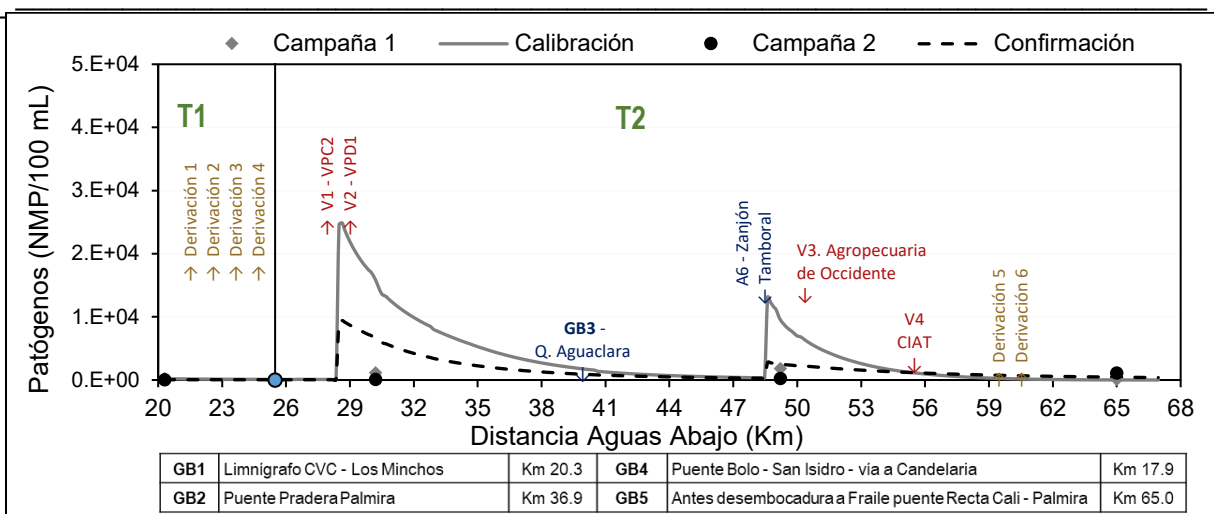


Figura 3-7. Calibración y confirmación patógenos Río Bolo

Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023)

3.6 Formulación y simulación de escenarios

Para la fase prospectiva del ordenamiento del río Bolo, fueron propuestos escenarios de simulación de calidad, a corto, mediano y largo plazo, que combinaron diferentes acciones preventivas y correctivas para el control de la contaminación aportada a las corrientes por los diversos vertimientos de tipo doméstico e industrial.

En total se simularon cuatro escenarios en el río Bolo mediante el modelo Qual2Kw, el primer escenario corresponde al escenario base (año 2024), y los tres escenarios restantes corresponden al escenario a corto plazo (año 2028), mediano plazo (año 2033) y largo plazo (Años 2038 y 2043). Todos los escenarios fueron simulados considerando el caudal ambiental tanto para la corriente principal como para sus tributarios.

A continuación, se presenta la estimación del caudal ambiental, así como tablas donde se describen las acciones planificadas para cada uno de los escenarios propuestos.

Tabla 3-13. Planteamiento de escenario base Río Bolo

Tramo	Usos actuales	Tipo	ID	Nombre	Distancia aguas abajo (km)	Condición actual	Caudal (L/s)	Calidad	
								DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)
I	Clase I: Consumo humano y doméstico, conservación de flora y fauna, agrícola y recreativo	Punto de Monitoreo	GB1	Limnigrafo CVC - Los Minchos	20.3	Caudal ambiental y Características fisicoquímicas tiempo seco	149	5.0	10.0
		Captación	D1	Derivación 1 (Ac. Lomitas 266 L/s y Ac. Recreo 3 L/s) - Acequia Lomitas	22.22	-	318.15	-	-
		Captación	D2	Derivación 2 - Acequia El Tablón	22.56	-	31.33	-	-
		Captación	D3	Derivación 3 - Acequia Zanjón Guabinas	24.1	-	484.94	-	-
		Captación	D4	Derivación 4 - Acequia Zanjón Bolito (Captación Acuavalle 240 L/s)	25.49	-	369.71	-	-
II	Clase II: Conservación de flora y fauna, agrícola y recreativo	Afluente	A1	Quebrada Salsipuedes	26.55	Caudal ambiental y Características fisicoquímicas tiempo seco	3.0	5.0	10.0
		Vertimiento	V1	VPC2 - Vertimiento Cabecera municipal Pradera - Colector Las Vegas	28.54	Caudal proyectado año 1: Año 2024 y Características fisicoquímicas actuales	45.7	257.0	310.0
		Vertimiento	V2	VPD1 - Asentamiento Pradera (Barrios Marsella, Primero de Mayo, Las Vegas y La Playita)	28.65	Caudal proyectado año 1: Año 2024 y Características fisicoquímicas actuales	0.7	317.9	261.5
		Captación	D5	Riopaila Castilla S.A. - Leona No 2	29.18	-	19.90	-	-
		Captación	D6	Ingenio Mayagüez S.A. - La Leona 2	29.7	-	6.90	-	-
		Captación	D7	Carlos Vivero S - La Virgen 1	30.14	-	0.60	-	-
		Captación	D8	Eduardo López - La Virgen 2	30.14	-	1.10	-	-
		Punto de Monitoreo	GB2	Puente Pradera Palmira	30.2	-	-	-	-
		Captación	D9	Liliana Gómez - La Camila	30.26	-	1.36	-	-
		Captación	D10	Miguel Ángel Tascón - El Fresal	30.27	-	1.36	-	-
		Afluente	A2	Quebrada La Leona	30.43	Caudal ambiental y Características fisicoquímicas tiempo seco	9.0	5.0	11.0
		Captación	D11	Ingenio Mayagüez S.A. - La Leona 1	30.76	-	12.72	-	-
		Captación	D12	Liliana Chávez - Las Brianitas	30.85	-	2.56	-	-
		Captación	D13	Federico Rojas - El Madroño, La Esperanza y Los Alpes	31.88	-	10.32	-	-
		Afluente	A3	Quebrada Magdalena	32.95	Caudal ambiental y Características fisicoquímicas tiempo seco	4.0	5.0	11.0

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO (PORH) DE LOS RÍOS GUACHAL-BOLO-FRAILE-PÁRRAGA-PALMIRA
CONVENIO INTERADMINISTRATIVO CVC – UNIVERSIDAD DEL VALLE No. 245 de 2021

Tramo	Usos actuales	Tipo	ID	Nombre	Distancia aguas abajo (km)	Condición actual	Caudal (L/s)	Calidad	
								DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)
		Captación	D14	Oscar Molina - La Bertina	33	-	0.67	-	-
		Captación	D15	R&G Compañía - El Porvenir	33.02	-	43.36	-	-
		Captación	D16	German Borrero - Alsacia	33.21	-	5.44	-	-
		Captación	D17	Oscar Molina - Sirata	33.56	-	0.96	-	-
		Captación	D18	Domínguez Navia S.A. - La Sinforosa	33.68	-	6.72	-	-
		Captación	D19	Javier Baena Vélez - La Lorena Vélez	33.94	-	40.32	-	-
		Captación	D20	Ingenio Providencia S.A. - Cantalamota	34.02	-	20.80	-	-
		Captación	D21	Javier Baena Vélez - La Lorena Vélez	34.52	-	40.32	-	-
		Captación	D22	Agrícola San Felipe S.A. - San Camilo	34.61	-	65.44	-	-
		Captación	D23	Javier Baena Vélez - La Lorena Vélez	35.31	-	40.32	-	-
		Captación	D24	Diego Vargas - Los Escobares	35.42	-	6.88	-	-
		Captación	D25	Guillermo Serrano - Los Serranos	35.42	-	0.00	-	-
		Captación	D26	Fabio López - Bellavista López	36.14	-	7.68	-	-
		Captación	D27	German Borrero - Verdum	36.15	-	3.68	-	-
		Captación	D28	Rubria Plaza de Madriñan - Campoalegre y Buenos Aires	36.35	-	7.36	-	-
		Captación	D29	Jesús Antonio Pineda - Bellavista Pineda	36.36	-	8.96	-	-
		Captación	D30	Martha Lucia López de Hoyos - Veracruz	36.51	-	10.40	-	-
		Captación	D31	Martha Hurtado de Reyes e Hijos - Arauca	37.69	-	21.28	-	-
		Captación	D32	Ingenio Mayagüez S.A - San Francisco	37.83	-	1.76	-	-
		Captación	D33	Ingenio Mayagüez S.A - El Rinconcito	38.67	-	1.44	-	-
		Captación	D34	Jesús Antonio Pineda - Bellavista Pineda	38.67	-	8.96	-	-
		Captación	D35	Gladis Guevara Penagos - Santa Clara	39.08	-	38.40	-	-
		Afluente monitoreado	A4 - (GB3)	Quebrada Agua clara confluencia Río Bolo	40.63	Caudal ambiental y Características fisicoquímicas tiempo seco	20.0	5.0	11.0
		Captación	D36	Herederos Diaz Oyola - Bolo Club	41.23	-	0.77	-	-
		Captación	D37	María Mónica Takegami - Tierra Grata	41.65	-	5.31	-	-
		Captación	D38	Ingenio Mayagüez S.A - Chaparral	41.94	-	7.28	-	-
		Captación	D39	Sociedad Hernán Ocampo y Hnos. - La Selva	42.32	-	0.40	-	-
		Captación	D40	Oscar Matta Maya - El Socorro	42.48	-	6.64	-	-
		Captación	D41	María Mónica Takegami - La Eterna	43.21	-	25.66	-	-
		Captación	D42	Amparo Takegami - La Italia	43.77	-	10.00	-	-
		Captación	D43	Hda. Balsora & Cia - Balsora Rivera	44.57	-	53.12	-	-
		Captación	D44	Darío Rubio - Padua	45.22	-	1.52	-	-
		Captación	D45	Consuelo Pillimue - La Esperanza	45.48	-	8.32	-	-
		Captación	D46	William Tanaka - La Colmena	45.66	-	1.12	-	-
		Captación	D47	Herederos Volmer Antonio Cabal - La Trinidad	45.88	-	1.12	-	-
		Captación	D48	José Asnorald Escandón - Ceilán	45.97	-	7.28	-	-
		Captación	D49	Adriana Patricia Mejía Hoyos e Hijos - María	46.52	-	5.84	-	-

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO (PORH) DE LOS RÍOS GUACHAL-BOLO-FRAILE-PÁRRAGA-PALMIRA
CONVENIO INTERADMINISTRATIVO CVC – UNIVERSIDAD DEL VALLE No. 245 de 2021

