

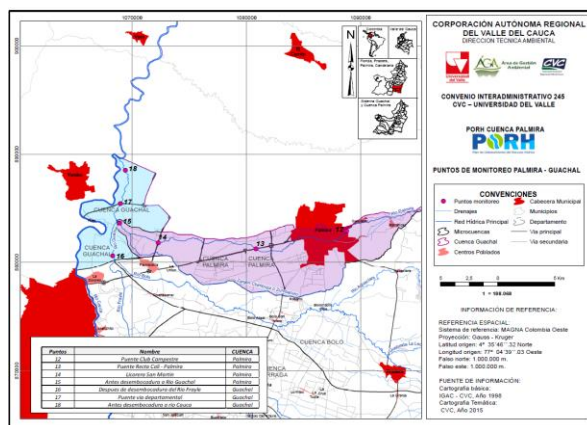


PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO – PORH DEL RÍO GUACHAL

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”



DOCUMENTO SÍNTESIS RÍO GUACHAL

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. FASE I DECLARATORIA	1
2. FASE II DIAGNOSTICO	1
2.1 Área de Ordenamiento	2
2.2 Participación en el PORH	3
2.2.1 Participación de los grupos étnicos en la formulación del PORH del río Guachal	6
2.3 Localización y caracterización de las redes hidrometereológicas y de calidad existentes	6
2.3.1 Red hidrometeorológica	6
2.3.2 Red de monitoreo de calidad	9
2.1 Oferta hídrica de la subcuenca del río Guachal	9
2.2 Caudal ambiental	11
2.3 Caudal de oferta hídrica disponible	12
2.1 Indicadores de presión sobre el recurso hídrico superficial	13
2.1.1 Índice de Uso del Agua (IUA)	13
2.1.2 Índice de retención y regulación hídrica IRH	14
2.1.3 Índice de Aridez – IA	16
2.1.4 Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH)	16
2.2 Demanda hídrica total (DHT)	17
2.2.1 Fuentes de información consultadas	18
2.2.2 Demanda de uso doméstico – DUD del río Guachal	21
2.2.3 Demanda de uso agrícola - DUA del río Guachal	21
2.2.4 Demanda de Uso de Agua Pecuario DUP	21
2.2.5 Demanda de Uso de Agua Industrial DUI	21
2.3 Determinación de la demanda hídrica total (DHT)	21
2.3.1 Censo de usuarios	22
2.3.2 Inventario de sistemas de tratamiento de agua para consumo humano	24
2.3.3 Inventario de sistemas de tratamiento de aguas residuales.	25
2.4 Análisis de conflictos actuales de uso del recurso hídrico	25
2.5 Calidad del agua	25
2.5.1 Diseño y ejecución del plan de monitoreo de cantidad y calidad el cuerpo de agua objeto de ordenamiento	25
2.5.2 Caracterización hidráulica	27
2.5.3 Resultados monitoreo de calidad y cantidad	28
2.5.4 Resultados monitoreo hidrobiológicos	30
2.5.5 Resultados monitoreo de vertimientos	38
2.6 Índices de calidad y contaminación	40
2.6.1 Índice de calidad ICA IDEAM para el río Guachal	40

2.6.2	Índice de Calidad CETESB para el río Guachal	42
2.1.1	Índice de Calidad DINIUS para el río Guachal	42
2.1.2	Índices de Contaminación ICOMO para el río Guachal	45
2.1.1	Índice de contaminación ICOTRO para el río Palmira	45
2.1.2	Índices históricos de calidad y de contaminación para el río Fraile	47
2.2	Indicadores biológicos	48
2.2.1	Índice BMWP	48
3.	FASE III. IDENTIFICACIÓN DE USOS POTENCIALES: PROSPECTIVA	49
3.1	Proyección de la demanda total de agua para el río Guachal	49
3.1.1	Enfoque Metodológico	49
3.1.2	Proyección de la Demanda Hídrica para para producción agrícola	50
3.1.3	Proyección de la Demanda Hídrica Total	51
3.2	Estimación cualitativa de los riesgos asociados a la reducción de la oferta del recurso hídrico	52
3.2.1	Análisis cualitativo de la reducción y disponibilidad de la oferta hídrica para el río Guachal proyectada al 2044	53
3.2.2	Análisis del riesgo proyectado por oferta y disponibilidad hídrica	53
3.2.3	Análisis cualitativo del riesgo asociado a la disponibilidad del recurso hídrico del río Guachal	54
3.3	Modelación de calidad de agua	55
3.3.1	Definición de la estructura conceptual para la modelación de la calidad del agua	55
3.1	Definición de tramos de análisis para el establecimiento de objetivos de calidad	56
3.2	Calibración y confirmación del río Guachal	57
3.3	Formulación y simulación de escenarios	61
3.4	Identificación de usos potenciales del recurso hídrico y clasificación del cuerpo de agua en ordenamiento	68
3.5	Definición o ajuste de objetivos y criterios de calidad por usos	68
3.6	Establecimiento de la meta global de carga contaminante y cargas contaminantes	69
4	FASE IV FORMULACIÓN DEL PORH	71
4.1	Programa de seguimiento y monitoreo al recurso hídrico en el río Guachal	71
4.2	Seguimiento al cumplimiento de los objetivos de calidad	71
4.2.1	Seguimiento a usuarios del recurso hídrico	73
4.2.2	Complementación, ajuste y actualización de las herramientas de modelación	74
4.3	Estructura del componente programático del PORH del río Guachal	74
4.3.1	Línea estratégica 1: Gestión de la calidad del agua	74
4.3.2	Línea estratégica 2: Gestión de la Oferta	75
4.3.3	Línea estratégica 3: Gestión de la demanda	75
4.3.3	Línea estratégica 4: Gobernanza del agua	75
4.4	Estrategias de articulación para la implementación del PORH	80
4.4.1	Articulación del PORH con los instrumentos de planificación	81

BIBLIOGRAFÍA

83

LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1. Codificación del río Guachal	2
Tabla 2-2. Descripción del tramo en ordenamiento	3
Tabla 2-3. Proceso de participación en la formulación del PORH Guachal	4
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	6
Tabla 2-5. Red de estaciones climatológicas ubicadas en la zona de influencia del sistema Guachal	7
Tabla 2-6. Relación de las estaciones de caudal ubicadas en el sistema Guachal	7
Tabla 2-7. Información general sobre estaciones de monitoreo de la CVC sobre el río Guachal	9
Tabla 2-8. Oferta Hídrica superficial por tramos para la subcuenca del Río Guachal	11
Tabla 2-9. Porcentaje asociado para el Caudal Ecológico en el río Guachal	12
Tabla 2-10. Caudal ambiental calculado a partir de la serie de datos de la OHTS para cada punto (m^3/s)	12
Tabla 2-11. Oferta Hídrica Disponible OHD por tramos para el Río Guachal	12
Tabla 2-12. Categorías de IUA de acuerdo con el IDEAM (2013)	13
Tabla 2-13. IUA para el río Guachal por tramos	13
Tabla 2-14. Categorías de IRH de acuerdo con el IDEAM (2013)	14
Tabla 2-15. Valores de IRH por tramos para el río Guachal	15
Tabla 2-16. Rangos y categorías para la evaluación del Índice de Aridez en los Estudio Nacionales de Agua en el periodo 2014 a 2018	16
Tabla 2-17. Índice de Aridez mensual por sectores en el río Guachal	16
Tabla 2-18. Rangos y categorías del IUA y su relación con el IRH, que determinan el IVH por desabastecimiento	17
Tabla 2-19. Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico por tramos en el río Guachal, definido como Media (M), Alta (A) y Muy Alta (MA)	17
Tabla 2-20. Expresiones matemáticas para el cálculo de las demandas de uso de uso del agua a emplear en el sistema Guachal	18
Tabla 2-21. Representación porcentual de cada municipio en el recorrido del cauce del río Guachal en evaluación	19
Tabla 2-22. Población 2023 municipios que conforman el sistema Guachal (DANE 2020)	19
Tabla 2-23. Poblaciones pecuarias por municipios (Censos ICA 2022)	19
Tabla 2-24. Dotaciones pecuarias	20
Tabla 2-25. RUA Sector Manufacturero – Volumen de agua consumido por municipio m^3 (CVC 2018)	20
Tabla 2-26. Evapotranspiración de referencia (ET_0 , mm) por tramos de los cauces	20
Tabla 2-27. Demanda Uso Agrícola – DUA- por tramos del río Guachal (Mm^3/mes)	21
Tabla 2-28. Demanda de uso pecuario -DUP- asociadas a la cuenca del río Guachal (Mm^3/mes)	21
Tabla 2-29. Demanda de uso industrial -DUI- asociadas al río Guachal (Mm^3/mes)	21
Tabla 2-30. Demanda Hídrica Total para la subcuenca del Río Guachal	22
Tabla 2-31. Demanda Hídrica Media por tramos para la subcuenca del Río Guachal	22
Tabla 2-32. Captaciones directas sobre el río Guachal	22
Tabla 2-33. Listado de los vertimientos identificados en la subcuenca del río Guachal	24
Tabla 2-34. Fuentes de información para identificación de conflictos	25
Tabla 2-35. Estaciones de monitoreo en agua superficial – Subcuenca Guachal	26
Tabla 2-36. Puntos de monitoreo en vertimientos – Subcuenca Guachal	27
Tabla 2-37. Resultados de pruebas de trazadores subcuenca río Guachal.	28

Tabla 2-38. Resultados de aforos de caudal.	28
Tabla 2-39. Resultados de parámetros Físico - químicos para fuentes superficiales.	28
Tabla 2-40. Resultados de los índices ecológicos por punto de muestreo para la comunidad de perifiton durante la primera campaña de muestreo del río Palmira Guachal	34
Tabla 2-41. Composición y estructura de macroinvertebrados bentónicos en el río Guachal en época seca	34
Tabla 2-42. Composición y estructura de macroinvertebrados bentónicos en el río Guachal en época de lluvia	35
Tabla 2-43. Índices de diversidad y calidad del agua en el río Guachal	35
Tabla 2-44. Registro de especies por estación y época climática para las cuencas de los ríos Palmira y Guachal, Valle del Cauca	36
Tabla 2-45. Representación de órdenes, familias, géneros y especies registradas en la subcuenca del río Guachal	36
Tabla 2-46. Valores de índices de diversidad en ambos periodos climáticos para las cuencas de los ríos Palmira y Guachal, Valle del Cauca	38
Tabla 2-47. Caracterización fisicoquímica y aforos de los vertimientos sobre el río Guachal	38
Tabla 2-48. Carga contaminante del vertimiento monitoreado que descargada sobre el río Guachal campaña 1 y 2	39
Tabla 2-49. Clasificación del ICA IDEAM	40
Tabla 2-50. Valores de ICA Monitoreo sobre el río Guachal	41
Tabla 2-51. Clasificación ICA CETESB	42
Tabla 2-52. Valores de ICA CETESB Monitoreo sobre el río Guachal	42
Tabla 2-53. Clasificación de la calidad del agua según el ICA para el índice de DINIUS	43
Tabla 2-54. Valores de DINIUS Monitoreo sobre el río Guachal	44
Tabla 2-55. Clasificación de la Contaminación ICOMO	45
Tabla 2-56. Valores de ICOMO Monitoreo sobre el río Guachal	45
Tabla 2-57. Clasificación de la Contaminación ICOTRO	47
Tabla 2-58. Valores de ICOTRO Monitoreo sobre el río Guachal	47
Tabla 2-59. Índices históricos calculados para el río Guachal para cada uno de los puntos de la red de monitoreo de la CVC durante el periodo 2005 al 2022	48
Tabla 2-60. Niveles de clasificación de la calidad del agua según el índice BMWP/Col (Fuente Roldán, 2003)	48
Tabla 2-61. Valores y clasificación del agua del Sistema Guachal en términos hidrobiológicos	49
Tabla 3-1. Relación de los afluentes de la Cuenca Guachal, municipios de influencia y actividades agrícolas con su extensión	49
Tabla 3-2. Área de cultivo por municipio asociado al sistema de la cuenca Guachal	50
Tabla 3-3. Consumo hídrico por cultivo presente en el área de influencia de la subcuenca del río Guachal	51
Tabla 3-4. Consumo hídrico promedio en cada cultivo en el área de influencia del sistema de la Cuenca Guachal por Hectárea	51
Tabla 3-5. Demanda hídrica proyectada al 2044 para los municipios que hacen parte del sistema Guachal (datos en m ³ /s)	52
Tabla 3-6. Amenaza proyectada de la oferta hídrica en los puntos de control en el río Guachal para año normal y seco	53
Tabla 3-7. Riesgo por disponibilidad de oferta hídrica asociada al uso del agua en los sitios de control en el río Guachal para año normal y seco	54
Tabla 3-8. Riesgos asociados a la disponibilidad del recurso hídrico del Río Palmira	54
Tabla 3-9. Esquemización Río Guachal	55
Tabla 3-10. Definición de tramos de análisis del río Guachal	56
Tabla 3-11. Valor final obtenido para la función objetivo – río Guachal	58
Tabla 3-12. Planteamiento de escenario base río Guachal	63