Tramo	Usos actuales	Tipo	ID	Nombre	Distancia aguas abajo (km)	Condición actual	Caudal (L/s)	Calidad	
								DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)
				Antonia					
		Captación	D50	Adriana Patricia Mejía Hoyos e Hijos - OLRM	46.52	-	14.88	-	-
		Captación	D51	Adriana Patricia Mejía Hoyos e Hijos - APM	47.03	-	4.96	-	-
		Captación	D52	José Asnorald Escandón - Ceilán	47.27	-	7.28	-	-
		Afluente	A5	Zanjón Chaverra	48.36	Caudal actual y Características fisicoquímicas tiempo seco	10.0	5.0	11.0
		Afluente	A6	Zanjón Tamboral (VPC1 - Vertimiento Cabecera municipal Pradera - Colector La Lorena)	48.63	Caudal actual y Características fisicoquímicas tiempo seco	113.8	276.0	200.0
		Captación	D53	Sucroagro S.A.S. - Galicia Reyes	48.94	-	16.96	-	-
		Captación	D54	Echeverry Monsalve S en C - Patolandia	49.02	-	2.24	-	-
		Punto de Monitoreo	GB4	Puente Bolo - San Isidro - vía a Candelaria	49.2	-	-	-	-
		Captación	D55	José E. Romero - La Palma Romero	49.35	-	11.83	-	-
		Captación	D56	Agropecuaria de Occidente - La Lorena	49.64	-	2.56	-	-
		Vertimiento	V3	Corregimiento Bolo-San Isidro y Bolo-La Italia	49.66	Caudal actual y Características fisicoquímicas actuales	4.8	230.0	75.0
		Vertimiento	V4	Agropecuaria de Occidente S.A. (Porcicola La Lorena)	50.17	Caudal actual y Características fisicoquímicas actuales	0.4	412.0	144.0
		Captación	D57	Teresa Vallejo - La Tulia	50.22	-	0.64	-	-
		Captación	D58	María Eugenia Giraldo - El Socorro	50.24	-	6.39	-	-
		Captación	D59	Agropecuaria de Occidente - La Lorena	50.25	-	0.66	-	-
		Captación	D60	Rebeca Molano de Pava - Las Mercedes 1	50.43	-	8.96	-	-
		Captación	D61	Rodrigo y Luis Miguel Madriñan - Las Mercedes 3	50.43	-	5.98	-	-
		Captación	D62	Álvaro José Correa - Bolo California 1	50.76	-	10.56	-	-
		Captación	D63	Agroaraki - Villa Teresita y Las Mercedes 2	50.89	-	2.56	-	-
		Captación	D64	Francisco Uribe Azcarate - Malagana	51.28	-	9.60	-	-
		Captación	D65	Jaime Doronsoro - La Palomera	51.45	-	36.56	-	-
		Captación	D66	Jaime Doronsoro - La Palomera	51.46	-	36.56	-	-
		Captación	D67	Agromercol S.A. - El Palmar 1	52.83	-	41.20	-	-
		Captación	D68	Agromercol S.A. - El Palmar 2	52.84	-	41.20	-	-
		Captación	D69	Ingenio Providencia S.A. - El Palmar	54.62	-	14.40	-	-
		Vertimiento	V5	Canal receptor CIAT (CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL)	55.14	Caudal actual y Características fisicoquímicas actuales	1.6	38.5	26.0
		Captación	D70	Hernando Nakata y Cía. - Fumie	55.83	-	19.60	-	-
		Captación	D71	Julián y Gilberto de los Rios - La Isabela y San Gerardo	56.06	-	13.28	-	-
		Captación	D72	Agrochirca S.A. - El Jagual	56.41	-	92.00	-	-
		Captación	D73	Agropecuaria Miriñaque Ulloa y Cía. - Miriñaque Ulloa	56.64	-	8.32	-	-

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO (PORH) DE LOS RÍOS GUACHAL-BOLO-FRAILE-PÁRRAGA-PALMIRA
CONVENIO INTERADMINISTRATIVO CVC – UNIVERSIDAD DEL VALLE No. 245 de 2021

Tramo	Usos actuales	Tipo	ID	Nombre	Distancia aguas abajo (km)	Condición actual	Caudal (L/s)	Calidad	
								DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)
		Captación	D74	Julio Tanaka Nakata - kitsuka	56.64	-	18.96	-	-
		Captación	D75	Borja Danis y Cía. S en C - Búfalo	57.52	-	18.56	-	-
		Captación	D76	Borja Danis y Cía. S en C - El Encanto	57.52	-	14.96	-	-
		Captación	D77	Ricaute Tanaka e Hijos - El Recreo	58.78	-	39.98	-	-
		Captación	D78	H. Muncheseyer Siembras - La Esperanza	59.43	-	16.96	-	-
		Captación	D79	H. Muncheseyer Siembras - Santa Marta	59.43	-	33.92	-	-
		Captación	D80	Yundecito S.A. - Yundecito	59.52	-	33.20	-	-
		Captación	D81	Jorge Varela Lourido - Lisboa	60.3	-	32.64	-	-
		Captación	D82	Yundecito S.A. - Potrero Bryon	62.07	-	10.96	-	-
		Captación	D83	Agroguachal S.A. - San Pablo	62.19	-	70.08	-	-
		Captación	D84	Derivación 5 - Acequia San Pablo	62.23	-	83.16	-	-
		Captación	D85	Derivación 6 - Acequia Dos Ceibas	62.23	-	71.52	-	-
		Captación	D86	Borja Danis y Cía. S en C - Las Vegas	64.48	-	23.68	-	-
		Punto de Monitoreo	GB5	Antes desembocadura a Fraile en puente Recta Cali - Palmira	65	-	-	-	-
		Captación	D87	Herederos Alejandro Vélez - Maravelez 1	66.99	-	33.20	-	-
		Captación	D88	Herederos Alejandro Vélez - Maravelez 2	67.01	-	33.20	-	-
		Punto final		Confluencia con río Fraile	67.1	-	-	-	-

Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023)

Planteamiento de escenario corto plazo (5 años) Río Bolo

Para el escenario de corto plazo, se propone implementar las siguientes estrategias:

- Garantizar el mantenimiento del caudal ambiental en el cauce principal y en sus tributarios durante todos los meses del año, con el fin de preservar los ecosistemas acuáticos y asegurar la sostenibilidad del recurso hídrico.
- Promover prácticas de uso racional y ahorro de agua entre todos los usuarios, con el objetivo de disminuir la captación directa desde la fuente y reducir la carga contaminante de las aguas residuales vertidas.
- En el vertimiento V1 VPC2 – Vertimiento Cabecera Municipal Pradera – Colector Las Vegas, se realizará la conexión del colector La Lorena a la PTAR, así como la optimización y puesta en marcha de la PTAR del municipio de Pradera. El caudal proyectado corresponderá al año 5 (2029) y sus características fisicoquímicas se establecerán de acuerdo con las cargas proyectadas en el PSMV.
- En el vertimiento V2 VPD1 – Asentamiento Pradera (barrios Marsella, Primero de Mayo, Las Vegas y La Playita) se implementará una solución de saneamiento que permita dar cumplimiento al artículo 8 de la Resolución 631 de 2015, con un caudal proyectado al año 5 (2029) y características fisicoquímicas que cumplan los límites máximos permisibles establecidos en dicha norma.
- En el afluente A6 Zanjón Tamboral – VPC1 Vertimiento Cabecera Municipal Pradera – Colector La Lorena, se eliminará los vertimientos del zanjón Tamboral mediante la conexión del colector La Lorena a la PTAR del municipio de Pradera.
- En el vertimiento V3 – Corregimiento Bolo-San Isidro y Bolo-La Italia, se pondrá en marcha la PTAR para garantizar el cumplimiento del artículo 8 de la Resolución 631 de 2015. El caudal proyectado corresponderá al año 5 (2029) y las características fisicoquímicas se definirán según las cargas proyectadas en el PSMV.
- En el vertimiento V4 – Agropecuaria de Occidente S.A. (Porcícola La Lorena), se realizará el mantenimiento y/o la optimización del sistema de tratamiento existente con el fin de dar cumplimiento al artículo 9 de la Resolución 631 de 2015, manteniendo el caudal de la línea base y asegurando que las características fisicoquímicas se encuentren dentro de los límites máximos permisibles.
- En el vertimiento V5 – Canal receptor CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), se mantendrá el caudal correspondiente a las condiciones de línea base y se garantizará el cumplimiento del artículo 8 de la Resolución 631 de 2015, conservando las características fisicoquímicas actuales.

Planteamiento de escenario mediano plazo (10 años) Río Bolo

Para el escenario de mediano plazo, se propone implementar las siguientes estrategias:

- Garantizar el mantenimiento del caudal ambiental en el cauce principal y en sus tributarios durante todos los meses del año, con el fin de preservar los ecosistemas acuáticos y asegurar la sostenibilidad del recurso hídrico.
- Promover prácticas de uso racional y ahorro de agua entre todos los usuarios, con el objetivo de disminuir la captación directa desde la fuente y reducir la carga contaminante de las aguas residuales vertidas.
- En el vertimiento V1 – VPC2 – Vertimiento Cabecera municipal Pradera – Colector Las Vegas se mantendrá la conexión del colector La Lorena a la PTAR, junto con la optimización y puesta en marcha de la PTAR del municipio de Pradera. El caudal corresponderá al proyectado para el año 10 y las características fisicoquímicas se ajustarán a las cargas proyectadas en el PSMV.
- En el vertimiento V2 – VPD1 – Asentamiento Pradera (Barrios Marsella, Primero de Mayo, Las Vegas y La Playita) se mantendrá la solución de saneamiento implementada, asegurando el cumplimiento del artículo 8 de la Resolución 631 de 2015. El caudal corresponderá al proyectado para el año 10 y las características fisicoquímicas se ajustarán a los límites máximos permisibles establecidos en dicho artículo.
- Continuación del tratamiento del afluente A6 – Zanjón Tamboral (VPC1 – Vertimiento Cabecera municipal Pradera – Colector La Lorena), asegurando la conexión del colector La Lorena a la PTAR del municipio de Pradera.
- En el vertimiento V3 – Corregimiento Bolo-San Isidro y Bolo-La Italia se mantendrá en operación la PTAR, asegurando el cumplimiento del artículo 8 de la Resolución 631 de 2015. El caudal corresponderá al proyectado para el año 10 (2033) y las características fisicoquímicas se ajustarán a las cargas proyectadas en el PSMV.
- En el vertimiento V4 – Agropecuaria de Occidente S.A. (Porcícola La Lorena) se dará continuidad al mantenimiento y/o optimización del sistema de tratamiento implementado, asegurando el cumplimiento del artículo 9 de la Resolución 631 de 2015. El caudal corresponderá a las condiciones de línea base y las características fisicoquímicas se ajustarán a los límites máximos permisibles establecidos en dicho artículo.
- En el vertimiento V5 – Canal receptor CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) se mantendrá el vertimiento con caudal de línea base, asegurando el cumplimiento del artículo 8 de la Resolución 631 de 2015 y conservando las características fisicoquímicas de línea base.

Planteamiento de escenario largo plazo (20 años) Río Bolo

Para el escenario de largo plazo, se propone implementar las siguientes estrategias:

- Garantizar el mantenimiento del caudal ambiental en el cauce principal y en sus tributarios durante todos los meses del año, con el fin de preservar los ecosistemas acuáticos y asegurar la sostenibilidad del recurso hídrico.
- Promover prácticas de uso racional y ahorro de agua entre todos los usuarios, con el objetivo de disminuir la captación directa desde la fuente y reducir la carga contaminante de las aguas residuales vertidas.
- En el Vertimiento V1 – VPC2 – Vertimiento Cabecera municipal Pradera – Colector Las Vegas se mantendrá la conexión del colector La Lorena a la PTAR, así como la optimización y puesta en marcha de la PTAR del municipio de Pradera. El caudal corresponderá al proyectado para el año 20 y las características fisicoquímicas se ajustarán a las cargas estimadas en el PSMV.
- En el Vertimiento V2 – VPD1 – Asentamiento Pradera (Barrios Marsella, Primero de Mayo, Las Vegas y La Playita) se mantendrá la solución de saneamiento para dar cumplimiento al artículo 8 de la Resolución 631 de 2015. El caudal corresponderá al proyectado para el año 20 y las características fisicoquímicas cumplirán con los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 8 de la Resolución 631 de 2015.
- Continuación del tratamiento del afluente A6 – Zanjón Tamboral (VPC1 – Vertimiento Cabecera municipal Pradera – Colector La Lorena), asegurando la conexión del colector La Lorena a la PTAR del municipio de Pradera.
- En el Vertimiento V3 – Corregimiento Bolo-San Isidro y Bolo-La Italia se mantendrá en funcionamiento la PTAR, asegurando el cumplimiento del artículo 8 de la Resolución 631 de 2015. El caudal corresponderá al proyectado para el año 20 y las características fisicoquímicas se ajustarán a las cargas estimadas en el PSMV.
- En el Vertimiento V4 – Agropecuaria de Occidente S.A. (Porcícola La Lorena) se continuará con el mantenimiento y/o optimización del sistema de tratamiento implementado, garantizando el cumplimiento del artículo 9 de la Resolución 631 de 2015. El caudal se mantendrá en condiciones actuales y las características fisicoquímicas cumplirán con los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 9 de la Resolución 631 de 2015.