Tabla 3-13. Identificación de usos potenciales y clasificación del cuerpo de agua	68
Tabla 3-14. Usos y objetivos de calidad para el río Guachal	69
Tabla 3-15. Cargas máximas permisibles y carga a remover por cada periodo	70
Tabla 4-1. Red de monitoreo sobre el río Guachal y sus principales tributarios	71
Tabla 4-2. Variables de calidad para el seguimiento de los objetivos de calidad	71
Tabla 4-3. Red de monitoreo sobre los vertimientos que descargan sobre el río Guachal	73
Tabla 4-4. Línea estratégica 1 – Gestión de la calidad del agua	76
Tabla 4-5. Línea estratégica 2 - Gestión de la oferta	77
Tabla 4-6. Línea estratégica 3 – Gestión de la demanda de agua	78
Tabla 4-7. Línea estratégica 4 – Gobernanza del agua	79
Tabla 4-8. Instrumentos de planificación y normativo del sistema Guachal	81
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 Guachal	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1. Tramos en ordenamiento de los ríos que hacen parte del Sistema Guachal, incluido el río Guachal	2
Figura 2-2. Actores sociales relevantes y representativos asociados al cauce principal del río Guachal	3
Figura 2-3. Estaciones hidrometeorológicas en el sistema Guachal	8
Figura 2-4. Espacialización de estaciones de monitoreo de calidad en el Sistema Guachal, incluido el Río Guachal	10
Figura 2-5. Caudal de la oferta media mensual año normal en estaciones de monitoreo de calidad en la cuenca de Río Guachal	11
Figura 2-6. Índice de Regulación Hídrica IRH Subcuencas del Sistema Guachal	15
Figura 2-7. Captaciones directas del RH y vertimientos sobre los ríos que conforman el sistema Guachal incluido el río Guachal	23
Figura 2-8. Red de monitoreo en agua superficial – Sistema Guachal	26
Figura 2-9. Red de monitoreo de vertimientos – sistema Guachal	27
Figura 2-10. Puntos de monitoreo de las comunidades de perifiton y macroinvertebrados en el sistema Guachal, incluyendo el Río Bolo	31
Figura 2-11. Puntos de monitoreo de las comunidades de peces en el sistema Guachal, incluyendo el Río Bolo	32
Figura 2-12. Densidad de las diferentes morfoespecies de perifiton registradas en la temporada seca (izquierda) y lluviosa (derecha) de los ríos Palmira - Guachal	33
Figura 2-13 Valores de riqueza de morfoespecies (izquierda) y de abundancia total (derecha) de la comunidad de perifiton para los muestreos de temporada seca y época lluviosa	33
Figura 2-14. Valores de riqueza y abundancia registrados en periodo seco	37
Figura 2-15. ICA IDEAM Río Guachal – Campaña 1	41
Figura 2-16. ICA IDEAM Río Guachal – Campaña 2	41
Figura 2-17. ICA CETESB Río Guachal – Campaña 1	43
Figura 2-18. ICA CETESB Río Guachal – Campaña 2	43
Figura 2-19. ICA DINIUS Río Guachal – Campaña 1	44
Figura 2-20. ICA DINIUS Río Guachal – Campaña 2	44
Figura 2-21. ICOMO Río Guachal – Campaña 1	46
Figura 2-22. ICOMO Río Guachal – Campaña 2	46
Figura 3-1. Esquema gráfico Río Guachal	57
Figura 3-2. Calibración y confirmación de caudal Río Guachal	59

Figura 3-3. Calibración y confirmación oxígeno disuelto Río Guachal	60
Figura 3-4. Calibración y confirmación DBO5 Río Guachal	60
Figura 3-5. Calibración y confirmación SST Río Guachal	61
Figura 3-6. Calibración y confirmación patógenos Río Guachal	61
Figura 3-7. Escenarios para caudal Río Guachal	65
Figura 3-8. Escenarios para oxígeno disuelto Río Guachal	66
Figura 3-9. Escenarios para DBO5 Río Guachal	66
Figura 3-10. Escenarios para SST Río Guachal	67
Figura 3-11. Escenarios para patógenos Río Guachal	67

INTRODUCCIÓN

La Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC, priorizó el ordenamiento del recurso hídrico en la subcuenca del río Guachal, localizada en la cuenca hidrográfica del río Cauca.

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”*

En este contexto, a continuación, se presenta el documento técnico del PORH del río Guachal que incluye los resultados obtenidos en el ejercicio de la formulación de este instrumento de planificación llevado a cabo por la Universidad del Valle, con el fin de establecer las medidas de planificación en distintos escenarios del recurso hídrico tendientes a garantizar el sostenimiento de los recursos ecosistémicos y los usos actuales y potenciales en la unidad hidrográfica en mención.

En cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 2.2.3.3.1.8 del Decreto 1076 de 2015, este documento está dividido en cuatro secciones descritas así:

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

1. FASE I DECLARATORIA

Mediante la Resolución 0100 No. 0660-0437 del 27 de julio de 2021 la CVC, declaró en ordenamiento los cuerpos de agua de los ríos Guachal, Bolo, Fraile, Palmira y Párraga, y se adoptó otras determinaciones.

2. FASE II DIAGNOSTICO

Con el fin de caracterizar la situación ambiental del río Guachal, 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 del cuerpo de agua, la determinación de los problemas sociales derivados del uso del recurso y otros aspectos que se muestran a continuación.

2.1 Área de Ordenamiento

El río Guachal se forma a partir de la confluencia de los ríos Fraile y Bolo. El tramo de este cuerpo de agua tiene una longitud de 10.94 Km. En su recorrido recibe los aportes del río Palmira y el canal Tumaco, hasta su entrega al río Cauca, en jurisdicción del municipio de Palmira. La zona de estudio para la formulación del presente PORH corresponde a la corriente principal del río Guachal, el cual hace parte de los cuatro ríos más representativos del sistema Guachal en el departamento del Valle del Cauca. En la tabla No. 2-1 se presenta la codificación del cuerpo en ordenamiento. En la Figura 2-1 se presenta la corriente principal del río Guachal en ordenación.

Tabla 2-1. Codificación del río Guachal

Área hidrográfica	Zona hidrográfica	Subzona hidrográfica	Cuenca	Nombre Subcuenca	Cuerpo de agua	Código
Magdalena - Cauca	Cauca	Guachal (Bolo-Fraile)	Fraile	Fraile	Río Fraile	2607127010000
			Bolo	Bolo	Río Bolo	2607127030000
			Guachal	Guachal	Río Guachal	2607127040000
			Guachal	Palmira	Río Palmira	2607127040100

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

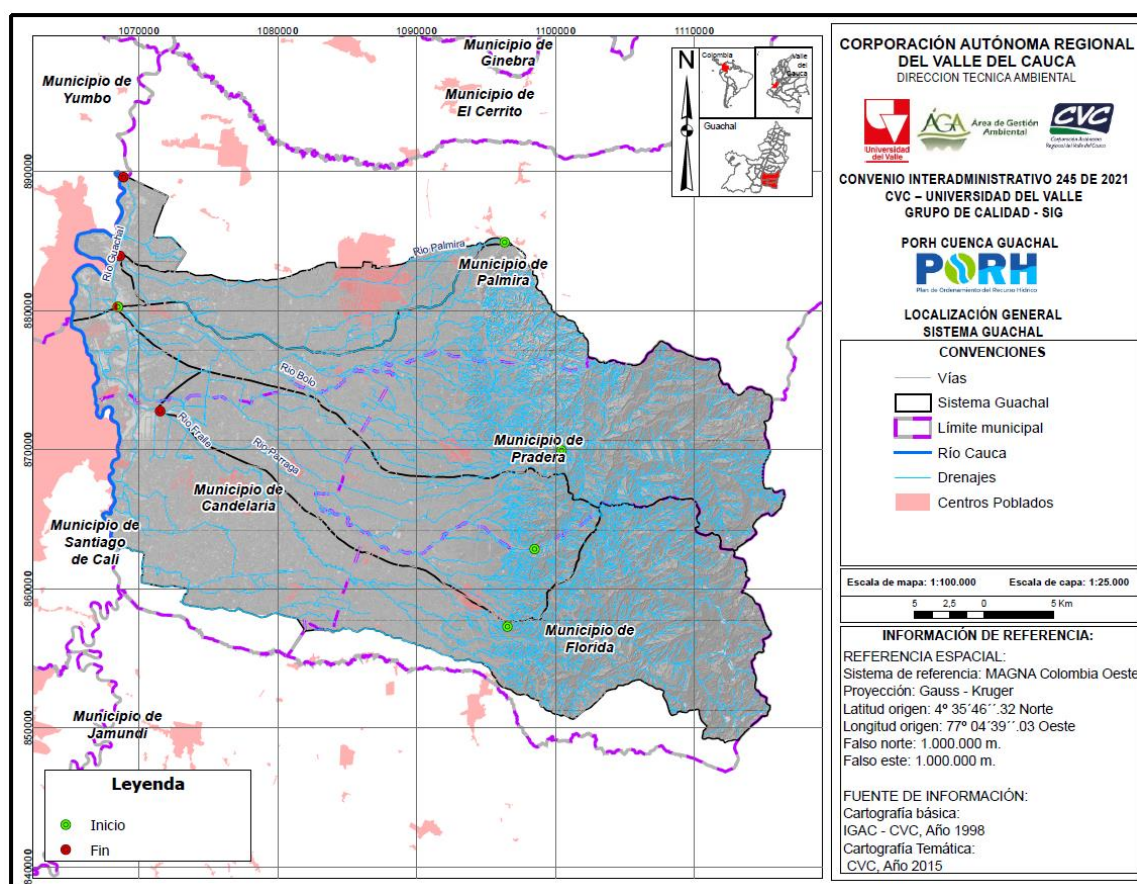


Figura 2-1. Tramos en ordenamiento de los ríos que hacen parte del Sistema Guachal, incluido el río Guachal

Es objeto de ordenamiento el cuerpo de agua del río Guachal desde el primer punto de monitoreo desde la confluencia de los ríos Fraile y Bolo hasta su desembocadura en el río Cauca con una longitud de 10,94 Km; 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 la confluencia de los ríos Fraile y Bolo, que corresponde al kilómetro 0 del río Guachal, hasta la desembocadura del río Guachal sobre el Río Cauca en el kilómetro 10.94	10,94	1068488,721	880268,594	1068910,541	889652,159

*Sistema de referencia: Magna Colombia Oeste

2.2 Participación en el PORH

La estrategia de participación se diseñó siguiendo los lineamientos establecidos en la guía técnica del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la guía metodológica para el diseño y la implementación de procesos de prevención y transformación de conflictos por el agua, al igual que la inclusión de los lineamientos en educación ambiental y otras recomendaciones del equipo técnico de la CVC, que permitió vincular de manera efectiva a los actores relevantes y representativos al proceso de formulación del PORH del sistema Guachal, por medio de estrategias de participación y legitimación. 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.

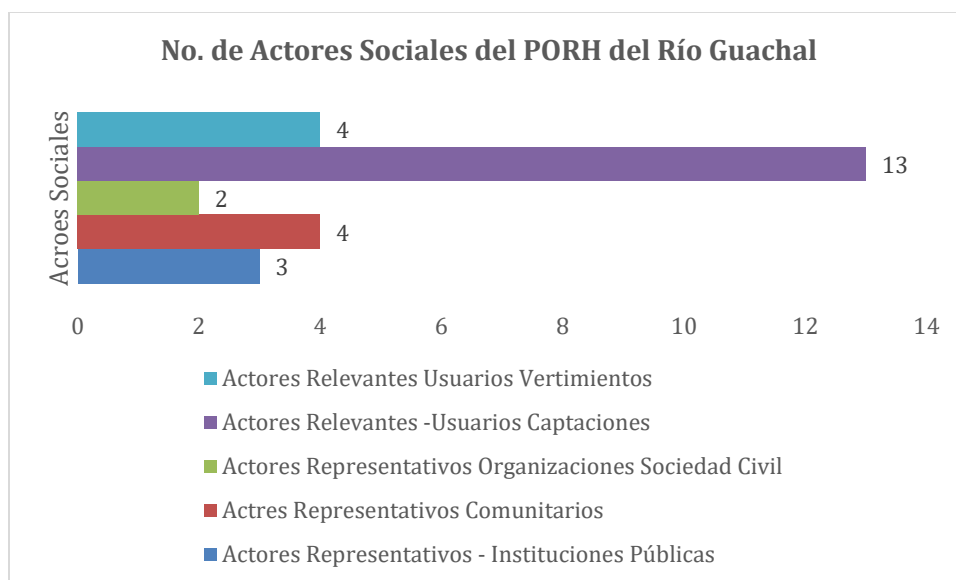


Figura 2-2. Actores sociales relevantes y representativos asociados al cauce principal del río Guachal

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

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 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. 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. Dimensión Socio-económica: Permitió 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 tendrán en cuenta para la toma de decisiones. Se realizaron dos (2) talleres diagnósticos 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, entre otros. • Actividades económicas: Agrícolas, industriales, pecuarias, recreativas, turísticas • Problemáticas del recurso hídrico: Olores ofensivos, vertimientos, residuos sólidos • Uso del agua

Fase	Logros
	En un taller final que congregó a todos los actores relacionados con los cauces en ordenamiento que conforman el sistema Guachal, incluido el río Guachal, se presentaron los resultados del diagnóstico abordando los siguientes temas: Contexto territorial del sistema y estrategia de participación, censo de Usuarios Campañas de monitoreo de parámetros físico químicos, microbiológicos e hidrobiológico, estado de la calidad del agua, usos del agua, oferta, demanda, presión y conflictos sobre el recurso hídrico y ejercicio de retroalimentación.
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 Guachal 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 • Apoyo infraestructura pequeños acueductos • Construcción de sistemas de captación no tecnificado • Adecuación de los sistemas de conducción • Estrategia de adaptación al cambio Climático • Seguimiento por parte de la Autoridad Ambiental • Articulación institucional • Seguimiento y control de las concesiones y vertimientos • Acuerdos colaborativos del agua • Uso eficiente y prácticas de producción más limpias Este ejercicio permitió retomar los diálogos establecidos en la fase de prospectiva en torno a los factores de cambio priorizados y en la cual se validó la siguiente visión: “En el año 2043 el ordenamiento del río Guachal, 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 de calidad del agua, el escenario base,

Fase	Logros
	el corto, mediano y largo plazo y se planteó un ejercicio de evaluación de usos potenciales de acuerdo con el decreto 1076 de 2015 relación a los resultados de los determinantes de la calidad y cantidad del agua.
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 Guachal

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, con influencia en varios de los cuerpos en ordenamiento que hacen parte de la cuenca Guachal, 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 Fraile -Párraga
Consejo Comunitario Bolo Hartonal	Pradera, Valle	Río Bolo

Con las tres comunidades étnicas se llevó a cabo el proceso de consulta previa hasta la fase de protocolización de acuerdos. Entre los acuerdos protocolizados se priorizaron estrategias e intervenciones que contribuyen a la regulación hídrica a través de herramientas de manejo del paisaje, educación ambiental, implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales, fomento a prácticas de producción más limpia, entre otros.

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 Guachal en la estación Palmaseca 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 ¹	Operador	*Coordenadas		Año Operación Inicial
				Este	Norte	
1	Rozo	CO	Cenicaña	1079296.31	891128,00	2006
2	Amame	CO	Cenicaña	1078178.62	887731.49	1993
3	Aeropuerto	CO	Cenicaña	1076658.57	882945.48	1993
4	Pradera	CO	Cenicaña	1093336.31	867829,00	1995
5	Candelaria	CO	Cenicaña	1082265.31	871617,00	1993
6	San José	CO	Cenicaña	1090260.31	881216,00	1996
7	Ing. Central Castilla	CO	Cenicaña	1086335.31	863346,00	1960
8	El Tiple	PM	Cenicaña	1072510.31	861262,00	1971
9	San Emigdio	CO	CVC	1097335.30	884212.05	1964
10	El Cominal	CO	CVC	1102900,00	884565,00	2016
11	La Sirena	CO	CVC	1111632.24	880364.48	1988
12	San Nicolás	PM	CVC	1101709.40	882198.30	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	1070380.30	878515.62	1973
19	Planta Nima I	PM	CVC	1095476.60	884101.42	1970
20	La Diana	EV	CVC	1099071.22	858270.34	1971
21	Los Alpes	PM	CVC	1107752.32	852675,00	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	884024,00	1971
25	La Zapata	PM	IDEAM	1095948.70	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	878501,00	1944

*Sistema de referencia: Magna Colombia Oeste

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

¹ 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

Fuente Hídrica	Estación de medición	Tipo de estación	Operador	Elevación m	*Coordenadas		Periodo recolección de Datos
					Este	Norte	
Fraile	La Industria	LG	CVC	1056	1090300,16	860555,69	2013-2021
	SM Fraile D1	LG	CVC	1187	1098624,00	856334,00	2004-2022
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 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.

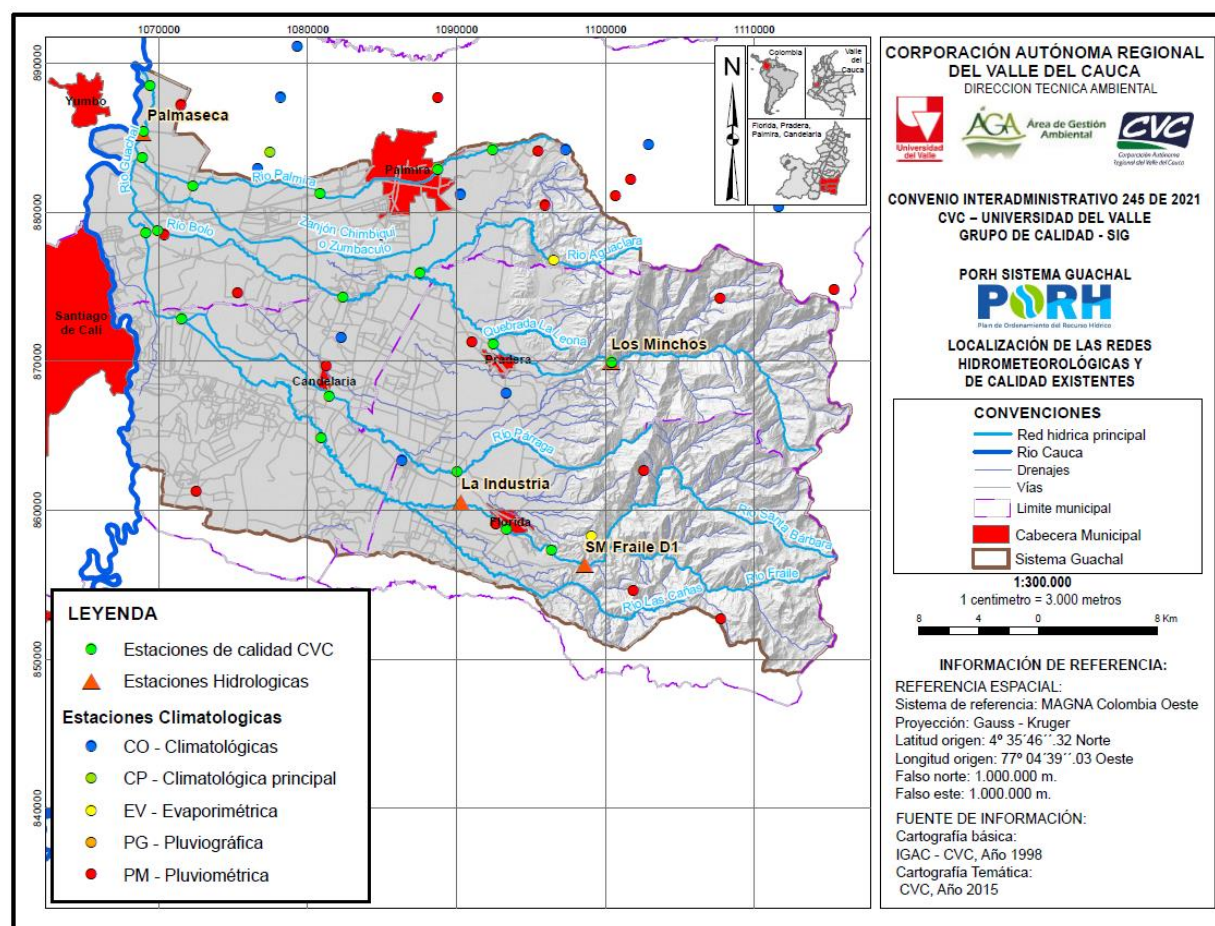


Figura 2-3. Estaciones hidrometeorológicas en el sistema Guachal

Se concluye que la subcuenca del río Guachal se encuentra suficientemente instrumentada, lo que permite realizar estudios detallados de monitoreo del recurso hídrico, determinación de oferta

hídrica, distribución del comportamiento de variables climáticas, modelaciones de flujo superficial, entre otros.

2.3.2 Red de monitoreo de calidad

La CVC, para el caso específico de la subcuenca del río Guachal, realiza monitoreo de calidad en 3 estaciones distribuidas desde su conformación hasta su desembocadura al río Cauca. La red de monitoreo es operada mediante programas de monitoreo sistemático. Las estaciones de la red no tienen asociada una infraestructura específica, puesto que se trata de puntos establecidos en los cuales se toman muestras con una periodicidad determinada. Los monitoreos llevados a cabo son ejecutados por el laboratorio Ambiental de la Dirección Técnica Ambiental de la CVC, con una frecuencia semestral y se cuenta con información histórica sistematizada desde el año 2005 hasta el 2022. Todos estos puntos de monitoreo se incluyeron en la campaña 1, época de bajas precipitaciones del año 2022 ejecutada por el laboratorio Anascol S.A.S. La campaña 2, se realizó en época húmeda del año 2023 por el laboratorio Saneamiento Ambiental SAAM S.A.S.

La periodicidad de la red de monitoreo de CVC para el río Guachal cuenta con un total de 29 campañas de las cuales 10 se realizaron en temporada seca y 19 en temporada húmeda (Tabla 2-7). En la Figura 2-4 se presenta la localización de las estaciones de calidad en el área de estudio.

Tabla 2-7. Información general sobre estaciones de monitoreo de la CVC sobre el río Guachal

ID	Nombre	Norte (m)	Este (m)	Distancia aguas abajo desde nacimiento (km)	Periodo de Monitoreo	Total, Campañas	campañas Ts*	No campañas Th*	Campaña 1	Campaña 2
GB1	Después confluencia ríos Fraile y Bolo	1068488.721	880268.594	20.3	2005 a 2022	29	10	19	Sí	Sí
GB2	Puente vía Yumbo-Aeropuerto	1068979.77	885406.03	30.2	2005 a 2022	29	10	19	Sí	Sí
GB3	Antes Desembocadura río Cauca	1068910,541	889652,159	49.2	2005 a 2022	29	10	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

2.1 Oferta hídrica de la subcuenca del río Guachal

La Oferta Hídrica Total Superficial (OHTS) corresponde al volumen de agua que escurre por la superficie del suelo, una vez se han cubierto las cuotas de evapotranspiración e infiltración del complejo suelo-cobertura vegetal, y se concentra en los cauces de los ríos o en los cuerpos de agua lénticos de una unidad hidrográfica (área, zona y subzona). Es calculada de forma anual y mensual para condiciones hidrológicas de años típicos medio (promedio multianual), seco y húmedo.

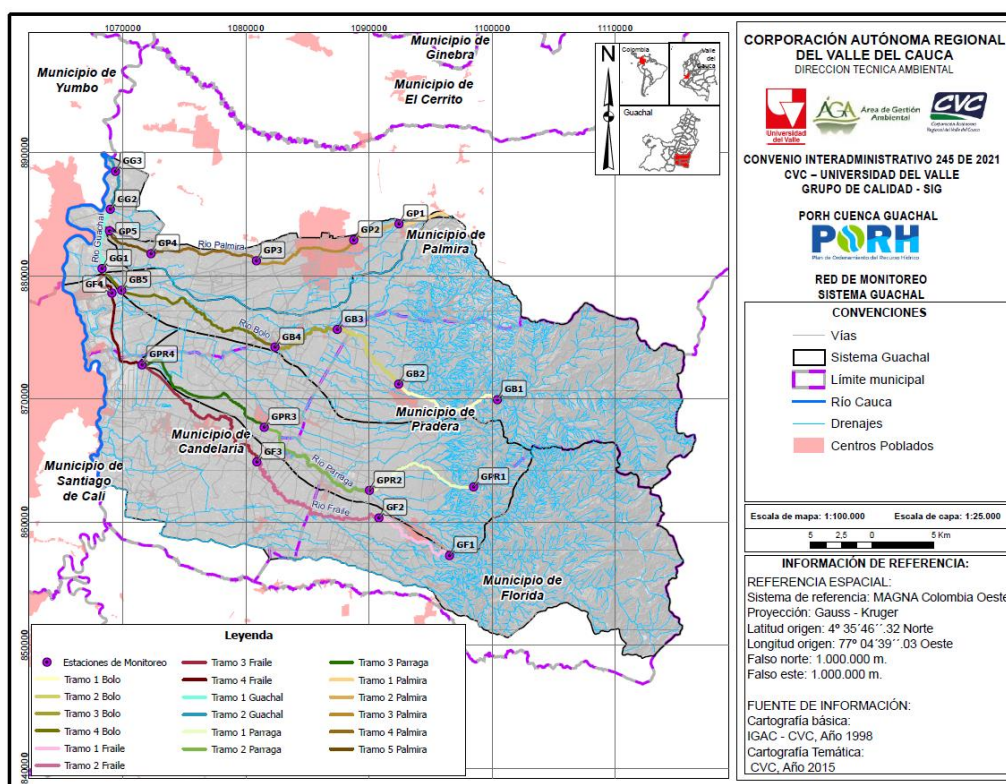


Figura 2-4. Espacialización de estaciones de monitoreo de calidad en el Sistema Guachal, incluido el Río Guachal

La determinación de la OHTS permite reconocer las características, condiciones y dinámica de los procesos hidrológicos del agua superficial e identificar las relaciones entre la oferta y la demanda de agua, las potencialidades y restricciones de los sistemas hídricos para el abastecimiento de la población y el aprovechamiento de diferentes actividades socioeconómicas, además de habilitar los procesos de transformación antrópicos con los efectos en las amenazas y vulnerabilidad hídrica de los ecosistemas por regulación hídrica (IDEAM, 2010).

Para establecer la OHTS se adoptó la ruta metodológica provista por el IDEAM², con base en la información de las estaciones hidrológicas presentes en la zona, para generar y validar las series de caudales para cada punto de interés se implementó el modelo hidrológico HEC – HMS, parámetros de forma (morfométrica de la subcuenca) y de parámetros de abstracción. Las estaciones de caudal para el sistema Guachal que se usaron para calibrar el modelo de flujo continuo se listan en la Tabla 2-6.

La oferta hídrica total por tramos asociada a los puntos de control sobre el río Guachal se presenta en la Tabla 2-8.