- En el Vertimiento V5 – Canal receptor CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) se mantendrá el caudal en condiciones de línea base y el vertimiento cumplirá con el artículo 8 de la Resolución 631 de 2015, conservando las características fisicoquímicas actuales.

De acuerdo con el planteamiento presentado anteriormente, se observan a continuación las gráficas para las variables evaluadas según los escenarios planteados. En la Figura 3-8 se presenta los resultados del caudal, considerando el caudal ecológico, de acuerdo con el artículo 2.2.3.3.2.3 del Decreto 1076 de 2015, este asegura la cantidad de agua necesaria para mantener y preservar los ecosistemas en la corriente, así como el mantenimiento de las funciones ecológicas, el transporte de sedimentos, la recarga de acuíferos y otros procesos naturales que son llevados a cabo en la corriente.

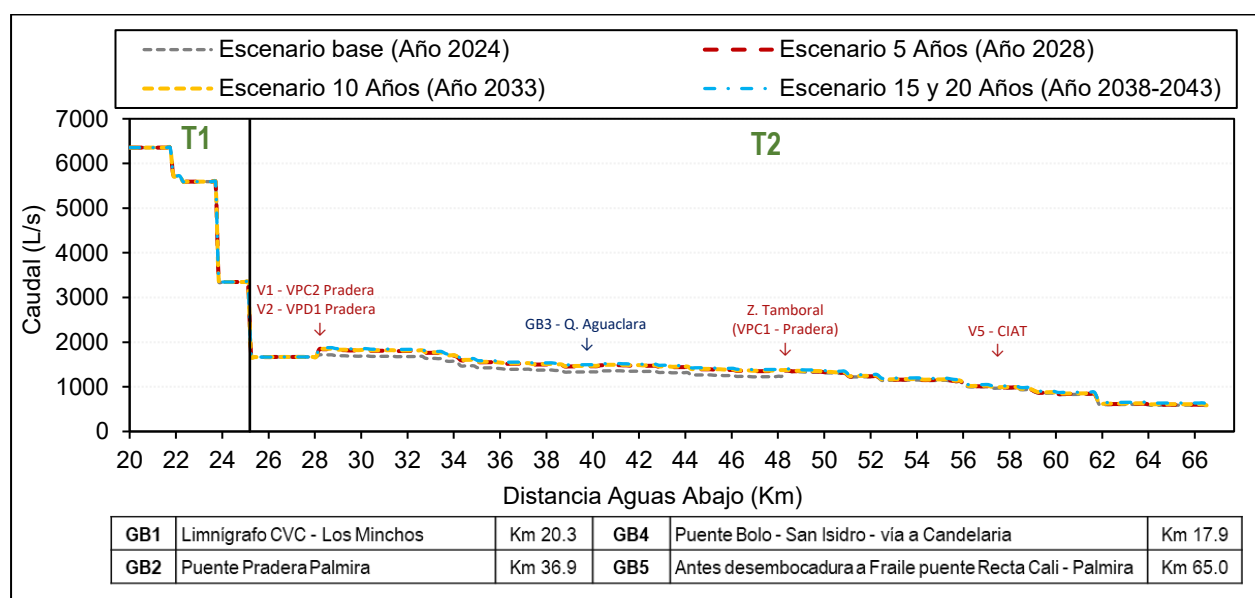


Figura 3-8. Escenarios para caudal Río Bolo

Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023)

Se observa en las siguientes figuras la evaluación de los escenarios para cuatro de los principales constituyentes fisicoquímicos que fueron evaluados en la corriente.

En el caso del oxígeno disuelto, el cual se muestra en la Figura 3-9, se observa para el tramo II que la menor concentración de oxígeno disuelto se da para el escenario base y se debe a la descarga de los vertimientos del municipio de Pradera (VPC1). Para el final del tramo modelado la concentración es de 6 mg/L. En cuanto a los demás escenarios evaluados, donde los vertimientos de Pradera se descargan en su totalidad a la altura del vertimiento V1, se evidencia una mejora general en la concentración y al final del tramo modelado, en todos los casos, la concentración es de 6.3 mg/L.

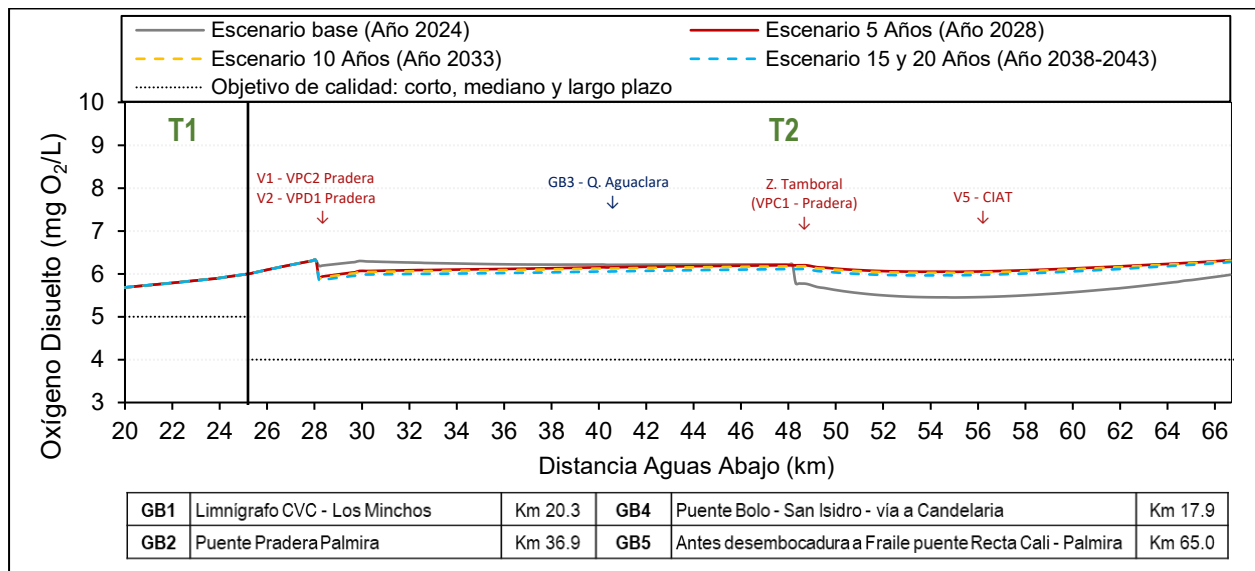


Figura 3-9. Escenarios para oxígeno disuelto Río Bolo
Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023)

En cuanto a la demanda bioquímica de oxígeno – DBO₅ (Figura 3-10) se observa la concentración más elevada para el escenario 15 y 20 años (año 2038-2043), debido a la descarga de los vertimientos del municipio de Pradera (V1 y V2) en el tramo II. Se evidencia en el kilómetro 28 una reducción de la concentración para todos los escenarios modelados; esta concentración continúa disminuyendo hasta finalizar el tramo en valor por debajo de 5 mg/L en todos los escenarios restantes.

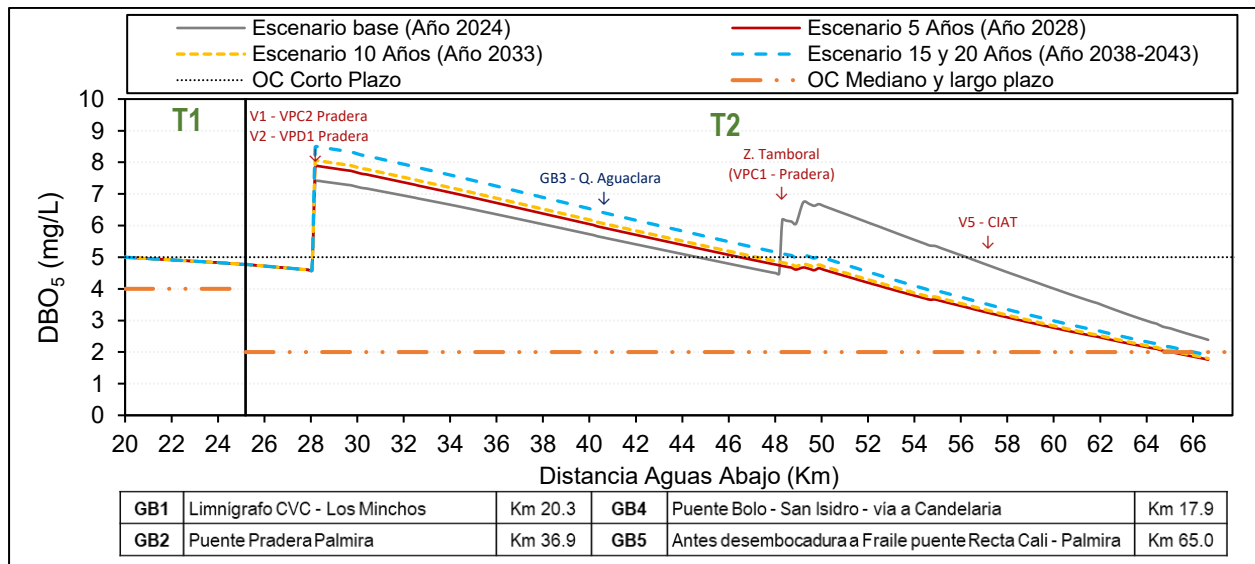


Figura 3-10. Escenarios para DBO₅ Río Bolo
Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023)

Los sólidos suspendidos totales – SST, los cuales se muestran en la Figura 3-11, la concentración más alta se presenta en el escenario base para el punto donde son descargados los vertimientos del municipio de Pradera (VPC1), mientras que para los demás escenarios, donde los vertimientos son descargados cumpliendo los límites máximos de la resolución 631 de 2015, la concentración máxima de los SST se presenta en el kilómetro 28 donde se descargarán todos los vertimientos del municipio de Pradera, y corresponde a 12.9 mg/L, posterior a esto la concentración se reduce y al finalizar el tramo II modelado tiene valores inferiores a 10 mg/L en todos los casos.

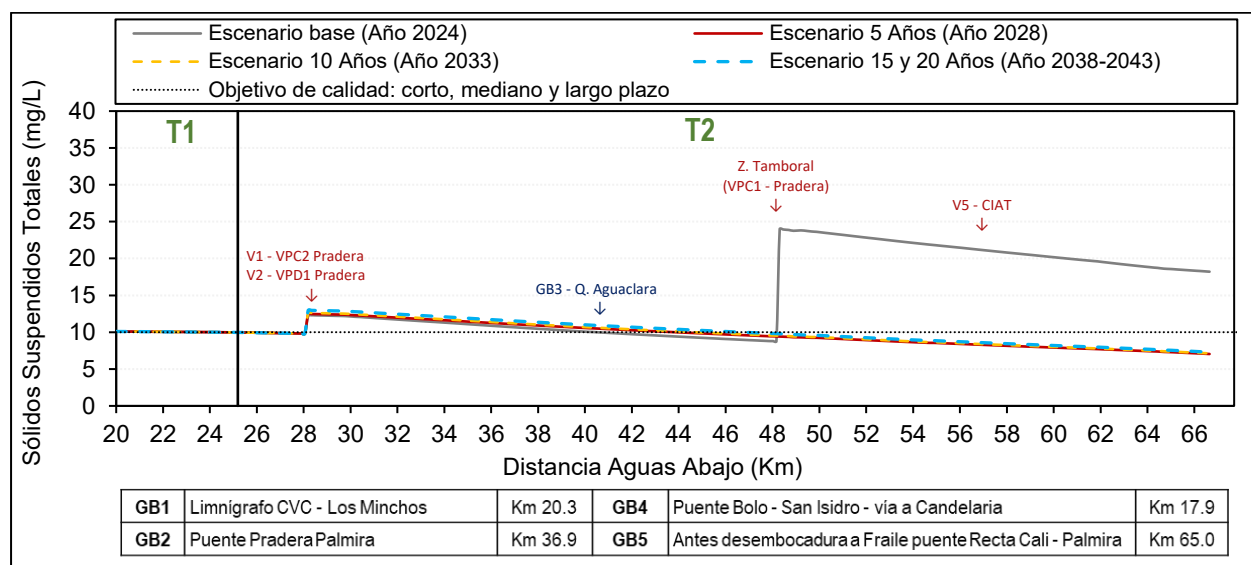


Figura 3-11. Escenarios para SST Río Bolo

Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023)

Por último, la concentración de patógenos (Figura 3-12) más alta, se presenta en el escenario 15 y 20 años (año 2038-2043) en el kilómetro 28. Esta situación está asociada al crecimiento poblacional proyectado. Aunque se cuenta con sistema de tratamiento, el incremento de la población generará un aumento en la concentración de patógenos en el cuerpo de agua. Para los demás escenarios se observa un aumento de la concentración en el kilómetro ya mencionado donde se realizará la descarga de todos los vertimientos del municipio de Pradera, por lo que para el kilómetro 48 donde actualmente se realiza esta descarga se observa que la concentración se mantiene en valores bajos hasta finalizar el tramo de modelación.