² IDEAM. Oferta hídrica total superficial (OHTS)- Hoja metodológica V1,2

. [PROPUESTA DE CONTENDIO MINIMOS HOJAS TÉCNICAS VARIABLES Y FICHA METODOLÓGICAS INDICADORES](https://www.ideam.gov.co/PROPUESTA-DE-CONTENDIO-MINIMOS-HOJAS-TÉCNICAS-VARIABLES-Y-FICHA-METODOLÓGICAS-INDICADORES) ([ideam.gov.co](https://www.ideam.gov.co/))

Tabla 2-8. Oferta Hídrica superficial por tramos para la subcuenca del Río Guachal

Oferta Hídrica Total Superficial OHTS del Río Guachal (m³/s)														
Estación	Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Después confluencia ríos Fraile y Bolo	Medio	8.1	8.7	9.4	19.0	21.4	11.3	8.8	5.9	4.1	8.8	20.0	16.0	11.8
	Húmedo	18.4	31.0	27.0	41.9	42.1	21.2	17.5	8.3	5.2	17.5	48.0	29.1	25.6
	Seco	1.5	0.2	0.1	2.9	4.3	3.8	2.3	1.9	1.3	2.9	4.5	2.2	2.3
Puente vía Yumbo-Aeropuerto	Medio	11.1	10.2	12.3	17.1	17.2	12.1	7.7	4.5	4.7	10.2	16.9	16.2	11.7
	Húmedo	41.7	38.4	36.5	46.0	32.6	24.4	22.7	12.9	19.8	23.3	50.6	48.2	33.1
	Seco	0.6	0.4	0.5	3.7	1.2	0.7	1.2	0.9	0.4	0.7	3.5	2.7	1.4
Antes Desembocadura río Cauca	Medio	8.8	9.7	10.4	22.2	23.6	12.3	9.1	6.0	4.2	10.1	23.3	18.2	13.2
	Húmedo	11.6	20.2	19.6	33.9	40.3	13.1	9.8	6.0	4.4	15.8	31.3	25.4	19.3
	Seco	5.2	3.4	6.7	7.4	5.3	12.1	8.9	7.7	4.3	7.6	20.4	13.4	8.5

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

En la Figura 2-5, se puede observar de manera general que el comportamiento del régimen de caudal de oferta total año normal obedece a un régimen de tipo bimodal, con dos períodos de altos caudales y dos períodos de bajos caudales, comportamiento similar al régimen de precipitación media. Para la subcuenca del río Guachal los meses de bajos caudales corresponden a los meses de septiembre (4.2 m³/s) y Agosto (6.0 m³/s), y los meses de altos caudales corresponden a abril (23.6 m³/s) y noviembre (23.3 m³/s).

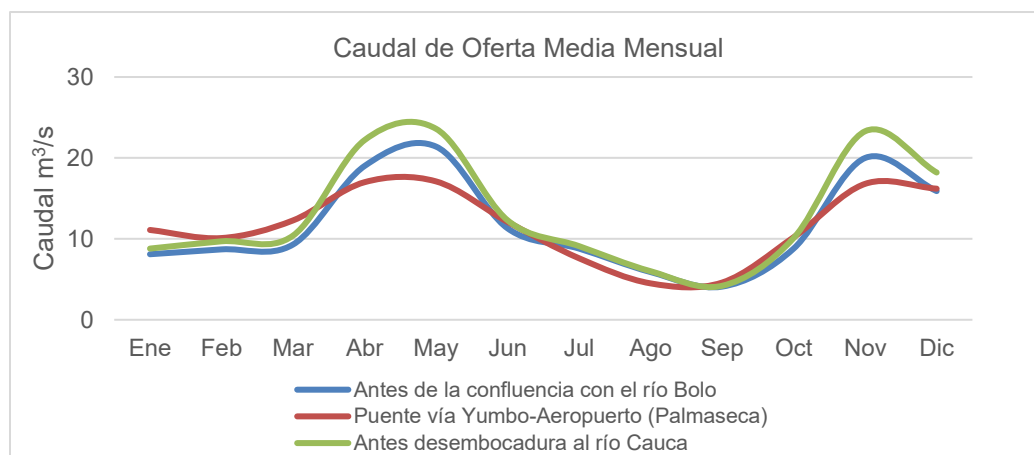


Figura 2-5. Caudal de la oferta media mensual año normal en estaciones de monitoreo de calidad en la cuenca de Río Guachal

2.2 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

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

Bajo las consideraciones de la metodología para el cálculo del Índice de Escasez (IDEAM 2013), la CVC para determinar el caudal ambiental 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, para el caso del río Guachal este factor es del 16%.

Tabla 2-9. Porcentaje asociado para el Caudal Ecológico en el río Guachal

Fuente Hídrica	Caudal Ecológico/ Reducción x estiaje
Guachal	16%

Los resultados al aplicar el caudal ecológico (16%) 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 del río Guachal (m³/s) (16%)														
Estación	Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Después confluencia ríos Fraile y Bolo	Medio	1.3	1.4	1.5	3.0	3.4	1.8	1.4	0.9	0.7	1.4	3.2	2.6	1.9
	Húmedo	2.9	5.0	4.3	6.7	6.7	3.4	2.8	1.3	0.8	2.8	7.7	4.6	4.1
	Seco	0.2	0.2	0.1	0.5	0.7	0.6	0.4	0.3	0.2	0.5	0.7	0.3	0.4
Puente vía Yumbo-Aeropuerto	Medio	1.8	1.6	2.0	2.7	2.7	1.9	1.2	0.7	0.8	1.6	2.7	2.6	1.9
	Húmedo	6.7	6.1	5.8	7.4	5.2	3.9	3.6	2.1	3.2	3.7	8.1	7.7	5.3
	Seco	0.3	0.2	0.1	0.6	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.6	0.4	0.2
Antes Desembocadura a río Cauca	Medio	1.4	1.6	1.7	3.6	3.8	2.0	1.5	1.0	0.7	1.6	3.7	2.9	2.1
	Húmedo	1.9	3.2	3.1	5.4	6.4	2.1	1.6	1.0	0.7	2.5	5.0	4.1	3.1
	Seco	0.8	0.5	1.1	1.2	0.8	1.9	1.4	1.2	0.7	1.2	3.3	2.1	1.4

2.3 Caudal de oferta hídrica disponible

El IDEAM (2019) define que la Oferta Hídrica Disponible (OHD) hace referencia al 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 se calculó a partir de la OHTS afectada por el porcentaje de reducción del estiaje (Tabla 2-11).

Tabla 2-11. Oferta Hídrica Disponible OHD por tramos para el Río Guachal

Oferta Hídrica Disponible OHTD Del Río Guachal (m³/s)														
Estación	Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Después confluencia ríos Fraile y Bolo	Medio	6.8	7.3	7.9	16.0	18.0	9.5	7.4	5.0	3.5	7.4	16.8	13.4	9.9
	Húmedo	15.5	26.1	22.7	35.2	35.3	17.8	14.7	7.0	4.4	14.7	40.3	24.4	21.5
	Seco	1.3	0.0	0.0	2.4	3.6	3.2	2.0	1.6	1.1	2.4	3.8	1.8	2.0
Puente vía Yumbo-	Medio	9.4	8.6	10.3	14.3	14.4	10.2	6.4	3.8	3.9	8.6	14.2	13.6	9.8
	Húmedo	35.0	32.2	30.7	38.6	27.4	20.5	19.0	10.9	16.6	19.6	42.5	40.5	27.8

Oferta Hídrica Disponible OHTD Del Río Guachal (m³/s)														
Estación	Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Aeropuerto	Seco	0.3	0.2	0.4	3.1	1.0	0.6	1.0	0.7	0.3	0.6	3.0	2.3	1.1
Antes Desembocadura río Cauca	Medio	7.4	8.1	8.7	18.6	19.8	10.3	7.6	5.0	3.5	8.5	19.6	15.3	11.1
	Húmedo	9.8	17.0	16.4	28.5	33.8	11.0	8.2	5.0	3.7	13.3	26.3	21.4	16.2
	Seco	4.4	2.9	5.6	6.2	4.4	10.1	7.5	6.5	3.6	6.4	17.2	11.3	7.2

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

2.1 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)".

2.1.1 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 Guachal, de acuerdo con las categorías 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

En síntesis, de acuerdo con los valores IUA reportados para la subcuenca río Guachal (Tabla 2-13) la presión de la demanda se puede considerar moderada respecto a la OHSD para el año normal. Para el año seco se superan las condiciones de la oferta en la estación GG2 en donde la relación oferta/demanda es crítica.

Tabla 2-13. IUA para el río Guachal por tramos

Índice de Uso del Agua – IUA ((Dh/Oh)*100) asociadas al río Guachal - Año Normal															
ID	Estación	Demanda	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
GG1	Después confluencia ríos Fraile y Bolo	Dh	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.02
		Oh	18.3	17.8	21.1	41.4	48.1	24.7	19.9	13.4	9.0	19.9	43.5	35.9	313.0
		IUA	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01
GG2		Dh	4.3	3.9	4.3	4.0	4.1	3.9	4.4	4.5	4.3	4.2	3.9	4.2	50.0
		Oh	25.1	20.7	27.6	37.1	38.6	26.4	17.2	10.2	10.2	23.0	36.7	36.5	309.4

Índice de Uso del Agua – IUA ((Dh/Oh)*100) asociadas al río Guachal - Año Normal															
ID	Estación	Demanda	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
	Puente vía Yumbo-Aeropuerto	IUA	17.2	18.8	15.6	10.8	10.6	14.8	25.5	44.1	42.1	18.3	10.6	11.5	16.2
GG3	Antes Desembocadura río Cauca	Dh	1.9	1.8	1.9	1.8	1.8	1.8	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.9	22.8
		Oh	19.8	19.7	23.4	48.3	53.1	26.8	20.5	13.5	9.1	22.7	50.7	40.9	348.6
		IUA	9.7	9.2	8.2	3.8	3.4	6.8	9.9	15.0	22.1	8.5	3.6	4.7	6.6

Índice de Uso del Agua – IUA ((Dh/Oh) *100) asociadas al río Guachal - Año Seco															
ID	Estación	Demanda	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
GG 1	Después confluencia ríos Fraile y Bolo	Dh	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.02
		Oh	3.4	0.0	0.0	6.3	9.7	8.4	5.2	4.3	2.8	6.4	9.8	4.9	61.8
		IUA	0.05	>100	>100	0.03	0.02	0.02	0.03	0.04	0.06	0.03	0.02	0.04	0.03
GG 2	Puente vía Yumbo-Aeropuerto	Dh	4.3	3.9	4.3	4.0	4.1	3.9	4.4	4.5	4.3	4.2	3.9	4.2	50.0
		Oh	1.4	0.7	1.1	7.9	2.6	1.5	2.7	2.0	0.9	1.7	7.7	6.1	36.2
		IUA	308.4	533.3	382.4	50.4	158.5	259.7	165.8	230.0	493.9	252.4	50.9	68.9	138.2
GG 3	Antes Desembocadura río Cauca	Dh	1.9	1.8	1.9	1.8	1.8	1.8	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.9	22.8
		Oh	11.7	7.0	15.0	16.1	11.9	26.3	20.1	17.4	9.3	17.0	44.5	30.2	226.4
		IUA	16.4	26.0	12.8	11.3	15.4	6.9	10.1	11.6	21.8	11.3	4.1	6.4	10.1

2.1.2 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 2-14 se describen las categorías del IRH según el IDEAM (2013).

Tabla 2-14. 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 2-15 y la Figura 2-6 muestra la clasificación del IRH para el río Guachal, donde en el IRH se clasifico como muy baja capacidad para retener y regular el recurso hídrico en estos puntos.

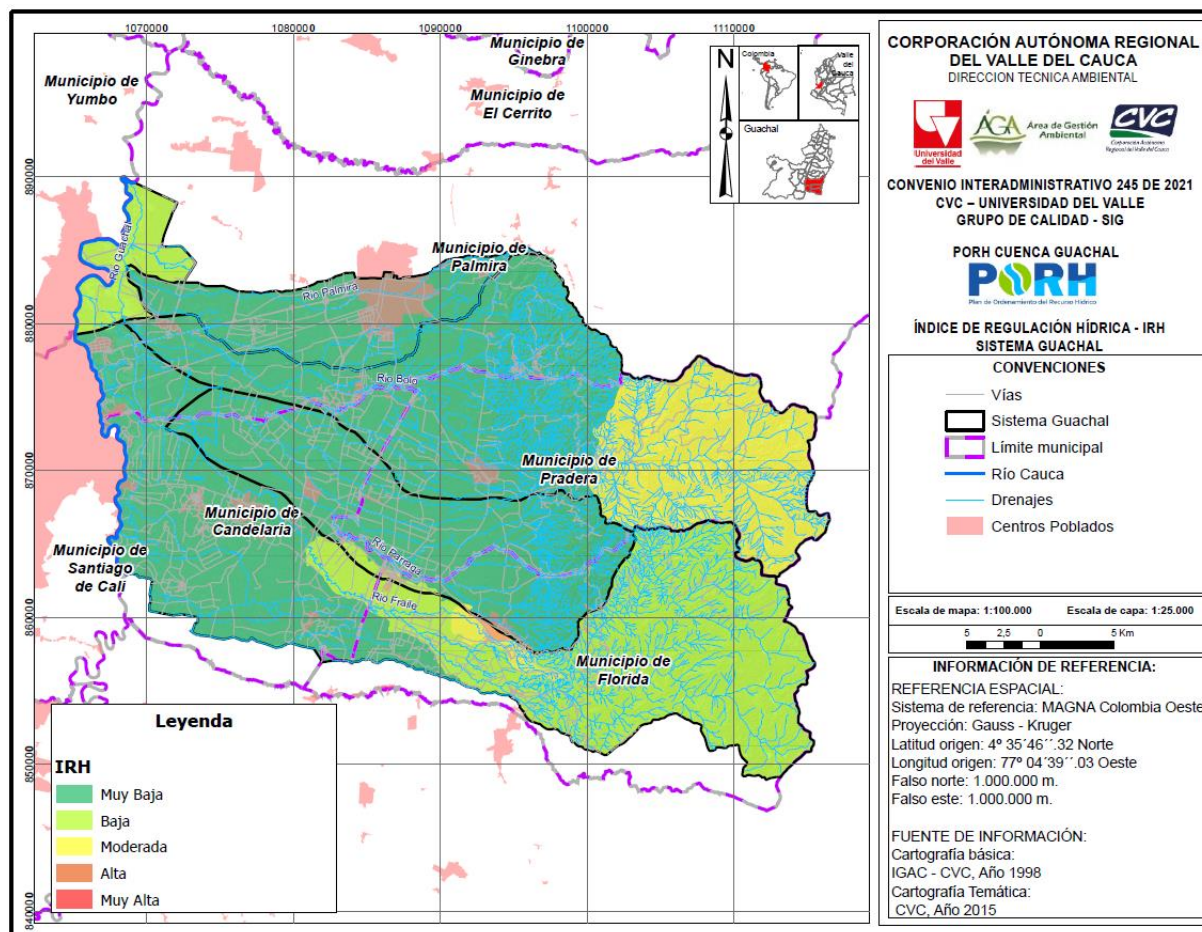


Figura 2-6. Índice de Regulación Hídrica IRH Subcuencas del Sistema Guachal

Tabla 2-15. Valores de IRH por tramos para el río Guachal

Índice de retención y regulación hídrica IRH asociadas al río Guachal														
	Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
GG1	Después confluencia ríos Fraile y Bolo	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
GG2	Puente vía Yumbo-Aeropuerto	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
GG3	Antes Desembocadura río Cauca	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

2.1.3 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 2-16, se estableció el estado de la presión sobre el recurso hídrico sobre el río Guachal.

Tabla 2-16. 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 excedentes 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 2-17, muestran que, en el tramo evaluado se presentan altos a moderados excedentes de agua.

Tabla 2-17. Índice de Aridez mensual por sectores en el río Guachal

Tramo	Anual	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Después confluencia ríos Fraile y Bolo	0.14	0.16	0.13	0.10	0.05	0.01	0.07	0.15	0.20	0.20	0.18	0.19	0.21
Puente vía Yumbo-Aeropuerto	0.17	0.21	0.17	0.14	0.09	0.05	0.11	0.18	0.20	0.21	0.19	0.21	0.22
Antes Desembocadura río Cauca	0.16	0.20	0.18	0.13	0.12	0.02	0.00	0.12	0.18	0.21	0.21	0.21	0.24

2.1.4 Índice de Vulnerabilidad Hídrica (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 2-18.

Tabla 2-18. 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

En la Tabla 2-19 se presenta el IVH para la subcuenca del río Guachal, siendo evidente que en términos de oferta y demanda hídrica en dos puntos de control se presentan condiciones de vulnerabilidad alta a muy 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 2-19 Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico por tramos en el río Guachal, definido como Media (M), Alta (A) y Muy Alta (MA)

Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico IVH por tramos asociados al río Guachal año normal														
	Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
GB1	Después confluencia ríos Fraile y Bolo	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
GB2	Puente vía Yumbo-Aeropuerto	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
GB4	Antes Desembocadura río Cauca	M	M	M	M	M	M	M	A	A	M	M	M	M

Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico IVH por tramos asociados al río Guachal año seco														
	Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	Dic	Anual
GB1	Después confluencia ríos Fraile y Bolo	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
GB2	Puente vía Yumbo-Aeropuerto	MA	MA	MA	A	MA	MA	MA	MA	MA	MA	A	A	MA
GB4	Antes Desembocadura río Cauca	A	A	A	A	A	M	A	A	A	A	M	M	A

2.2 Demanda hídrica total (DHt)

La Demanda Hídrica de las actividades socioeconómicas (DH) corresponde a la cantidad de agua anual sustraída de los sistemas hídricos para suplir las necesidades de consumo humano y los requerimientos de las actividades económicas (producción sectorial). De acuerdo con el Decreto 1076 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 (Mm³/año)
UD	Consumo humano y uso doméstico (Mm³/año)

DH= UD+USS+UPFF+USA+USP+UR+USI+UE+UM+USAC+UNT+CR	
USS	Uso del sector servicios (Mm³/año)
UPFF	Preservación de los ecosistemas – fauna y flora (Mm³/año)
USA	Uso del sector agrícola (Mm³/año)
USP	Uso del sector agrícola (Mm³/año)
UR	Uso recreativo (Mm³/año)
USI	Uso del sector industrial (Mm³/año)
UE	Uso del sector energía (Mm³/año)
UM	Uso de la minería e hidrocarburos (Mm³/año)
USAC	Uso del sector pesca, maricultura y acuicultura (Mm³/año)
UNT	Uso para navegación y transporte (Mm³/año)
CR	Caudal de retorno (Mm³/año)

Dado que de esta corriente en el tramo de evaluación no se deriva agua para el consumo doméstico, para establecer la Demanda Hídrica Total para el río Guachal se consideraron únicamente los usos industrial, agrícola y pecuaria, cuyas expresiones matemáticas para su cálculo se detallan en la Tabla 2-20.

Tabla 2-20. 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 Industrial (DUI)	Cantidad de agua consumida por los diferentes sectores de la industria manufacturera y extractiva	$D_{ui} = \sum_{i=1}^n Vp_i * Fc_{ji}$	<i>D_{ui}</i> = Demanda de agua para uso industrial <i>Vp_i</i> = Volumen de producción según sector económico <i>Fc_{ji}</i> = Factor de consumo según sector económico
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	$DUA = \sum_i^n D_{ua}^i$ <i>DUA</i> = <i>P</i> - <i>ETP</i> * <i>KC</i> * <i>A</i> >0 No hay demanda <i>DUA</i> = <i>P</i> - <i>ETP</i> * <i>KC</i> * <i>A</i> <0 Si hay demanda	<i>D_{ua}</i> =Demanda del ienésimo cultivo <i>P</i> =Precipitación anual <i>ETP</i> =Evapotranspiración potencial <i>H_i</i> =No. hectáreas cultivadas <i>KC</i> =Factor de consumo ienésimo cultivo <i>N</i> = 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	$D_{UP} = \sum_{i=1}^n Vpa_i * Fca_i$	<i>Vpa_i</i> = Volumen de producción por tipo de animal industrial <i>Fca_i</i> = Factor de consumo según tipo de animal <i>N</i> = Representa el número de tipos considerados

2.2.1 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 MF de la ANDI

(2017), Boletín EAI DANE 202, RUA MF CVC 2020 en lo relacionado con volumen de agua consumido por municipio y volumen de agua consumido por actividad económica.

El tramo de análisis del río Guachal se encuentra localizado en el municipio de Palmira Sin embargo considerando que los cauces que hacen parte de la cuenca Guachal cubren jurisdicción de varios municipios, se estableció el porcentaje que corresponde al río Guachal (Tabla 2-21).

Tabla 2-21. Representación porcentual de cada municipio en el recorrido del cauce del río Guachal en evaluación

Río	Municipio	Área del Municipio (ha)	Área del Municipio en Sistema Guachal (ha)	% del Municipio en Sistema Guachal	Área del Municipio en cuenca Guachal (ha)	% del Municipio en cuenca Guachal	% del Municipio en río Guachal en evaluación
Guachal	Pradera	40228.3	32835.3	26%	0	0	0
	Florida	29355.7	26086.1	21%	0	0	0
	Candelaria	35453.9	35453.9	28%	0	0	0
	Palmira	100700.5	31530.8	25%	4883.9	15%	3.9%

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 2-22).

Tabla 2-22. Población 2023 municipios que conforman el sistema Guachal (DANE 2020)³

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

De los Censos ICA 2022 se presenta las poblaciones de porcinos, aves, bovinos, búfalos, caprinos, ovinos y equinos en la Tabla 2-23, y en la Tabla 2-24 se indican los requerimientos de agua para la población pecuaria.

Tabla 2-23. Poblaciones pecuarias por municipios (Censos ICA 2022)

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

³ 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 2-24. Dotaciones pecuarias

Bovino	Edad	Rango de consumo (L/día-animal)	Promedio (L/día-animal)
Terneros	0-1	4-18	11
Novilla	1-3	18-30	24
Vaca de leche	3-10	40	40

Fuente: Molina Benavidez, 2011

Porcino	Consumo diario de agua (L/día)
Verraco	10-15
Marrana en gestación	10-17
Marrana en lactancia	20-30
Lechones destetados	2-4
Lechones en crecimiento	6-8

Fuente: FAO 2000

Equino	Modulo consumo (L/día-100 animales)
20 a 60 L/día	
Pollos y gallinas	2,40
Patos	3,70
Pavos	6,50
Codornices	0,58

Fuente: (Vaccaro, Dillon, Fernández 2014)

IDEAM 2010

Ovinos	Modulo consumo (L/día-100 animales)
3 a 8 L/día	

Fuente (FAO 2000)

En la Tabla 2-25 se recogen los volúmenes (m^3) de aguas consumidos por los municipios del sistema Guachal de acuerdo con lo reportado por El Registro Único Ambiental-RUA, CVC 2020.

Tabla 2-25. RUA Sector Manufacturero – Volumen de agua consumido por municipio m^3 (CVC 2018)

Municipio	Acueducto municipal/ Veredal	Acueducto privado	Aguas subterráneas ⁴	Arroyo	Carro tanque	Qda	Río	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

Para establecer la Demanda Agrícola se calculó la Evapotranspiración de referencia (ET_0) por cada tramo del cauce del río Guachal, a partir de la ecuación Penman-Monteith y Thornwaite. Los resultados se registran en la Tabla 2-26.

Tabla 2-26. Evapotranspiración de referencia (ET_0 , mm) por tramos de los cauces

ET ₀ RÍO BOLO													
Tramos		Meses											
Desde	Hasta	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Después confluencia ríos Fraile y Bolo	Puente vía Yumbo-Aeropuerto	99	91	101	96	100	97	103	106	100	96	90	96
Puente vía Yumbo-Aeropuerto	Antes Desembocadura río Cauca	101	93	103	99	101	99	105	105	98	95	90	94
		Anual											
		1176											
		1183											

⁴ Pozo/Acuífero

2.2.2 Demanda de uso doméstico – DUD del río Guachal

El río Guachal no es fuente de abastecimiento, en el tramo evaluado no presenta derivación o captación para uso doméstico.

2.2.3 Demanda de uso agrícola - DUA del río Guachal

Con las áreas de uso agrícola definidas por tramos en cada uno de los cauces, los EVT0 y asumiendo Kc de la caña, se realizó el cálculo de la DUA en Mm³ (Tabla 2-27).

Tabla 2-27. Demanda Uso Agrícola – DUA- por tramos del río Guachal (Mm³/mes)

Desde	Hasta	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Después confluencia ríos Fraile y Bolo	Puente vía Yumbo-Aeropuerto	4.3	3.9	4.3	4.0	4.1	3.9	4.4	4.5	4.3	4.2	3.9	4.2	50.0
Puente vía Yumbo-Aeropuerto	Antes Desembocadura río Cauca	1.8	1.7	1.8	1.7	1.7	1.7	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.8	21.4

2.2.4 Demanda de Uso de Agua Pecuario DUP

Con los insumos definidos se realizó el cálculo de la DUP sobre el río Guachal empleando la fórmula descrita en la Tabla 2-20, para cada una de las especies tal como se observan en la Tabla 2-28.

Tabla 2-28. Demanda de uso pecuario -DUP- asociadas a la cuenca del río Guachal (Mm³/mes)

Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Después confluencia ríos Fraile y Bolo	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.02
Puente vía Yumbo-Aeropuerto	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.02
Antes Desembocadura río Cauca	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.02

2.2.5 Demanda de Uso de Agua Industrial DUI

En la Tabla 2-29 indica la DUI calculada desde el volumen de agua consumido por el sector industrial de acuerdo con el RUA 2020 (CVC).

Tabla 2-29. Demanda de uso industrial -DUI- asociadas al río Guachal (Mm³/mes)

Río	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Guachal	0.12	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	1.43

2.3 Determinación de la demanda hídrica total (DHT)

La demanda hídrica total hace referencia a la sumatoria de los sectores identificados en las zonas de estudio (Uso doméstico – Uso agrícola – Uso pecuario – Uso industrial). En las Tabla 2-30 y

Tabla 2-31, se muestran los resultados de la Demanda Hídrica Total para la subcuenca del río Guachal y para las estaciones de monitoreo.

Tabla 2-30. Demanda Hídrica Total para la subcuenca del Río Guachal

Demanda	Demanda Hídrica (Mm ³ /mes)											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
DUD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DUA	6.10	5.60	6.10	5.70	5.80	5.60	6.30	6.40	6.20	6.00	5.60	6.00
DUP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DUI	0.12	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Total	6.22	5.71	6.22	5.82	5.92	5.72	6.42	6.52	6.32	6.12	5.72	6.12

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

Tabla 2-31. Demanda Hídrica Media por tramos para la subcuenca del Río Guachal

Punto de control	Demanda Hídrica Media Mensual (Mm ³ /mes)											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Después confluencia ríos Fraile y Bolo	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Puente vía Yumbo-Aeropuerto	4.3	3.9	4.3	4.0	4.1	3.9	4.4	4.5	4.3	4.2	3.9	4.2
Antes Desembocadura río Cauca	1.9	1.8	1.9	1.8	1.8	1.8	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.9

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

2.3.1 Censo de usuarios

El censo de usuarios es parte esencial del PORH, 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. Esta actividad fue desarrollada en dos fases: levantamiento de inventario de obras hidráulicas (captaciones, vertimientos, obras para la defensa y conservación de predios, cauces y laderas del río, tramos canalizados y otras) y verificación y reconocimiento de usuarios.