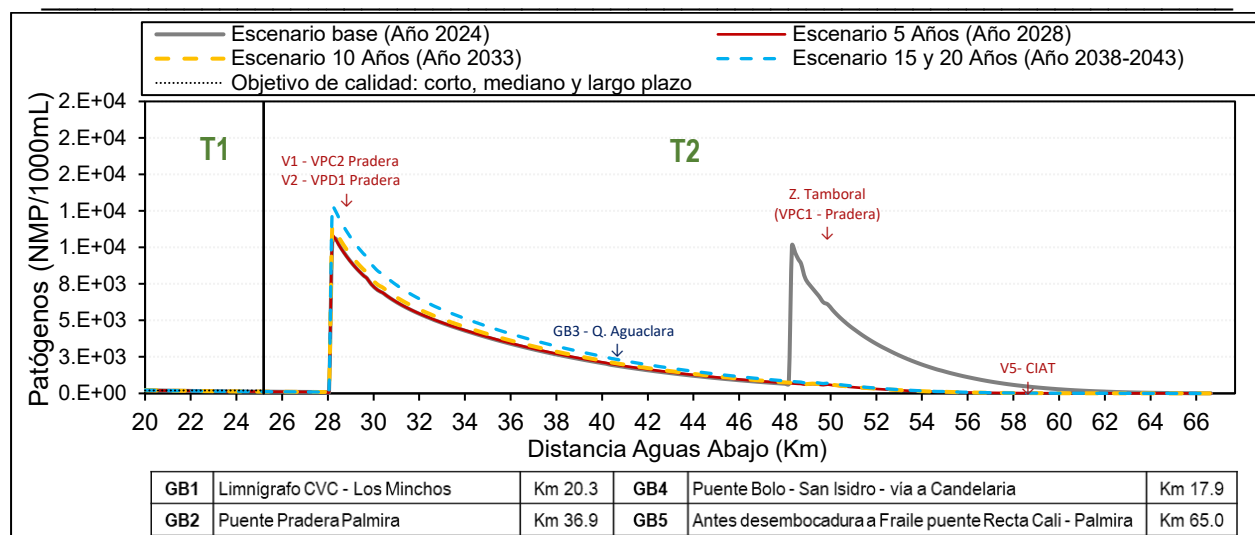


Figura 3-12. Escenarios para patógenos Río Bolo

Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023)

3.7 Identificación de usos potenciales del recurso hídrico y clasificación del cuerpo de agua en ordenamiento

La identificación de usos potenciales es importante para la gestión integral del recurso hídrico, ya que permite identificar los usos que son compatibles con la calidad del agua y con las necesidades de la población, determinando cuáles son los usos óptimos que se le puedan dar al recurso de manera sostenible.

De acuerdo con el análisis de información existente, los resultados obtenidos en la modelación y los usos actuales del recurso hídrico, se realizó la identificación de usos potenciales para el tramo de análisis del río Bolo, como se muestra en la Tabla 3-14.

Tabla 3-14 Identificación de usos potenciales y clasificación del cuerpo de agua del río Bolo

Tramo		Longitud (km)	Coordenadas ⁽¹⁾				Uso Potencial	Clasificación ⁽²⁾
			Inicio tramo		Fin tramo			
			X	Y	X	Y		
I	Desde el punto de monitoreo GB1 - Limnógrafo CVC - Los Minchos en el kilómetro 20.3, hasta la Derivación 4 Acequia Zanjón Bolito en el kilómetro 25.49	5.19	1100435.760	869946.250	1095929.033	869128.259	Consumo humano y doméstico ³ , recreativo contacto primario, agrícola ² , pecuario, piscícola, preservación de flora y	Clase I

Tramo		Longitud (km)	Coordenadas ⁽¹⁾				Uso Potencial	Clasificación ⁽²⁾
			Inicio tramo		Fin tramo			
			X	Y	X	Y		
							fauna	
II	Desde la Derivación 4 Acequia Zanjón Bolito en el kilómetro 25.49, hasta la desembocadura sobre el río Fraile en el kilómetro 67.1	41.61	1095929.033	869128.259	1068488.721	880268.594	Uso agrícola ² , pecuario, preservación de flora y fauna	Clase II

⁽¹⁾ Sistema Magna Colombia Oeste

⁽²⁾ Clase I. Cuerpos de agua que no admiten vertimientos; Clase II. Cuerpos de agua que admiten vertimientos con algún tratamiento

⁽³⁾ Uso de consumo humano y doméstico que para potabilización requiere desinfección

⁽⁴⁾ Para riego de cultivos diferentes a frutas que se consuman sin quitar la cáscara y hortalizas de tallo corto de acuerdo con el artículo 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015

Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023)

3.8 Definición o ajuste de objetivos y criterios de calidad por usos

Basándose en los resultados obtenidos de la modelación de calidad del agua y los escenarios previamente presentados, se definieron los criterios de calidad esenciales para garantizar el mantenimiento de la calidad del agua para los usos establecidos. En consecuencia, se ajustaron las estrategias a implementar para satisfacer las necesidades derivadas de los criterios de calidad que se detallan en la Tabla 3-15.

Tabla 3-15 Usos y objetivos de calidad para el río Bolo

Tramo	Nombre del tramo	Uso potencial	Criterio de calidad	Unidades	Objetivo de calidad		
					Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo
					(5 años)	(10 años)	(15 y 20 años)
I	Desde el punto de monitoreo GB1 - Limnógrafo CVC - Los Minchos en el kilómetro 20.3, hasta la Derivación 4 Acequia Zanjón Bolito en el kilómetro 25.49	Consumo humano y doméstico ³ , recreativo contacto primario, agrícola ² , pecuario, piscícola, preservación de flora y fauna	Caudal ⁽¹⁾	L/s	149	149	149
			OD	mg O ₂ /L	≥ 5	≥ 5	≥ 5
			Temperatura	°C	≤ 30	≤ 30	≤ 30
			DBO ₅	mg O ₂ /L	≤ 5	≤ 4	≤ 4
			SST	mg/L	≤ 10	≤ 10	≤ 10
			pH	U pH	6.5 a 8.5	6.5 a 8.5	6.5 a 8.5
			Coliformes Fecales	NMP/100 mL	≤ 200	≤ 200	≤ 200
II	Desde la Derivación 4 Acequia Zanjón Bolito en el kilómetro 25.49, hasta la	Uso agrícola ² , pecuario, preservación de flora y fauna	Coliformes totales	NMP/100 mL	≤ 1000	≤ 1000	≤ 1000
			Caudal ⁽¹⁾	L/s	533	544	570
			OD	mg O ₂ /L	≥ 4	≥ 4	≥ 4
			Temperatura	°C	≤ 30	≤ 30	≤ 30
			DBO ₅	mg O ₂ /L	≤ 5	≤ 2	≤ 2

Tramo	Nombre del tramo	Uso potencial	Criterio de calidad	Unidades	Objetivo de calidad		
					Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo
					(5 años)	(10 años)	(15 y 20 años)
	desembocadura sobre el río Fraile en el kilómetro 67.1		SST	mg/L	≤ 10	≤ 10	≤ 10
			pH	U pH	6.5 a 8.5	6.5 a 8.5	6.5 a 8.5

(1) Caudal de referencia al cierre del tramo para el cumplimiento de los objetivos de calidad

(2) Para riego de cultivos diferentes a frutas que se consuman sin quitar la cáscara y hortalizas de tallo corto de acuerdo con el artículo 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015

(3) Uso de consumo humano y doméstico que para potabilización requiere desinfección

Oxígeno Disuelto (OD), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Sólidos Suspendedos Totales (SST), Potencial de hidrógeno (pH)

Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023)

3.9 Establecimiento de la meta global de carga contaminante y proyección de cargas

La formulación del PORH del río Bolo requirió el establecimiento de una línea base de cargas contaminantes y la proyección de dichas cargas para los años de análisis contemplados en el instrumento.

En el río Bolo se identificaron vertimientos de origen doméstico correspondientes al municipio de Pradera y al corregimiento de Bolo San Isidro y Bolo La Italia. Adicionalmente se encuentran los vertimientos de origen no doméstico correspondientes a Agropecuaria de Occidente S.A. y al Centro Internacional de Agricultura - CIAT, estos vertimientos cuentan actualmente con sistema de tratamiento de agua residual y se encuentran cumpliendo con los límites máximos permisible establecidos en la resolución 631 de 2015.

A partir del corto plazo, año 2029, se propone que los vertimientos VPC1 y VPC2 del casco urbano del municipio de Pradera se conduzcan hacia la PTAR del municipio; para los demás vertimientos domésticos que se encuentran sin tratar también se propone el tratamiento y cumplimiento de los límites máximos permisibles de la resolución 631 de 2015.

De acuerdo con los resultados del estudio de la modelación de la calidad del agua del río Bolo, realizados mediante la herramienta QUAL2Kw, y los escenarios planteados para este cuerpo de agua, se estimaron las metas de cargas contaminantes de DBO₅ y SST vertidas al río que permitan garantizar el cumplimiento de los objetivos de calidad en cada tramo de estudio. En la Tabla 3-16 se presentan las cargas máximas permisibles y la carga a remover por cada tramo de análisis.

Tabla 3-16. Cargas máximas permisibles y carga a remover por cada tramo de análisis

Tramo	Carga	Carga base 2024 (kg/día)		Carga a remover (kg/día)							
				Año 2028 (5 años)		Año 2033 (10 años)		Año 2038 (15 años)		Año 2043 (20 años)	
		DBO ₅	SST	DBO ₅	SST	DBO ₅	SST	DBO ₅	SST	DBO ₅	SST
II	Proyectada	1575	1413	1745	1533	1845	1621	1982	1743	2100	1848
	Máxima permisible	1575	1413	632	587	668	620	717	666	759	706
	Carga a remover	0.0	0.0	1112	947	1177	1001	1266	1077	1341	1142

Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023)

4. FASE IV FORMULACIÓN DEL PORH

4.1 Programa de seguimiento y monitoreo al recurso hídrico en el río Bolo

El Programa de seguimiento y monitoreo al recurso hídrico es un conjunto de actividades sistemáticas y continuas que se realizan para recopilar información sobre la calidad y cantidad del agua. Esta información se utiliza para evaluar el estado del recurso hídrico, identificar problemas y tomar medidas para su conservación y protección. Este programa de seguimiento y monitoreo al recurso hídrico es una herramienta fundamental para la gestión integral del agua, y se formula desde las siguientes perspectivas:

- Seguimiento al cumplimiento de los objetivos de calidad definidos para los diferentes tramos de la corriente.
- Seguimiento al cumplimiento de los objetivos de calidad por parte de los usuarios (captaciones y vertimientos).
- Complementación, ajuste y actualización de las herramientas de modelación.

4.1.1 Seguimiento al cumplimiento de los objetivos de calidad

De acuerdo con la esquematización y resultados de modelación del río Bolo se propone en la Tabla 4-1 la red de monitoreo para este cuerpo de agua, conformada por cuatro puntos sobre la corriente principal.