El tramo de interés para el PORH del río Guachal va desde la estación “Después confluencia ríos Fraile y Bolo” hasta la estación “Antes Desembocadura río Cauca”. En dicho tramo, se identificaron 15 captaciones directas, la cuales entregan 1178 L/s, además de 15 vertimientos

Tabla 2-32. Captaciones directas sobre el río Guachal

Propietario/Usuario/Nombre	Predio	Caudal	Coordenada Norte	Coordenada Oeste
		L/s		
Sociedad Inversiones Duque A & Cía. S En C	Hacienda El Llanito	100	1068480.63	880287.57
Sociedad M.E Campo SAS	Lote Piles. Campo 2	75,0	1068496.35	883572.26
M.E. Campo S.A.S. (María Elena Campo Córdoba)	El Catorce	37,5	1068262.42	883079.09
Harold Abadía Campo	El Once Lote No. 2	21	1068348.11	881381.97
Carlos Alberto López López	Miraflores No.1	14,9	1071479.38	887254.33

Propietario/Usuario/Nombre	Predio	Caudal	Coordenada Norte	Coordenada Oeste
		L/s		
Nancy y Otros López López	Miraflores No.2	14,9	1071562.24	887280.81
Nubia López López	Miraflores No.4	14,9	1069419.25	888535.70
María Cristina López de Ceballos	Miraflores No.5	14,9	1073269.40	887398.75
Inversiones Duque A y Cía. S. En C.	Hacienda La Escocia	100	1068387.03	883192.83
José Ignacio Sánchez Shima	La Esperanza Ignacio	22	1068438.39	881144.28
Bernal Vallejo y Cía. S.A.S	Hacienda La Selva	66,4	1071474.74	887280.75
Inversanhez S.A	El Antojo Sánchez	90	1069003.48	885395.11
Bernal Vallejo y Cía. S.A.S	Guaira-Varela	24,9	1071474.74	887280.75
Bernal Vallejo y Cía. S.A.S	Guaira-Lenis	41,5	1069626.23	889157.57
Luz Ángela Sánchez Shima	La Esperanza Shima	15	1068332.43	880807.22
Agroguachal S. A	Hacienda Cantarrana	525	1069374.98	886466.50

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

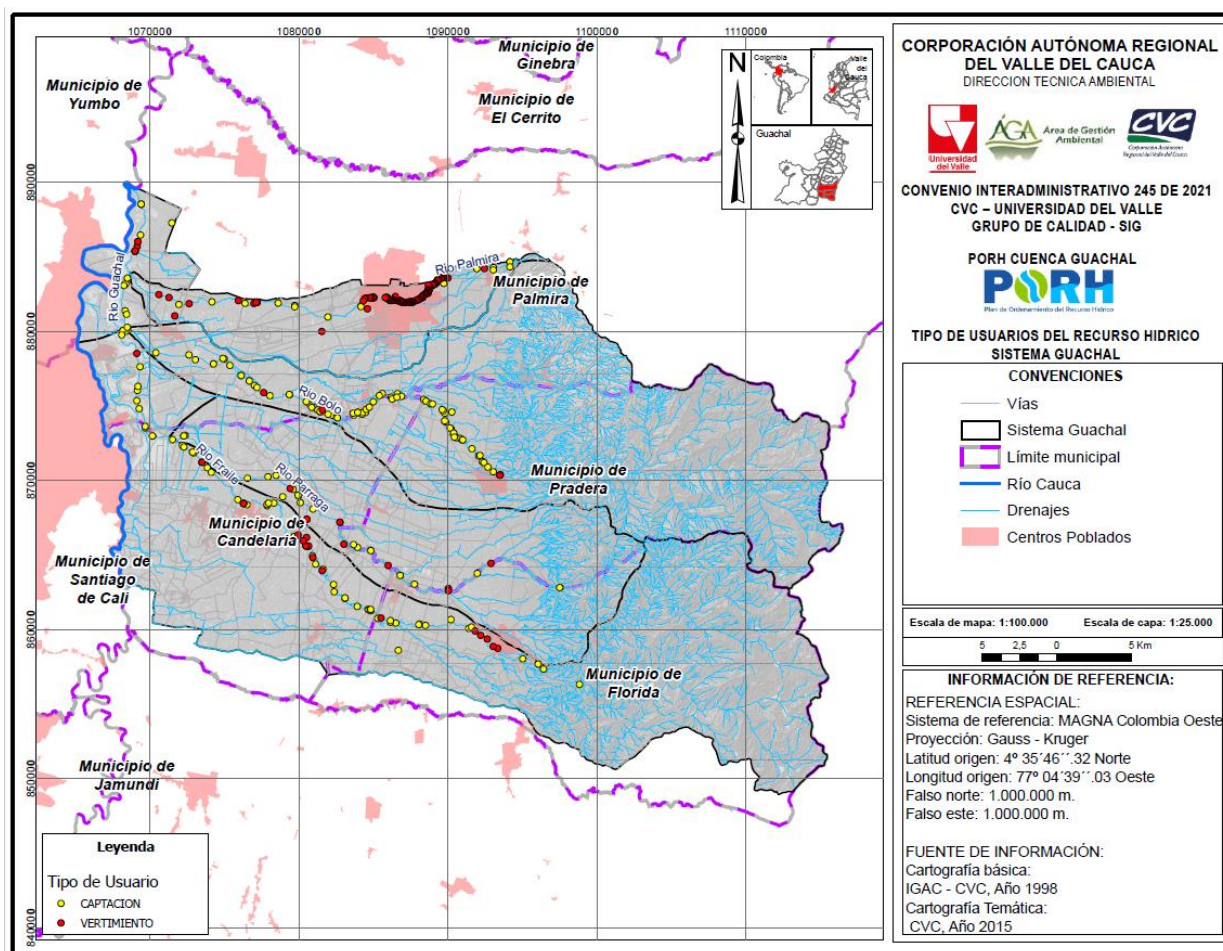


Figura 2-7. Captaciones directas del RH y vertimientos sobre los ríos que conforman el sistema Guachal incluido el río Guachal

Captaciones de personas naturales

Captaciones Formales: Sobre la subcuenca del río Guachal se ubican ocho (8) captaciones pertenecientes a personas naturales quienes han formalizado ante la Autoridad Ambiental competente, la concesión de aguas del orden de 184 L/s que representa el 16 % del caudal concesionado, destinados para uso doméstico y Porcícola.

Captaciones persona Jurídicas

Captaciones Formales: Sobre la subcuenca del río Guachal se ubican ocho (8) captaciones pertenecientes a personas jurídicas quienes han formalizado ante la Autoridad Ambiental competente, la concesión de aguas del orden de 993.9 L/s que representan más del 84% del caudal concesionado, destinados para uso energético, cultivos de caña, pastos y consumo humano.

Vertimientos persona natural

Sobre el tramo de estudio no se identificaron vertimientos por parte de personas naturales.

Vertimientos persona jurídica

El río Guachal en el tramo de estudio recibe 15 vertimientos (Tabla 2-33).

Tabla 2-33. Listado de los vertimientos identificados en la subcuenca del río Guachal

Vertimiento	Coordenada Norte	Coordenada Oeste
Aerocali S.A.	1076359.17	882926.56
Estación de servicio Tarragona	1083727.24	854855.25
Hangar Park SAS	1076421.06	882711.58
Hacienda El Guachal	1069139.57	878498.07
Hacienda Las Vegas	1070256.92	869252.67
Liceo Psicopedagógico Superior	1088672.89	885117.47
Mgm Visión Internacional S.A.S.	1076883.49	883449.16
Pactia Inversión Zfr S.A.S	1074568.89	883017.41
Porcícola Curazao	1092686.56	883922.96
Quimpac De Colombia S.A.	1069011.51	885378.83
Termovalle SAS Esp	1069165.63	885686.11
Unidad Administrativa Especial De Aeronautica Civil	1097285.64	883988.65
Unilever Andina Colombia Ltda. - Planta	1072437.58	885258.32
Zona Franca Del Pacifico	1069196.27	886024.04
PTAR Matapalo	1073021.00	889467.14

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

2.3.2 Inventario de sistemas de tratamiento de agua para consumo humano

En el área de influencia del tramo de estudio del río Guachal no se identificó captación para acueductos

2.3.3 Inventario de sistemas de tratamiento de aguas residuales.

En el área de influencia del tramo de estudio del río Guachal se identifican la PTAR Matapalo

2.4 Análisis de conflictos actuales de uso del recurso hídrico

Para definir las problemáticas y conflictos derivados del uso del recurso hídrico en el Sistema Guachal, 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 del suelo actual.

Se identificaron 5 conflictos a través del Sistema de Peticiones, Quejas y Reclamos de la CVC (2017-2019) y con apoyo de las comunidades que participaron en la primera fase del PORH, en instrumentos de planificación se identifican 3 y en los ejercicios de cartografía social trabajada con los actores sociales en el corregimiento de Barrancas y en Palmaseca se identificaron 12 conflictos, como se muestra en la Tabla 2-34, y están asociadas con tres detonantes:

- 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 2-34. Fuentes de información para identificación de conflictos

Fuente de información	Conflicto	%conflictos
Sistema PQRS	5	24
Instrumentos de planificación	3	14
Ejercicios de socialización	12	57
Total conflictos	20	100

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

2.5 Calidad del agua

2.5.1 Diseño y ejecución del plan de monitoreo de cantidad y calidad el cuerpo de agua objeto de ordenamiento

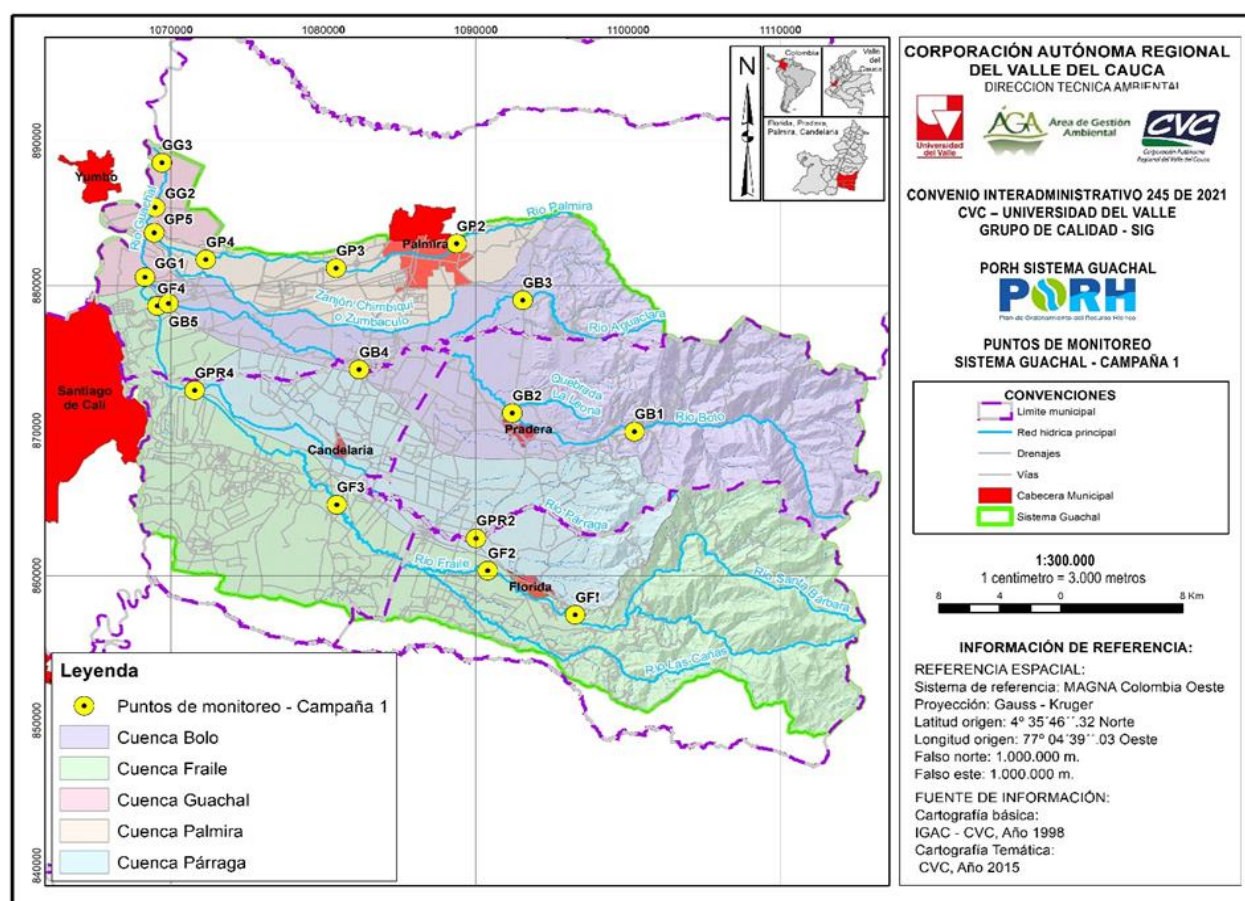
La CVC cuenta actualmente con una red de monitoreo de calidad de agua sobre el sistema Guachal, compuesto por los ríos Fraile, Párraga, Bolo, Palmira y Guachal. Con los monitoreos que son ejecutados por la corporación de manera anual o semestral es posible realizar un seguimiento a la calidad del agua e identificar el comportamiento de la corriente durante las temporadas de bajas precipitaciones y las temporadas húmedas.