Tabla 4-1. Red de monitoreo sobre el río Bolo y sus principales tributarios

Tipo	ID	Nombre	Distancia aguas abajo (km)	Coordenadas *	
				Norte	Oeste
CP	GB1	Limnógrafo CVC - Los Minchos	20.30	1100435.760	869946.250
CP	GB2	Puente Pradera Palmira	30.20	1090040.94	862576.85
CP	GB4	Puente Bolo - San Isidro - vía a Candelaria	49.20	1081488.54	867697.06
CP	GB5	Antes desembocadura a Fraile en puente Recta Cali - Palmira	65.00	1071563.42	872779.98

CP: Corriente principal. Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023)

En la Tabla 4-2 se muestran las variables de calidad que conforman el programa de seguimiento y monitoreo del río Fraile. Se debe tener en cuenta que adicional al análisis de calidad es necesario realizar las mediciones de cantidad de agua de la corriente, por lo cual se incluye en la tabla el aforo de caudal.

Tabla 4-2. Variables de calidad para el seguimiento de los objetivos de calidad

No	Parámetros	Unidades
In situ		
1	pH	[Unidad]
2	Conductividad eléctrica	[μS/cm]
3	Oxígeno disuelto	[mg/L O ₂]
4	Temperatura del agua	[°C]
5	Caudal	m ³ /s

No	Parámetros	Unidades
Fisicoquímicos básicos		
6	Alcalinidad	[mg/L CaCO ₃]
7	Dureza Total	[mg/L CaCO ₃]
8	DBO ₅ Total	[mg/L O ₂]
9	DQO Total	[mg/L O ₂]
10	Sólidos suspendidos totales	[mg/L]
11	Turbiedad	[UNT]
12	Nitrógeno total	[mg/L N]
13	Nitrógeno amoniacal	[mg/L N-NH ₃]
14	Nitritos	[mg/L N-NO ₂]
15	Nitratos	[mg/L N-NO ₃]
16	Fósforo total	[mg/L P]
17	Fosfatos	[mg/L PO ₄]
18	Fenoles	[mg/L]
19	Potasio	[mg/L]
20	Sustancias activas al azul de metileno	[mg/L]
21	Color real o verdadero ⁽¹⁾	UPC
Metales y metaloides		
22	Hierro (Fe)	[mg/L]
23	Manganeso (Mg)	[mg/L]
24	Cobre ⁽¹⁾	[mg/L]
25	Plomo Total ⁽¹⁾	[mg/L]
26	Cromo hexavalente ⁽¹⁾	[mg Cr+6/L]
27	Cadmio Total ⁽¹⁾	[mg/L]
28	Zinc ⁽¹⁾	[mg/L]
29	Mercurio Total ⁽¹⁾	[mg/L]
30	Arsénico ⁽¹⁾	[mg/L]
31	Selenio ⁽¹⁾	[mg/L]
33	Bario ⁽¹⁾	[mg/L]
Iones		
33	Cloruros	[mg/L Cl ⁻]
34	Sulfatos	[mg/L SO ₄ ²⁻]
35	Sodio	[mg/L]
36	Calcio	[mg/L]
37	Magnesio	[mg/L]
38	Carbonato	[mg/L]
39	Bicarbonato	[mg/L]
40	Cianuro ⁽¹⁾	[mg/L]
Microbiológicos		
41	Coliformes totales	[NMP/100mL]
42	Coliformes fecales	[NMP/100mL]
Hidrobiológicos ⁽²⁾		
43	Perifiton	[Org/cm ²], [µg/m ² Chl-a] y [g/m ² Peso seco]
44	Macroinvertebrados	[Org/cm ²]
45	Peces	N individuos / [g] especie

Notas

(1) El monitoreo de estos parámetros se realizará en la estación GB1 - Limnógrafo CVC - Los Minchos

(2) El monitoreo de estos parámetros se realizará cada dos años, realizando dos campañas en cada año iniciando en el año 2026

Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023)

La toma de muestras debe realizarse siguiendo los protocolos definidos en la Guía para el Monitoreo de Vertimientos, Aguas Superficiales y Subterráneas (IDEAM, 2004), Protocolo para el Seguimiento y Monitoreo del Agua (IDEAM, Protocolo para el Seguimiento y Monitoreo del Agua, 2007) y la Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico para Aguas Superficiales Continentales (IDEAM, 2018).

Medición de parámetros hidrobiológicos:

Se incluirá el análisis de los recursos hidrobiológicos, con el objetivo de incorporar el estado ecológico del sistema hídrico a través del muestreo de algas perifíticas, macroinvertebrados acuáticos y peces. Con la toma de muestras se deberá definir la composición, riqueza y diversidad de estas comunidades (MADS, 2018).

4.1.1.1 La Frecuencia de monitoreo

Se recomienda que el muestreo de calidad y cantidad (con excepción de los parámetros hidrobiológicos) se realice en dos campañas al año, teniendo en cuenta la metodología propuesta por en la Guía para el Ordenamiento del Recurso Hídrico continental Superficial expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible-MADS en el año 2018, en donde plantean que las campañas deberán responder a diferentes condiciones de caudal (caudales altos en un periodo de transición o húmedo y caudales bajos o de estiaje), con el propósito de analizar el comportamiento de la calidad del agua en relación con la condición climatológica.

El monitoreo de parámetros hidrobiológicos se realizará cada dos años, realizando dos campañas en cada año, buscando que las mediciones de los parámetros hidrobiológicos se lleven a cabo en las mismas estaciones de muestreo y coincidentes con la medición de variables fisicoquímicas, microbiológicas y de caudal.

4.1.2 Seguimiento a Usuarios del Recurso Hídrico

En la Tabla 4-3 se puede observar los puntos existentes y propuestos para la red de seguimiento y monitoreo de vertimientos, cuyas actividades se proponen con una frecuencia de mínimo una vez al año.

Tabla 4-3. Red de monitoreo sobre los vertimientos que descargan sobre el río Bolo

ID	Nombre	Distancia aguas abajo (km)	Coordenadas (1)	
			Norte	Oeste
V1	VPC2 - Vertimiento Cabecera municipal Pradera - Colector Las Vegas + (VPC1 - Vertimiento Cabecera municipal Pradera - Colector La Lorena)	28.54	1093522.47	870383.15
V2	VPD1 - Asentamiento Pradera (Barrios Marsella, Primero de Mayo, Las Vegas y La Playita)	28.65	1093483.30	870347.18
V3	Vertimiento Corregimiento Bolo-San Isidro	49.66	1081952.57	874452.47
V4	Agropecuaria de Occidente S.A. (Porcicola La Lorena)	50.17	1081575.74	874744.92

ID	Nombre	Distancia aguas abajo (km)	Coordenadas (1)	
			Norte	Oeste
V5	Canal receptor CIAT (CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL)	55.14	1077640.10	875893.89

Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023)

Sistema de referencia Magna Colombia Oeste

La toma de muestras debe realizarse siguiendo los protocolos definidos en la Guía para el Monitoreo de Vertimientos, Aguas Superficiales y Subterráneas (IDEAM, 2004), Protocolo para el Seguimiento y Monitoreo del Agua (IDEAM, Protocolo para el Seguimiento y Monitoreo del Agua, 2007) y la Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico para Aguas Superficiales Continentales (IDEAM, 2018).

4.1.3 Complementación, ajuste y actualización de las herramientas de modelación

Teniendo en cuenta que las corrientes superficiales son sistemas complejos y altamente dinámicos, por lo que sus características hidrológicas, hidráulicas, geomorfológicas y de calidad de aguas varían tanto espacial como temporalmente, se hace necesario un levantamiento periódico de estas mismas. Es por ello que se requiere de la realización de futuras campañas de monitoreo que permitan afianzar y consolidar las bases de datos de parámetros hidráulicos, biológicos y fisicoquímicos de calidad del agua.

Por tanto, se recomienda que la metodología de las campañas de monitoreo con el propósito de actualización de la herramienta de modelación se realice siguiendo los protocolos definidos en la Guía de Ordenamiento del Recurso hídrico (MADS, 2018) y la Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico para Aguas Superficiales Continentales (MADS, 2018). Las campañas deben realizarse en el cuerpo de agua en diferentes épocas climatológicas del año buscando tener caudales altos y bajos y en los vertimientos teniendo en cuenta las dinámicas poblacionales y actividades económicas de las diferentes zonas, las cuales permitirán producir un modelo más robusto y calibrado.

La toma de muestras en cada estación debe realizarse en función de los tiempos de viaje obtenidos en el estudio hidrodinámico realizado para condiciones de baja y alta precipitación, cumpliendo así el seguimiento a la masa del agua propuesta en MADS (2018). Las campañas de monitoreo con fines de calibración y validación deben desarrollarse como mínimo una vez al finalizar el mediano plazo (decimoprimer año) o antes si se presentan situaciones que justifiquen la necesidad

4.2 Estructura del componente programático del PORH del río Bolo

En este apartado se presenta la estructura del componente programático del PORH, la formulación de líneas estratégicas, programas, proyectos, actividades, objetivos, indicadores, horizonte temporal, y entidades responsables, correspondiente a la fase de Formulación, para el río Bolo en articulación con los planteamientos de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico – PNGIRH (MAVDT, 2010), en cuanto a los objetivos específicos.

El componente programático está orientado a la formulación de las líneas estratégicas a desarrollar con sus proyectos a corto, mediano y largo plazo que buscan la sostenibilidad del recurso y garantizar el cumplimiento de los objetivos de calidad propuestos.

4.2.1 Línea estratégica 1: Gestión de la calidad del agua

Esta línea estratégica busca garantizar la conservación, recuperación y uso sostenible de los recursos hídricos mediante acciones integrales orientadas al control de la contaminación y el cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos para las diferentes corrientes. En este marco, se promueven medidas para evaluar y monitorear de forma sistemática el estado físico, químico y microbiológico del agua, así como la implementación de obras y prácticas que reduzcan las cargas contaminantes de origen doméstico y no doméstico. Las intervenciones contemplan desde el seguimiento técnico y la actualización de herramientas de modelación, hasta el diseño, construcción, operación y optimización de infraestructuras de saneamiento y tratamiento. De esta manera, se busca fortalecer la gestión ambiental, garantizar la salud pública, preservar los ecosistemas acuáticos y asegurar la disponibilidad de agua de calidad para las generaciones presentes y futuras.

4.2.2 Línea estratégica 2: Gestión de la Oferta

La línea estratégica de gestión de la oferta busca contribuir a la disponibilidad y sostenibilidad del recurso hídrico, asegurando que el río Bolo pueda satisfacer de manera continua las necesidades de los ecosistemas y de las comunidades que dependen del mismo. Entre las acciones consideradas se incluyen la delimitación, conservación y recuperación de áreas de importancia ambiental, así como la implementación de intervenciones físicas y de manejo que fortalezcan la capacidad de regulación y recarga de las fuentes.

4.2.3 Línea estratégica 3: Gestión de la demanda

En la línea estratégica de gestión de la demanda de agua se busca optimizar el uso del recurso hídrico, asegurando que las necesidades humanas, productivas y ambientales se satisfagan de manera eficiente y sostenible, especialmente en contextos de caudales reducidos. Este enfoque promueve la implementación de medidas técnicas, operativas y de gestión que permitan reducir pérdidas, fomentar el ahorro y garantizar la disponibilidad de agua para el caudal ambiental y otros usos prioritarios. Asimismo, considera acciones para caracterizar la demanda, establecer mecanismos de control y medición, y aplicar instrumentos de regulación que contribuyan a un equilibrio entre la extracción y la capacidad de las fuentes hídricas. Con ello, se pretende minimizar los riesgos asociados al déficit de agua y asegurar la continuidad de los servicios ecosistémicos y productivos a largo plazo.

4.2.4 Línea estratégica 4: Gobernanza del agua

La gobernanza del recurso hídrico se fundamentará en el fortalecimiento de las capacidades comunitarias para asegurar una gestión participativa, articulada y sostenible del agua en el territorio. Esta línea estratégica reconoce el papel clave de las organizaciones locales en la prestación de servicios públicos rurales y en la implementación de buenas prácticas que contribuyan a la protección y sostenibilidad del recurso hídrico.

Mediante procesos de formación, sensibilización y acompañamiento técnico y administrativo, se busca empoderar a las comunidades en aspectos como la gestión de residuos sólidos, el manejo del alcantarillado y la promoción de una cultura del agua orientada al uso eficiente y a la reducción de la contaminación. Estas acciones permiten consolidar una gestión corresponsable del recurso, fortaleciendo el vínculo entre la ciudadanía y la conservación del río Bolo.

En esta línea se articula los acuerdos de consulta previa protocolizados con la comunidad indígena de Kwet Wala. Estos acuerdos surgen del desarrollo de un diagnóstico participativo, la concertación con la Autoridad Tradicional, la incorporación del saber ancestral y la cosmovisión de esta comunidad. La implementación de las acciones priorizadas fortalece la resiliencia territorial y consolidan un modelo de la gestión hídrica que reconoce la diversidad cultural como eje estructurante de la gestión ambiental. La Comunidad Kwet Wala, desde su autonomía y saber ancestral, se posiciona como actor estratégico en la construcción de soluciones sostenibles y culturalmente pertinentes para el manejo del agua en el área de influencia del sistema del río Guachal.

Tabla 4-4 Línea Estratégica 1: Gestión de la calidad del agua

Línea Estratégica 1	Gestión de la calidad del agua										
Programa 1	Monitoreo y seguimiento a la calidad del recurso hídrico										
Objetivo General	Evaluar el estado del recurso hídrico en relación a los objetivos de calidad establecidos, identificar problemas y tomar medidas para su conservación y protección										
Acciones	Indicadores	Meta	Horizonte de tiempo PORH (años)							Entidades Responsables	
			CORTO					MEDIANO	LARGO		
			1	2	3	4	5	6 a 10	11 a 20		
Ejecución de la campaña de monitoreo de cantidad y calidad físicoquímica y microbiológica según el programa de seguimiento y monitoreo del PORH	Número de campañas de monitoreo realizadas	Realizar 40 campañas de monitoreo en el horizonte de la planificación del PORH para realizar seguimiento a los objetivos de calidad									CVC
Ejecución de la campaña de monitoreo hidrobiológico según el programa de seguimiento y monitoreo del PORH	Número de campañas de monitoreo realizadas	Realizar 20 campañas de monitoreo en el horizonte de la planificación del PORH para el seguimiento al estado de los ecosistemas hidrobiológicos									CVC
Monitoreo de la calidad y cantidad del agua con propósito de actualización de la herramienta de modelación Modelación de la calidad del agua del río Bolo aplicando el modelo QUAL2Kw	Número de optimizaciones del modelo de calidad de agua del río	Realizar una optimización del modelo de calidad del agua durante el período de ejecución del PORH									CVC

Línea Estratégica 1	Gestión de la calidad del agua									
Programa 2	Saneamiento de fuentes hídricas									
Objetivo General	Reducir la carga contaminante del vertimiento de aguas residuales domésticas y no domésticas Cumplir los objetivos de calidad del río Bolo									
Acciones	Indicadores	Meta	Horizonte de tiempo PORH (años)							Entidades Responsables
			CORTO					MEDIANO	LARGO	
			1	2	3	4	5	6 a 10	11 a 20	
Implementación del PSMV cabecera Pradera	% de implementación del PSMV del municipio de Palmira	100% de PSMV del municipio de Palmira implementado								Alcaldía de Pradera, ACUAVALLE, TX-SEINCO S.A.S E.S.P, Vallecaucana de Aguas, CVC, Gobernación del Valle del Cauca
Optimización y puesta en marcha de la PTAR municipio de Pradera	Número de PTAR en operación cumpliendo las cargas contaminantes aprobadas en el PSMV	Los vertimientos del área urbana de Pradera cumplen las cargas contaminantes definidas en el PSMV aprobado								Alcaldía de Pradera, ACUAVALLE, TX-SEINCO S.A.S E.S.P, Vallecaucana de Aguas, CVC, Gobernación del Valle del Cauca
Operación y mantenimiento de la PTAR municipio de Pradera de acuerdo con los protocolos establecidos	Número de PTAR operando adecuadamente Kg de carga contaminante vertida	Los vertimientos del área urbana de Pradera cumplen las cargas contaminantes definidas en el PSMV aprobado								ACUAVALLE, TX-SEINCO S.A.S. E.S.P., usuarios del sistema de alcantarillado
Implementación de obras de saneamiento en áreas de reubicación de los asentamientos de los barrios Marsella, Primero de Mayo, Las Vegas y La Playita	No. de vertimientos eliminados No. de vertimientos que cumplen la norma de vertimiento	100% de obras de saneamiento implementadas en predio de reubicación de asentamientos de Marsella, Primero de Mayo, Las Vegas y La Playita								Municipio de Pradera, Gobernación del Valle del Cauca, TX-SEINCO SAS ESP, ACUAVALLE S.A ESP CVC
Reposición redes de alcantarillado Colector Bolito, colector calle 3 y calle 7 y colector Comuneros en el municipio de Pradera, Valle del Cauca y eliminación del vertimiento generado por el colapso del colector Bolito	No. de vertimientos eliminados	El vertimiento generado por el colapso del colector Bolito es eliminado								Alcaldía de Pradera, ACUAVALLE SA ESP

Línea Estratégica 1	Gestión de la calidad del agua									
Programa 2	Saneamiento de fuentes hídricas									
Objetivo General	Reducir la carga contaminante del vertimiento de aguas residuales domésticas y no domésticas Cumplir los objetivos de calidad del río Bolo									
Acciones	Indicadores	Meta	Horizonte de tiempo PORH (años)							Entidades Responsables
			CORTO					MEDIANO	LARGO	
			1	2	3	4	5	6 a 10	11 a 20	
Formulación y aprobación del PSMV del corregimiento de Bolo San Isidro	No. de PSMV aprobados	El corregimiento de Bolo San Isidro cuenta con el PSMV aprobado								Municipio de Palmira, CVC
Diseño, construcción y puesta en marcha de la PTAR del corregimiento del Bolo San Isidro	Kg de carga contaminante vertida	El vertimiento del corregimiento de Bolo San Isidro cumple con la norma de vertimiento vigente								Alcaldía de Palmira, Asociación de Acueducto y Alcantarillado de Bolo San Isidro, CVC, Vallecaucana de Aguas, Gobernación del Valle del Cauca
Operación y mantenimiento de la PTAR del corregimiento de Bolo San Isidro de acuerdo con los protocolos establecidos	Número de PTAR operando adecuadamente Kg de carga contaminante vertida	El vertimiento del corregimiento de Bolo San Isidro cumple con la norma de vertimiento vigente								Alcaldía de Palmira, Asociación de Acueducto y Alcantarillado de Bolo San Isidro
Prácticas de producción más limpia y/o optimización de sistemas de tratamiento de agua residual industrial que permitan cumplir las cargas contaminantes máximas establecidas en los escenarios de calidad del PORH del río Bolo	Número de PTAR operando adecuadamente Kg de carga contaminante vertida	Usuarios con permiso de vertimiento cumplen con las cargas máximas permisibles definidas en los escenarios de calidad del PORH								Usuarios con permiso de vertimiento al río Bolo

Tabla 4-5. Línea Estratégica 2: Gestión de la Oferta

Línea Estratégica 2	Gestión de la Oferta									
Programa 1	Ocupación sostenible del territorio									
Objetivo General	Contribuir con la capacidad de regulación hídrica de la cuenca del río Bolo para el mejoramiento de las condiciones de calidad y cantidad del recurso hídrico									
Acciones	Indicadores	Meta	Horizonte de tiempo PORH (años)							Entidades Responsables
			CORTO					MEDIANO	LARGO	
			1	2	3	4	5	6 a 10	11 a 20	
Acotamiento e implementación de rondas hídricas en zonas priorizadas	Área intervenida/Total del área priorizada de rondas hídricas x 100	100% de acotamiento e implementación de la ronda hídrica en tramos priorizados								Alcaldía municipal de Pradera, Candelaria y Palmira – CVC

Tabla 4-6. Línea Estratégica 3: Gestión de la demanda de agua

Línea Estratégica 3	Gestión de la demanda de agua									
Programa 1	Uso eficiente y ahorro de agua									
Objetivo General	Garantizar el uso sostenible del recurso hídrico en situaciones de caudal bajo para preservar el caudal ambiental del río Bolo									
Acciones	Indicadores	Meta	Horizonte de tiempo PORH (años)							Entidades Responsables
			CORTO					MEDIANO	LARGO	
			1	2	3	4	5	6 a 10	11 a 20	
Formulación, aprobación e implementación del programa para el uso eficiente y ahorro del agua (PUEAA) por parte los usuarios del recurso hídrico acorde con lo establecido en la normatividad vigente	No. de usuarios con PUEAA formulados y aprobados No. de PUEAA en implementación	Los usuarios del recurso hídrico del río Bolo implementan las acciones definidas en los PUEAA								Usuarios con concesiones de agua en el río Bolo – CVC
Implementación de turnos de aprovechamiento del recurso hídrico del río Bolo que permitan contar el caudal definido para el cumplimiento de los objetivos de calidad, según se requiera	No. de turnos de aprovechamiento implementados Caudal medido en estaciones de monitoreo	El río Bolo, en diferentes condiciones hidrológicas, mantiene el caudal que permite cumplimiento de los objetivos de calidad								Usuarios con concesiones de agua en el río Bolo - Asobolo -CVC

Línea Estratégica 3	Gestión de la demanda de agua									
Programa 1	Uso eficiente y ahorro de agua									
Objetivo General	Caracterizar la demanda de agua del río Bolo y garantizar el uso sostenible del recurso hídrico									
Acciones	Indicadores	Meta	Horizonte de tiempo PORH (años)							Entidades Responsables
			CORTO					MEDIANO	LARGO	
			1	2	3	4	5	6 a 10	11 a 20	
Realización del diagnóstico y diseño de ingeniería de detalle de las estructuras de captación y control de caudal	No. De obras requeridas No. De obras diseñadas	Los usuarios del recurso hídrico del río Bolo cuentan con los diseños de las obras requeridas según las condiciones definidas en las concesiones de agua								Usuarios con concesiones de agua en el río Bolo – CVC
Implementación de las obras de control e instrumentación para la medición del caudal extraído	Número de obras de control e instrumentación implementadas / Número total de obras programadas x 100 No. de obras operando adecuadamente	Los usuarios del recurso hídrico del río Bolo cuentan con las obras de control e instrumentación para la medición del caudal extraído según las condiciones definidas en las concesiones de agua								Usuarios con concesiones de agua en el río Bolo - Asobolo -CVC

Tabla 4-7. Línea Estratégica 4: Gobernanza del agua

Línea Estratégica 4	Gobernanza del agua									
Programa 1	Participación Comunitaria y cultura del agua									
Objetivo General	Fortalecer las capacidades técnicas y administrativas de las organizaciones comunitarias para la prestación de los servicios públicos para la sostenibilidad del recurso hídrico									
Acciones	Indicadores	Meta	Horizonte de tiempo PORH (años)							Entidades Responsables
			CORTO					MEDIANO	LARGO	
			1	2	3	4	5	6 a 10	11 a 20	
Capacitación y fortalecimiento en la gestión integral de residuos sólidos	No. de organizaciones fortalecidas	Dos procesos de fortalecimiento de las organizaciones comunitarias que prestan servicios públicos con influencia en el río Bolo (un proceso en el corto plazo y otro en el mediano plazo)								CVC, Alcaldía de Palmira, Candelaria y Pradera, Gobernación del Valle del Cauca prestadores de los servicios comunitarios
Capacitación y fortalecimiento técnico y administrativo para la prestación del servicio de alcantarillado y actividades complementarias en el sector rural	No. de organizaciones fortalecidas	Dos procesos de fortalecimiento de las organizaciones comunitarias que prestan servicios públicos con influencia en el río Bolo (un proceso en el corto plazo y otro en el mediano plazo)								CVC, Alcaldía de Palmira, Candelaria y Pradera, Gobernación del Valle del Cauca prestadores de los servicios comunitarios
Desarrollo de procesos de educación ambiental y sensibilización de los usuarios del recurso hídrico del río Bolo sobre la necesidad de implementar acciones para el ahorro y uso eficiente del agua y el control de la contaminación para la sostenibilidad del recurso hídrico	No. de procesos ejecutados No. de actores que participan	Dos procesos de educación ambiental y sensibilización dirigido a los usuarios directos del río Bolo (un proceso en el corto plazo y otro en el mediano plazo)								CVC, Alcaldía de Palmira, Candelaria y Pradera, Gobernación del Valle del Cauca prestadores de los servicios comunitarios