El sistema Guachal cuenta en total con diecisiete (17) estaciones de monitoreo sobre los ríos Fraile, Párraga, Bolo, Palmira y Guachal; estos monitoreos se han realizado desde el año 2005 hasta el año 2022 y se han hecho tanto en temporada seca como en temporada húmeda.

Tabla 2-35. Estaciones de monitoreo en agua superficial – Subcuenca Guachal

ID	Nombre	Coordenada		Campaña de monitoreo	
		Norte	Oeste		
GG1	Después confluencia ríos Fraile y Bolo	1068311.36	880599.72	1	2
GG2	Puente vía Yumbo-Aeropuerto	1068979.77	885406.03	1	2
GG3	Antes Desembocadura a Río Cauca	1069415.27	888483.78	1	2

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



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

Igualmente, se monitoreó el vertimiento V-GG1 que corresponde al vertimiento del Canal Tumaco, el cual corresponde a un afluente que recibe agua residual y de tipo difuso por escorrentía

agrícola. En la Tabla 2-36 y en el mapa de la Figura 2-9 se muestran todos los puntos de monitoreo con la información general de cada uno

Tabla 2-36. Puntos de monitoreo en vertimientos – Subcuenca Guachal

ID	Nombre	Cuerpo receptor	Latitud	Longitud
VGG1	Vertimiento Canal Tumaco	Río Guachal	1069009.06	884426.56

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

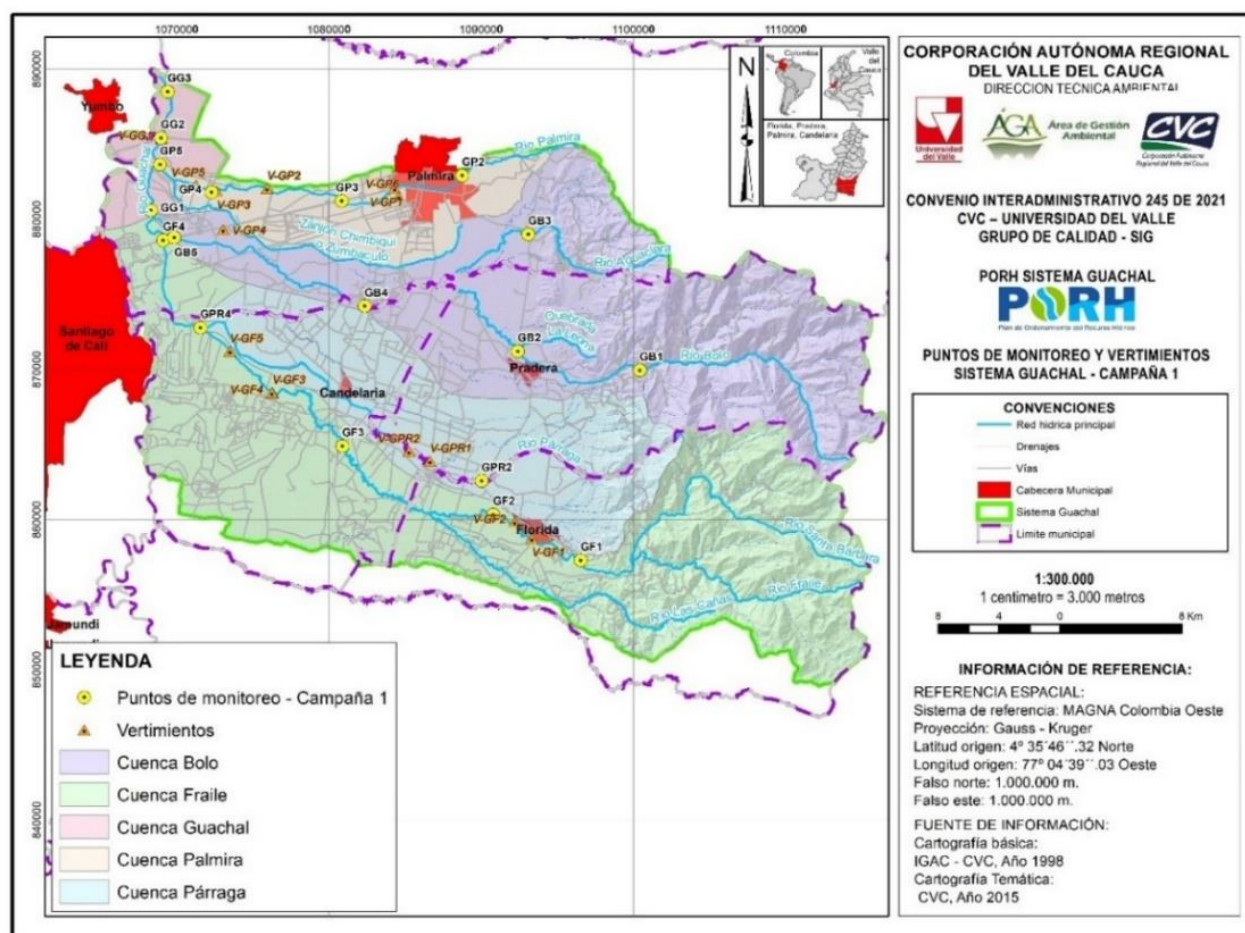


Figura 2-9. Red de monitoreo de vertimientos – sistema Guachal
Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023)

2.5.2 Caracterización hidráulica

Para la toma de muestras sobre la corriente hídrica objeto de ordenamiento, se realizaron pruebas de trazadores con el fin de obtener tiempos de viaje y otras variables hidráulicas requeridas para el proceso de ordenamiento, específicamente el seguimiento de la masa de agua a lo largo del río; los resultados obtenidos a partir de dichas pruebas se muestran en la Tabla 2-37.

Tabla 2-37. Resultados de pruebas de trazadores subcuenca río Guachal.

Tramo	Longitud del ensayo		Tiempo de primer arribo (s)		Tiempo al pico (s)		Tiempo medio de viaje (s)		Fracción dispersiva	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2
GG1 T1	50	250	40	180	140	386,24	137,63	386,24	0,71	0,53
GG1 T2	100	500	10	340	170	425,96	194,17	812,20	0,95	0,62
GG2 T1	62,18	150	10	80	110	392,33	153,63	392,33	0,93	0,80
GG2 T2	128,17	350	10	170	140	153,77	149,06	546,10	0,93	0,41
GG3 T1	50	160	60	110	80	141,22	89,35	392,33	0,33	0,80
GG3T2	100	250	5	150	105	61,16	113,84	546,10	0,96	0,41

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

2.5.3 Resultados monitoreo de calidad y cantidad

Los aforos y caracterización fisicoquímica para la campaña 1 del río Guachal se desarrollaron el 12 de septiembre de 2022 y para la segunda campaña se realizaron el 12 de abril de 2023. En la Tabla 2-38 y Tabla 2-39, se presentan los resultados del aforo para cada punto de monitoreo y posteriormente los resultados de la caracterización fisicoquímica.

Tabla 2-38. Resultados de aforos de caudal.

ID	Nombre	Caudal (L/s)		Ancho (m)		Profundidad (m)		Velocidad media (m/s)	
		C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2
P16 (GG1)	Después confluencia ríos Fraile y Bolo	2337.95	22946,9	12.4	21,50	0.64	1,62	0.31	0,56
P17 (GG2)	Puente vía Yumbo-Aeropuerto	2916.25	34285,76	11.0	21,50	0.33	2,70	0.34	0,53
P18 (GG3)	Antes Desembocadura a Río Cauca	3328.80	46713,68	12.0	22,80	1.32	3,01	0.20	0,68

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

Tabla 2-39. Resultados de parámetros Físico - químicos para fuentes superficiales.

Variables analizadas	Unidades	P16 (GG1)		P17 (GG2)		P18 (GG3)	
		Después de desembocadura río Fraile		Puente vía Departamental Guachal		Antes desembocadura río Cauca	
		C1	C2	C1	C2	C1	C2
IN SITU							
pH ¹	Unidades de pH	5.41	8,1	6.07	7,98	7.42	8,04
Conductividad ¹	µs/cm	218	375	361	418	311	421
Oxígeno Disuelto ¹	mg O ₂ /L	3.36	4,98	3.78	2,21	3.43	2,13
Temperatura ¹	°C	29.08	21,1	24.1	23,2	25.01	23,2
Sólidos Sedimentables ¹	mL/L	0.5	1,8	1.7	1,9	2	2
FISICOQUÍMICOS BÁSICOS							

Variables analizadas	Unidades	P16 (GG1)		P17 (GG2)		P18 (GG3)	
		Después de desembocadura río Fraile		Puente vía Departamental Guachal		Antes desembocadura río Cauca	
		C1	C2	C1	C2	C1	C2
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ /L	74.2	148	112	154	131	156
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	77.2	138	120	142	116	22
Demanda Bioquímica de Oxígeno – DBO ₅	mg O ₂ /L	16	6,47	13	6,05	17	5,76
DBO ₂₀ (20 días) *	mg O ₂ /L	27	-	19	-	23	-
DBO ₅ Soluble*	mg O ₂ /L	16	6,41	10	5,63	10	5,61
Demanda Química de Oxígeno – DQO	mg O ₂ /L	48.4	30,2	25.6	27,7	31.1	27,5
Carbono Orgánico Total ³	mg COT/L	7	2	12	3,2	11	2,5
Sólidos Disueltos Totales ³	mg/L	99	148	189	170	203	20
Sólidos Suspendidos Totales	mg SST/L	37	155	32	192	109	70
Sólidos suspendidos Volátiles ³	mg/L	14	38	<11.6	30	27	16
Turbiedad	NTU	5.45	59,4	2.07	53,5	43.9	52,6
Nitrógeno Amoniacal	mg N-NH ₃ /L	<2.00	0,658	<2.00	0,25	<2.00	0,25
Nitrógeno Kjeldahl Total	mg NK/L	<4.00	5	<4.00	5	<4.00	5
Nitratos	mgNO ₃ - N/ L	<0.500	0,841	<0.500	0,78	<0.500	0,201
Nitritos	mg NO ₂ - N/ L	1.33	0,061	1.59	0,095	1.1	0,098
Fosfatos ⁴	mg PO ₄ ³⁻ /L	0.371	0,202	0.493	0,202	1.11	0,202
Fósforo Total	mg P/L	0.415	1,9	0.514	1,78	1.24	0,75
Aceites y Grasas	mg/L	<1.00	0,5	<1.00	1,27	<1.00	0,5
Surfactantes Aniónicos	mg SAAM/L ²	0.768	0,19	<0.400	0,45	<0.400	0,48
Fenoles	mg Fenoles/L	<0.100	0,15	<0.100	0,15	<0.100	0,15
METALES Y METALOIDES							
Cadmio Total	mgCd/L	<0.0100	-	<0.0100	-	<0.0100	-
Zinc Total	mg Zn/L	<0.0500	-	<0.0500	-	<0.0500	-
Cobre Total	mg Cu/L	0.0238	-	0.0213	-	0.0221	-
Cromo Total	mg Cr/L	<0.0200	-	<0.0200	-	<0.0200	-
Hierro Total	mg Fe/L	6.1	0,142	2.01	1,09	2.04	0,069
Manganeso Total	mg Mn/L	0.513	0,006	0.325	0,128	0.31	0,003
Mercurio Total	mg Hg/L	<0.00100	-	<0.00100	-	<0.00100	-
Níquel Total	mg Ni/L	<0.0500	-	<0.0500	-	<0.0500	-
Plomo ³	mg Pb/L	<0.05	-	<0.05	-	<0.05	-
IONES							
Cloruros	mg Cl- / L	8.2	6,8	22.4	9,6	21.9	17,4
Magnesio Total	mg Mg/L	0.341	0,006	0.343	13,7	0.226	12,5
Sodio Total	mg Na/L	20.2	6,7	20.9	8,2	14.3	10,9
Sulfatos	mg SO ₄ ⁻² / L	<10.0	23	41.5	26	23.4	25
Calcio Total	mg Ca/L	7.53	25,8	15	29,8	11.7	26,7

Variables analizadas	Unidades	P16 (GG1)		P17 (GG2)		P18 (GG3)	
		Después de desembocadura río Fraile		Puente vía Departamental Guachal		Antes desembocadura río Cauca	
		C1	C2	C1	C2	C1	C2
MICROBIOLÓGICOS							
Coliformes Fecales	NMP/100mL	4190	<1	2720	<1	1910	<1
Coliformes Totales	NMP/100mL	6370	1200	4740	400	4190	11
OTROS							
Clorofila ³	mg/m ³	<0.1	3,59	<0.1	2,33	<0.1	3,12
Color real o verdadero	UPC	14	2,4	19	2,4	18	2,4
NOTA:							
N.A: NR No Aplica, No registra							
SM: “STANDARD METHODS for the examination of water and Wastewater” 23th Edition 2017							
1 variable medida en campo.							
2 calculado como LAS, peso molecular 288,4							
3 variable subcontratada							
4 los fosfatos son medidos como Ortofosfatos, que equivaldrían a una porción del total de fosfatos.							
*Variable no Acreditada							
Nota1: Los resultados indicados como < (menor que) refieren concentraciones inferiores a los límites de cuantificación del método analítico.							

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

2.5.4 Resultados monitoreo hidrobiológicos

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).