Tabla 4-8 Línea Estratégica 5: Gobernanza del agua – Acuerdos protocolizados con la comunidad de Kwet Wala

Línea Estratégica 5	Gobernanza del agua									
Programa 1	Fortalecimiento de los principios educativos desde el concepto ambiental y cultural									
Objetivo General	Fortalecer los principios educativos desde el concepto ambiental y cultural para la preservación del medio ambiente en especial el recurso hídrico con influencia en el territorio ancestral del resguardo indígena Kwet Wala del municipio de Pradera – Valle del Cauca									
Acciones	Indicadores	Meta	Horizonte de tiempo PORH (años)							Entidades Responsables
			CORTO					MEDIANO	LARGO	
			1	2	3	4	5	6 a 10	11 a 20	
Desarrollo de una estrategia de educación de etnoeducación ambiental integral para la formación y conservación del conocimiento ambiental ancestral en el territorio de la Comunidad Kwet Wala	No. de estrategias de educación ambiental implementadas	1 estrategia de etnoeducación ambiental implementada en el territorio ancestral del Resguardo Indígena de Kwet Wala								Resguardo Indígena Kwet Wala – CVC

Línea Estratégica 5	Gobernanza del agua									
Programa 2	Coordinación entre autoridades CVC y Autoridad Indígena del Resguardo Kwet Wala para la protección y el cuidado ambiental									
Objetivo General	Preservar áreas con nacimientos de agua, del bosque y corredores para la protección de la biodiversidad y fortalecer la regulación hídrica									
Acciones	Indicadores	Meta	Horizonte de tiempo PORH (años)							Entidades Responsables
			CORTO					MEDIANO	LARGO	
			1	2	3	4	5	6 a 10	11 a 20	
Implementación de herramientas de manejo del paisaje que permita al Resguardo Indígena en condiciones de autonomía y autodeterminación el desarrollo actividades en torno a la agroforestería, cercas vivas para la preservación de áreas con nacimientos de agua, aislamiento del bosque y corredores, conservación de plantas medicinales y fauna silvestre; de este modo aumentar la conectividad funcional del paisaje y	No. de herramientas de manejo del paisaje implementadas	1 herramienta implementada en el territorio ancestral del Resguardo Indígena de Kwet Wala								Resguardo Indígena Kwet Wala – CVC

Línea Estratégica 5	Gobernanza del agua									
Programa 2	Coordinación entre autoridades CVC y Autoridad Indígena del Resguardo Kwet Wala para la protección y el cuidado ambiental									
Objetivo General	Preservar áreas con nacimientos de agua, del bosque y corredores para la protección de la biodiversidad y fortalecer la regulación hídrica									
Acciones	Indicadores	Meta	Horizonte de tiempo PORH (años)							Entidades Responsables
			CORTO					MEDIANO	LARGO	
			1	2	3	4	5	6 a 10	11 a 20	
proveer hábitat para la biodiversidad nativa										
Implementación de tres viveros para la preservación y recuperación de especies arbóreas nativas en el territorio.	No. de viveros implementados	3 viveros implementados								Resguardo Indígena Kwet Wala – CVC
Gestión de los recursos para un proyecto de soberanía alimentaria para 60 hectáreas que mejore la calidad de vida de los miembros de la comunidad indígena del Resguardo	No. de proyectos	1 proyecto de seguridad alimentaria								Resguardo Indígena Kwet Wala – CVC
Acompañamiento en la implementación del esquema de pago por servicios ambientales al resguardo indígena Kwet Wala, a partir del diálogo e identificación con la comunidad de los servicios a incluir dentro de este modelo	No. de esquemas de pagos por servicios ambientales formulado	1 esquema de pagos por servicios ambientales formulado								Resguardo Indígena Kwet Wala – CVC

Línea Estratégica 5	Gobernanza del agua										
Programa 3	Saneamiento básico en el territorio indígena Kwet Wala										
Objetivo General	Implementar acciones de saneamiento básico en el territorio ancestral del Resguardo Indígena de Kwet Wala para el mejoramiento de la calidad del agua, reducir la carga contaminante del vertimiento de aguas residuales domésticas.										
Acciones	Indicadores	Meta	Horizonte de tiempo PORH (años)							Entidades Responsables	
			CORTO					MEDIANO	LARGO		
			1	2	3	4	5	6 a 10	11 a 20		
Implementación de un total de 34 sistemas individuales de tratamiento de aguas residuales domésticas (SITARES) en el territorio del resguardo indígena Kwet Wala, distribuidos de la siguiente manera: 9 SITARES en la comunidad de La Carbonera, 13 SITARES en la comunidad El Nogal y 12 SITARES en la comunidad de La Fría	No. de SITARES implementados	34 SITARES implementados									Resguardo Indígena Kwet Wala - CVC
Realización de un total dos (2) capacitaciones en el Territorio Ancestral del Resguardo Indígena para el mantenimiento de los sistemas de tratamientos de aguas residuales (SITARES)	No. de capacitaciones realizadas	2 capacitaciones sobre el mantenimiento de los SITARES									Resguardo Indígena Kwet Wala - CVC
Realización de acciones tendientes a la optimización de los sistemas de tratamiento de agua potable de las comunidades de La Fría y La Carbonera	No. de acciones implementadas	Dos acueductos con acciones realizadas para la optimización									Resguardo Indígena Kwet Wala - CVC
Diseño y construcción del acueducto comunitario de la comunidad indígena del Nogal	No. de diseños No. de acueductos construidos	1 diseño del acueducto 1 acueducto construido									Resguardo Indígena Kwet Wala - CVC

4.3 Estrategias de articulación para la implementación del PORH

Con el fin de asegurar el éxito en la implementación del PORH del río Bolo, se plantean las estrategias articuladoras; el estado base de la unidad hidrológica en estudio, identificado en la fase diagnóstica, y los objetivos de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico – PNGIRH (MAVDT, 2010) que se fundamenta en ocho (8) principios:

1. **Bien de uso público:** El agua es un bien de uso público y su conservación es responsabilidad de todos.
2. **Uso prioritario:** El acceso al agua para consumo humano y domestico tendrá prioridad sobre cualquier otro uso y en consecuencia se considera un fin fundamental del Estado. Además, los usos colectivos tendrán prioridad sobre los usos particulares.
3. **Factor de desarrollo:** El agua se considera un recurso estratégico para el desarrollo social, cultural y económico del país por su contribución a la vida, a la salud, al bienestar, a la seguridad alimentaria y al mantenimiento y funcionamiento de los ecosistemas.
4. **Integridad y diversidad:** La gestión integral del recurso hídrico armoniza los procesos locales, regionales y nacionales y reconoce la diversidad territorial, ecosistémica, étnica y cultural del país, las necesidades de las poblaciones vulnerables (niños, adultos mayores, minorías étnicas), e incorpora el enfoque de género.
5. **Unidad de gestión:** La cuenca hidrográfica es la unidad fundamental para la planificación y gestión integral descentralizada del patrimonio hídrico.
6. **Ahorro y uso eficiente:** El agua dulce se considera un recurso y por lo tanto, su uso será racional y se basará en el ahorro y uso eficiente.
7. **Participación y equidad:** La gestión del agua se orientará bajo un enfoque participativo y multisectorial, incluyendo a entidades públicas, sectores productivos y demás usuarios del recurso, y se desarrollará de forma transparente y gradual propendiendo por la equidad social.
8. **Información e investigación:** El acceso a la información y la investigación son fundamentales para la gestión integral del recurso hídrico (Política nacional para la gestión integral del recurso hídrico, Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2010).

Teniendo en cuenta los riesgos identificados y situaciones propias de la corriente en ordenamiento, se presenta a continuación la articulación con los instrumentos de planeación existentes, la descripción de las líneas estratégicas para la conformación de proyectos, así como las fichas correspondientes a cada proyecto donde se definen actividades, tareas, responsables, costos y metas.

Este proceso fue retroalimentado por los actores territoriales consultados en las diferentes fases de desarrollo de los PORH del sistema Guachal en la estrategia de participación desarrollada. Donde se relacionan con las establecidas por el equipo técnico, las cuales obedecen, de una parte, a los requerimientos de la normatividad y protocolos técnicos y de

otra a las características y necesidades del río y su territorio.

4.3.4 Articulación del PORH con los instrumentos de planificación

El PORH, como parte de los instrumentos que hacen posible la gestión integral del agua, requiere mantener una articulación con instrumentos de planificación y gestión que se formulan a escala regional y municipal con injerencia en las subcuencas de los ríos que conforman la Cuenca Hidrográfica del río Guachal acorde con la fase de diagnóstico, los instrumentos de planificación existentes que fueron tenidos en cuenta al igual que los documentos técnicos se muestran en la siguiente (Figura 4-1).

INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN Y TÉCNICOS EN ARTULACIÓN CON PORH DEL RIO BOLO			
GESTIÓN AMBIENTAL	GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO	PLANIFICACIÓN TERRITORIAL	DIAGNÓSTICOS TÉCNICOS
El Plan de Gestión Ambiental Regional 2015-2036	Plan Estratégico Macrocuena – PEM Magdalena-Cauca (2015) Línea base Plan de Manejo Ambiental del acuífero Valle del Cauca (CVC, 2010). Acuerdo CVC 042 del año 2010 Planes de Uso Eficiente y Ahorro del Agua (PUEAA): Programa Sociedad de Acueductos y Alcantarillados del Valle del Cauca S. A. ESP –ACUAVALLE, Municipio de Pradera Resolución 0100.No.0600.0298.2023. Define los objetivos de calidad de agua de la cuenca del río Cauca, al tramo en jurisdicción del departamento del Valle del Cauca Reglamentación del río Bolo con resolución 0100 No. 0600-0652 de 2012	Planes de Manejo del sistema de PNN Las Hermosas Plan de Ordenamiento Territorial Departamental del Valle del Cauca Plan de Ordenamiento Territorial/ EOT del municipio de Pradera Plan de Ordenamiento Territorial-POT Palmira en proceso de actualización del instrumento de planificación en el marco de POT modernos.	Evaluación Nacional del Agua ENA (2008,2010, 2014,2018) Evaluaciones Regionales del Agua ERA (CVC 2018) Priorización de Fuentes Superficiales para el Ordenamiento del Recurso Hídrico en el Valle del Cauca (2012)

Figura 4-1. Instrumentos de planificación y estudios técnicos tomados en cuenta para la articulación con el PORH del río Bolo

Se consultó el Plan Estratégico de la Macrocuena Magdalena-Cauca en el cual se formularon lineamientos estratégicos y determinantes ambientales, que de acuerdo con el Decreto 1076 de 2015, es un instrumento de planificación de más alta jerarquía; y por lo tanto el marco para el desarrollo de otros de orden local, con la finalidad de mantener la coherencia en la planificación, el manejo y desarrollo del territorio. El componente programático del PORH y las acciones que CVC desarrolla actualmente, se articula con los lineamientos estratégicos de los ejes temáticos planteados para “Calidad y sostenibilidad del Recurso Hídrico y Educación ambiental, cultura y participación ciudadana”, sin embargo, continúa pendiente la formulación del Plan de Ordenamiento de la cuenca del Guachal - POMCA GUACHAL- de la que el río Bolo hace parte (Tabla 4-9).

Tabla 4-9 Líneas estratégicas y acciones propuestas para el PEM de la Macrocuena Magdalena-Cauca, que se enmarcan en la propuesta programática del PORH del río Bolo

OBJETIVO ESTRATEGICO	LINEA ESTRATEGICA	LINEA DE ACTUACION	CRITERIO DE ACTUACION
Mejorar las condiciones de la calidad del agua de la cuenca del río cauca y de los aspectos concernientes a la regulación de la cantidad del agua para obtener condiciones óptimas en su distribución en el territorio y a los usuarios como insumo para los diferentes usos	Planificación del uso y manejo del recurso	Ordenación y manejo integral de las cuencas hidrográficas	Formulación de planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas
		Diseño e implementación de sistemas de monitoreo e información ambiental.	Consolidación y ampliación de la red de monitoreo de la calidad del agua y promover la integración de ésta con otras redes públicas y particulares existentes.
		Regulación de la oferta del recurso hídrico para satisfacer la demanda actual y futura, en el desarrollo sectorial y territorial en las zonas de alta ocupación y en zonas en proceso de ocupación.	Implementación de sistemas de revegetalización y reforestación con fines de regulación hídrica.
	Reducción de la contaminación	Diseño, construcción y optimización de la infraestructura física para la captación, almacenamiento, transporte, distribución, tratamiento y disposición del recurso hídrico	Orientación de un uso eficiente del agua a través de la formación de una conciencia de uso racional.
Promover procesos de participación, concertación y educación para la adopción de valores y actitudes reconociendo la diversidad cultural hacia la sostenibilidad del territorio	Reconocimiento de la diversidad cultural	Incorporación de la etnoeducación y la educación ambiental a la educación formal y no formal	Fomento y promoción para el mejoramiento continuo de la infraestructura física para el suministro de agua potable y conducción y disposición de aguas residuales
			Articulación de estrategias de educación ambiental con las CAR, para la socialización del conocimiento, la conservación y preservación del río como eje del desarrollo regional y nacional con campañas masivas de difusión

Fuente: (CORMAGDALENA, Secretaría Técnica del Río Cauca, Universidad de Medellín, 2006)

Por medio de la Resolución 0100 No. 0720- 0170 de 2019, la CVC aprueba el Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua- PUEAA, presentado por la sociedad de acueductos y alcantarillados del valle del cauca -ACUAVALLE-, para el municipio de Pradera, la cual capta agua de la derivación 4 zanjón Bolito, del río Bolo. El plan formuló tres estrategias, de las cuales dos se articulan con las propuestas el PORH del río Bolo (Tabla 4-10).

Tabla 4-10. Estrategias del PUEAA presentado por ACUAVALLE que se articulan con el componente programático del PORH del río Bolo aprobado por Resolución 0100 No. 0720- 0170 DE 2019 CVC

Estrategias	Descripción	Objetivos
Reducción de pérdidas de agua: desde la bocatoma hasta el usuario	Procedimiento interno para establecer el plan de medidores, que responde a una evaluación de criterios, posteriormente y acorde con el presupuesto disponible se define el plan de reposición	• Implementar sistemas de macro medición a la entrada y salida de la planta. • Detectar fugas en los sistemas de captación, aducción y planta. • Controlar y reparar el sistema para evitar las fugas.

Estrategias	Descripción	Objetivos
	Concertación con usuarios para optimización del uso del agua	• Contribuir al fortalecimiento de la asociación de usuarios del río Bolo • Presentar el diagnóstico de la cuenca hidrográfica y balance hídrico. • Lograr acuerdos • Elaborar un Plan de trabajo conjunto
Cultura de uso eficiente del agua	Formulación, concertación e implementación de un Plan de educación ambiental con la comunidad para que actúen en consecuencia	• Contribuir al fortalecimiento del CIDEA y concertar un plan interinstitucional de educación ambiental que termine en ejecución de acciones concretas que apunten a resolver la problemática asociada al agua. • Determinar la problemática central del uso del agua en el municipio • Implementar un plan de medios interinstitucional de divulgación de las actividades a realizar. • Identificar y cuantificar los cambios en los comportamientos de los usuarios en relación al uso racional del agua

Fuente: Boletín de Actos Administrativos Ambientales, mayo 13 al 19 de 2019. Resoluciones, Permisos, Sanciones, Concesiones, Autos, Licencias. CVC

Los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV), enmarcado en la Resolución 1433 de 2004 del MAVDT, son instrumentos de planificación que propenden por el avance en la descontaminación de fuentes de agua, que buscan resolver problemas de saneamiento tratando los vertimientos de aguas residuales domésticas. El área del sistema Guachal cuenta con diez (10) PSMV, de los cuales uno tiene impacto directo sobre el cauce río Bolo; el de la cabecera municipal de Pradera.

Este plan contempla tres programas: 1. Mejoramiento del sistema de alcantarillado, 2. La reducción de la carga contaminante y 3. El fortalecimiento institucional. Todos estos programas y su planificación inciden en planteamiento de la proyección de la carga contaminante y las metas de reducción.

La proyección del PSMV plantea la eliminación de vertimientos con la optimización de la red de alcantarillado y el sistema de bombeo en el Corregimiento La Granja, y los estudios técnicos necesarios para el diseño de obras en los barrios Primero de Mayo, Marsella, Las Vegas y la Playita, los cuales se implementarán entre el periodo del 2025 al 2032.

En simultánea se planteó la actualización de los estudios y diseños para rehabilitar la PTAR. La operación y el mantenimiento anual de este sistema; como también la realización anual de campañas de educación y sensibilización ambiental a la comunidad.

Otro vertimiento importante al río Bolo lo realiza el centro poblado rural del corregimiento del Bolo San Isidro (Municipio de Palmira), el cual no cuenta con tratamiento de aguas residuales como tampoco tiene formulado el PSMV. El operador del servicio público es la Asociación de acueducto y alcantarillado Bolo San Isidro.

Con relación al instrumento de planificación territorial, El PBOT del municipio de Pradera, según Acuerdo N°.019 / 2002, se mantiene vigente, pues no se ha realizado la actualización. Sin embargo, se presentan avances en la actualización de este instrumento.

Una vez quede en firme la adopción el PORH del río Bolo el POT Palmira nueva generación y el PBOT de Pradera, deberán incorporar los objetivos de calidad, las prohibiciones y condicionamientos derivadas del PORH como determinantes ambientales;

Los objetivos de calidad definidos para el río Bolo además aportan al cumplimiento de los objetivos de calidad del río Cauca definidos Resolución 0100.No.0600.0298.2023. El Sistema Guachal entrega sus aguas antes del punto de monitoreo No.9 del Paso de la Torre. Sin embargo, los objetivos de calidad definidos para el tramo IIB, comprendido Desde: Bocatoma de EMCALI – Hasta la Estación Vijes, considera dos estaciones en la cual se realizará el seguimiento del cumplimiento de los objetivos de calidad para el tramo como son: Puente Isaac (Estación de calidad CVC No. 8) y la estación de Vijes (Estación de calidad CVC No.10). El PORH de los ríos que conforman el sistema Guachal incluido el río Bolo deberán aportar al cumplimiento de los objetivos de calidad definidos para este tramo los cuales se enuncian en la Tabla 4-11.

Tabla 4-11. Objetivos de calidad para el tramo IIB de la cuenca del río Cauca

Tramo	Uso Potencial	Estación de Control	Parámetro	Unidades	Corto Plazo	Mediano Plazo	Largo Plazo
IIB Desde: Bocatoma de EMCALI - Hasta: Estación Vijes	Estético	Puerto Isaacs	OD	mg O ₂ /L	≥ 3	≥ 3	≥ 4
			DBO ₅	mg O ₂ /L	≤ 7	≤ 5	≤ 5
			NO ₃	mg NO ₃ /L	≤ 10	≤ 5	≤ 10
			SST	mg/L	≤ 150	≤ 120	≤ 100
			Ph Min	U pH	6	6	6
			Ph Min	U pH	9	9	9
			Ausencia de material flotante y de espumas, provenientes de actividad humana				
			Ausencia de grasas y aceites que formen película visible				
			Ausencia de sustancias que produzcan olor				
		Vijes	OD	mg O ₂ /L	≥ 1,2	≥ 1,2	≥ 4
			DBO ₅	mg O ₂ /L	≤ 7	≤ 5	≤ 5
			NO ₃	mg NO ₃ /L	≤ 10	≤ 10	≤ 10
			SST	mg/L	≤ 150	≤ 120	≤ 100
			Ph Min	U pH	6	6	6
			Ph Min	U pH	9	9	9
			Ausencia de material flotante y de espumas, provenientes de actividad humana				
			Ausencia de grasas y aceites que formen película visible				
			Ausencia de sustancias que produzcan olor				

Articulación del PORH con el POT

Los resultados del PORH son considerados determinante ambiental, los cuales deben ser incorporados en la actualización de los instrumentos de ordenamiento territorial con relación a:

- Información relacionada con la oferta hídrica total (cantidad de agua que fluye por el cuerpo de agua y la oferta hídrica disponible (Oferta hídrica total menos el caudal ambiental, lo cual condicionará qué cantidad de agua puede ser concesionada u otorgada para diferentes procesos que se desarrollen en el territorio y en todo caso deberán ser tenidos en cuenta para la definición de perímetros, usos y densidades de ocupación.

- Los usos actuales y potenciales del cuerpo de agua, en concordancia con los objetivos de calidad asociados y la disponibilidad del recurso hídrico, condicionarán la definición de los modelos de ocupación territorial y en tal sentido deberán armonizarse con el régimen de usos definido en el POT para cada actividad.
- Criterios y objetivos de calidad, este aspecto condiciona qué cantidad de cargas contaminantes pueden descargarse a los cuerpos de agua por diferentes vertimientos, a fin de garantizar la preservación de las condiciones de calidad y cantidad requeridas para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos y demás usos sobre el cuerpo de agua.
- Prohibiciones y condicionamientos (Clasificación de las aguas, prohibiciones y condicionamientos para permitir vertimientos). La definición de zonas de clase tipo I condiciona las áreas de actividad propuestas en el POT, toda vez que se prohíben vertimientos o el desarrollo de actividades específicas lo cual deberá quedar indicado en las normas urbanísticas del POT.

4.4 Restricciones y condicionantes

Para alcanzar los objetivos de calidad propuestos en la unidad hidrográfica del río Bolo, se requiere implementar una serie de acciones integradas dentro de las líneas estratégicas definidas en el plan de acción del PORH: Gestión de la calidad del agua, Gestión de la oferta, Gestión de la demanda y Gobernanza del agua. Estas líneas agrupan actividades dirigidas a mejorar las condiciones del recurso hídrico, promover el uso eficiente del agua y fortalecer los procesos institucionales, sociales y comunitarios relacionados con su gestión.

La implementación de estas acciones exige la articulación entre actores ambientales, institucionales, económicos y sociales, con el objetivo de reducir de manera progresiva las cargas contaminantes provenientes de fuentes puntuales y difusas. Se propone una ejecución escalonada de las medidas, atendiendo las prioridades establecidas con base en el diagnóstico del estado de la calidad del agua en la cuenca.

En el análisis de calidad de los diferentes tramos del río Bolo, se identifican limitaciones en el tramo II que restringen usos exigentes debido a las concentraciones de los parámetros microbiológicos. En este sentido, se prioriza la remoción de la carga orgánica mediante la actualización, ajuste y ejecución de los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) priorizados.

Aunque estas acciones no solucionan de manera inmediata las deficiencias de calidad, en cuanto a los determinantes de tipo microbiológico, representan un paso necesario hacia el mejoramiento de la calidad del recurso. Para alcanzar los estándares requeridos en los usos más restrictivos, será necesario complementar estas medidas con procesos de desinfección en un horizonte de largo plazo.

El uso del agua con fines de consumo humano, estético y de preservación exige, además, la protección de tramos de especial importancia ambiental, donde se establecerán restricciones frente a la disposición de vertimientos y se fomentará la conservación del paisaje y la biodiversidad acuática y ribereña.

Por último, la gobernanza del agua será un eje fundamental para asegurar la sostenibilidad del proceso, mediante el fortalecimiento de los espacios de concertación, el acceso a la información, la educación ambiental, el control social y la coordinación entre actores públicos, privados y comunitarios.

5. Bibliografía

Universidad del Valle y CVC, (2023). Documento técnico de formulación del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico del río Bolo