Dado el tramo tan corto de muestreo del río Guachal se decidió unir los datos con los muestreos del río Palmira, último tributario del río Guachal y así evaluar el estado ecológico de los dos ríos en donde se realizó el levantamiento de la línea base a través del muestreo de algas perifíticas (fitoperifiton), macroinvertebrados acuáticos, en los cuatro puntos de monitoreo de calidad fisicoquímica del río Palmira (GP2, GP3, GP4 y GP5) y los tres puntos de monitoreo de río Guachal (GG1, GG2 y GG3), cuya localización se puede observar en el mapa de la Figura 2-10 y en la Figura 2-11. Los puntos de monitoreo de la primera campaña se mantuvieron en la segunda campaña, aunque en la época de lluvia hubo limitaciones en el acceso al río Guachal impidiendo la recolección de muestras.

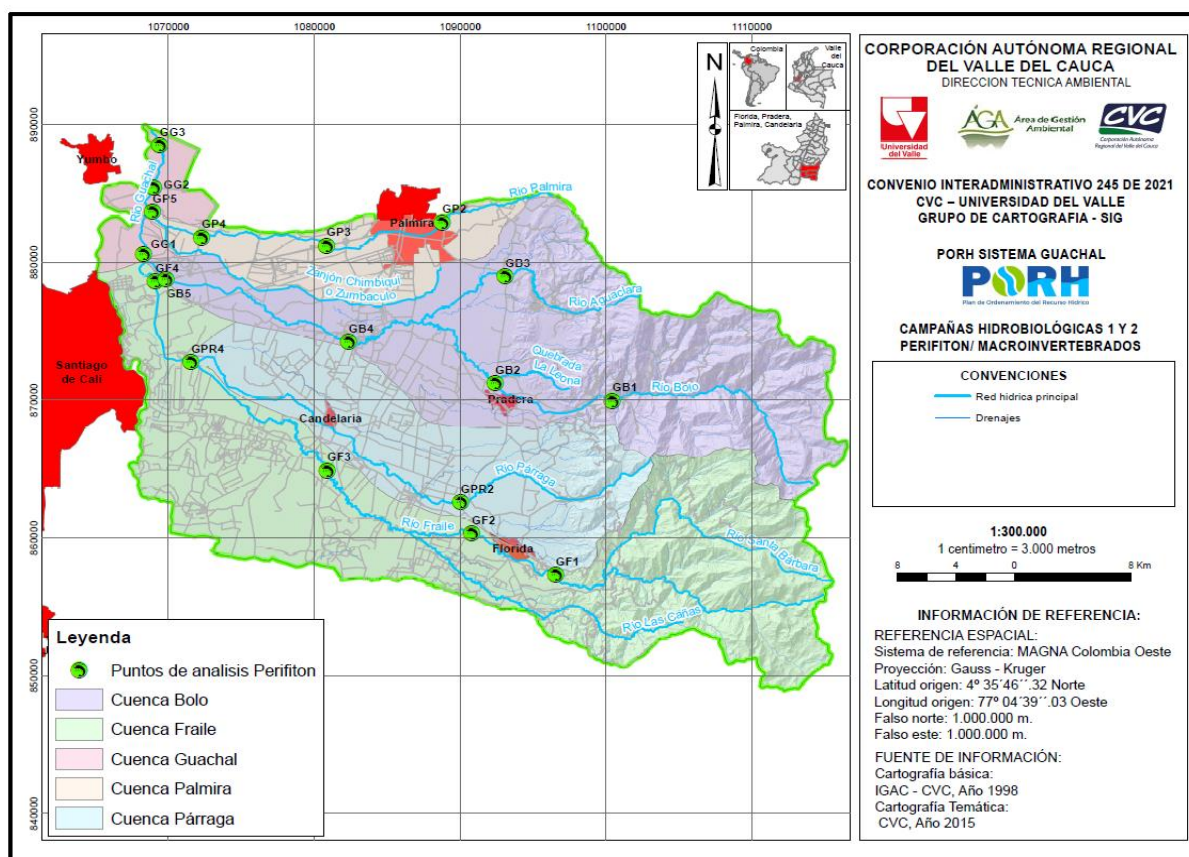


Figura 2-10. Puntos de monitoreo de las comunidades de perifiton y macroinvertebrados en el sistema Guachal, incluyendo el Río Bolo

2.11.4.1 Perifiton

Composición general y grupos microalgales de los ríos Palmira y Guachal

La composición taxonómica de los dos periodos de muestreo en el subsistema Palmira-Guachal fue de 24 morfoespecies pertenecientes a 20 géneros, 16 Familias, 13 Órdenes, 5 Clases y 3 Divisiones. La mitad de las morfoespecies de las dos campañas estuvieron presentes durante la temporada de aguas altas y 18 de las 24 estuvieron presente en el periodo de aguas bajas. El total de morfoespecies con carácter exclusivo de alguno de los periodos de muestreo fue de 6 para la primera campaña y de 12 para la segunda. La mayor representatividad taxonómica correspondió a las diatomeas, grupo que contuvo 17 morfoespecies de las 24 presentes. Los taxones diferentes a diatomeas fueron las Clorofitas *Pleurococcus* sp, y las algas filamentosas *Stigeoclonium* sp y *Ulothrix* sp. Por el lado de las cianofitas, se encontraron cf. *Cylindrospermopsis* sp, *Pseudanabaena* sp, *Oscillatoria* sp y *Chroococcus* sp.

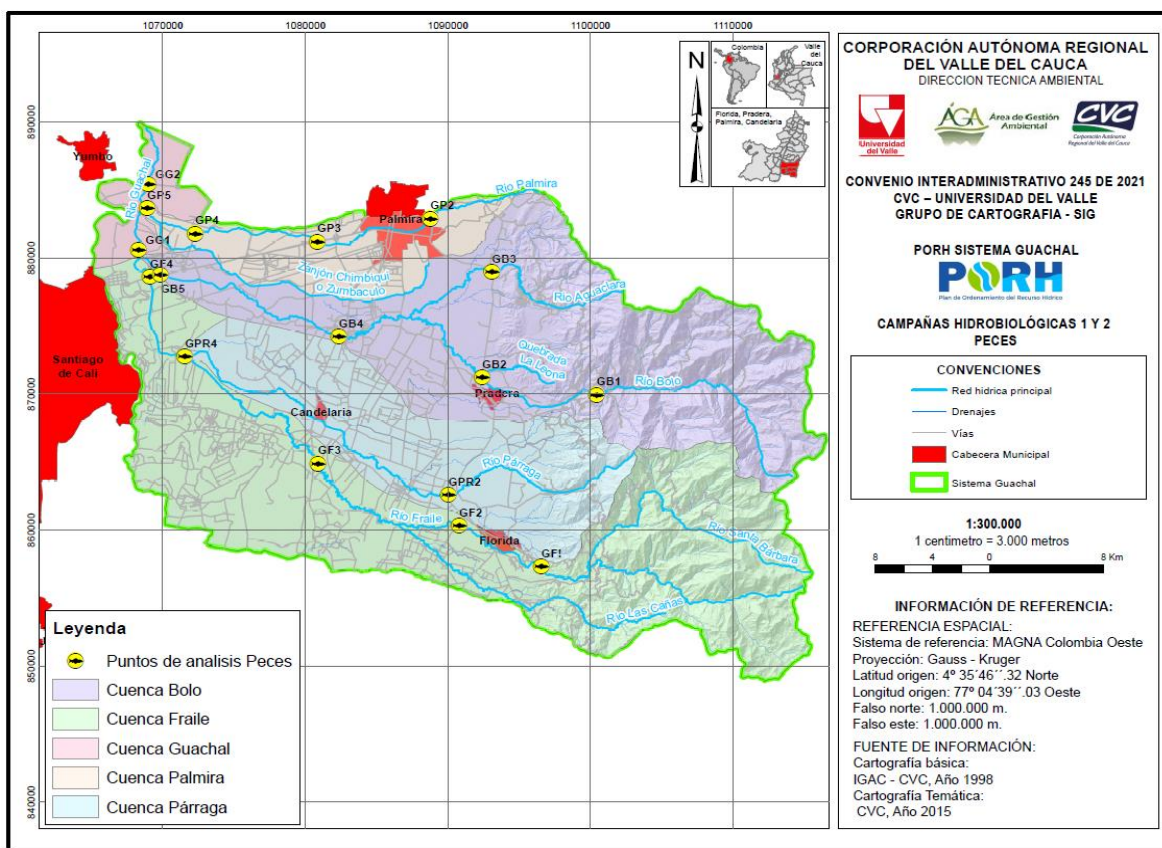


Figura 2-11. Puntos de monitoreo de las comunidades de peces en el sistema Guachal, incluyendo el Río Bolo

La abundancia de perifiton en el tramo Palmira-Guachal en su acumulado de los dos periodos de muestreo alcanzó un valor de 22013.82 individuos/cm² y resultados dentro del mismo orden de magnitud por muestreo. La temporada de lluvias alcanzó un valor de 10704.84 individuos/cm², el cual estuvo cercano a los 11308.98 individuos/cm² alcanzados en época seca. La diferencia porcentual entonces correspondió a 51.37% para la primera campaña Vs 48.63% para el segundo monitoreo. *Navicula* sp1 estuvo presente en la totalidad de los sitios de muestreo durante las dos campañas, alcanzando así una frecuencia de 100% (Figura 2-12).

Riqueza y densidad microalgal por estación en los ríos Palmira y Guachal

Los valores de riqueza estuvieron entre 3 y 9 morfoespecies con el máximo en la estación GP2 en el periodo seco. Los valores promedio de riqueza de los dos muestreos fue similar (5.14 ± 1.57 morfoespecies en la primera campaña y 5.86 ± 2.54 en la segunda). En el caso de la abundancia, el rango contempló valores entre 31.12 individuos/cm² y 5666.67 con el mínimo en la estación GG2 en el periodo de precipitaciones y el máximo en la estación GG3 en la época seca. El promedio de abundancia fue de 1615.57 ± 1892.02 individuos/cm² en el primer monitoreo y de 1529.26 ± 1720.21 en el segundo, con una amplia variación en los dos periodos como puede deducirse de las desviaciones estándar (Figura 2-13).

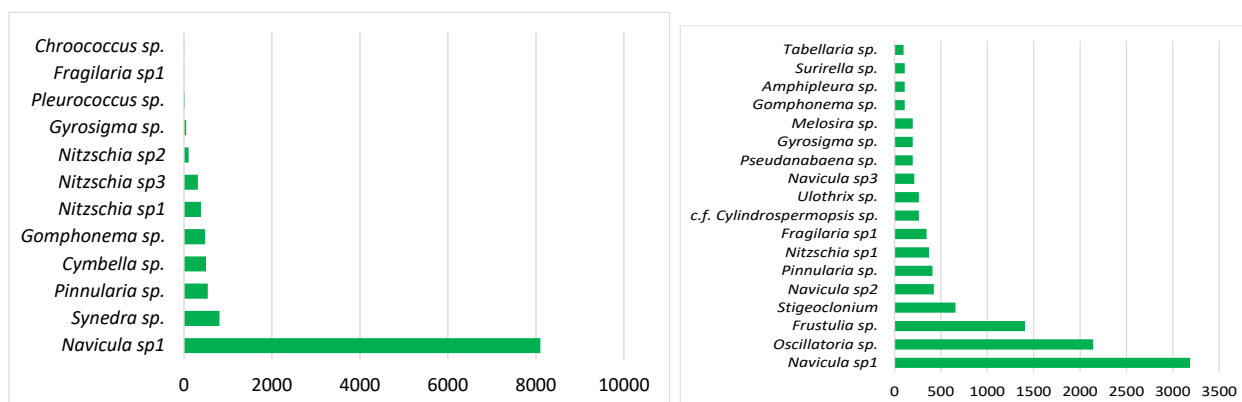


Figura 2-12. Densidad de las diferentes morfoespecies de perifiton registradas en la temporada seca (izquierda) y lluviosa (derecha) de los ríos Palmira - Guachal

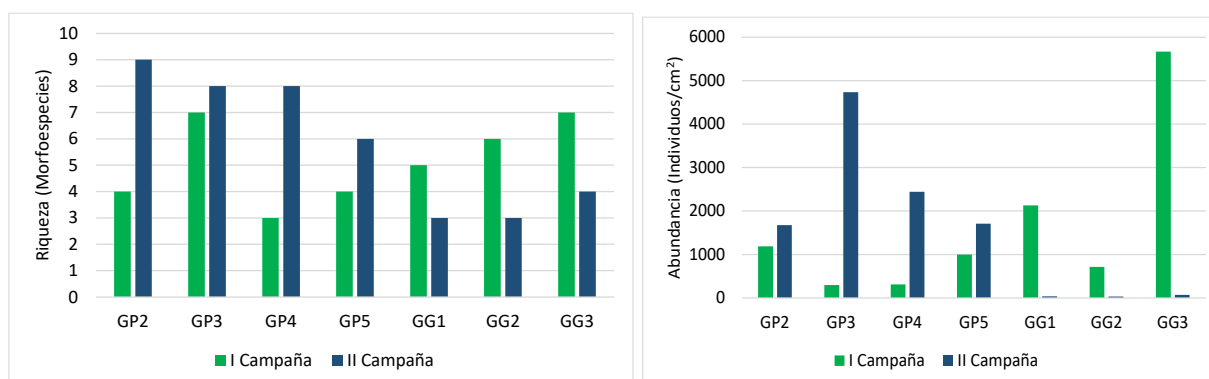


Figura 2-13 Valores de riqueza de morfoespecies (izquierda) y de abundancia total (derecha) de la comunidad de perifiton para los muestreos de temporada seca y época lluviosa

Índices de diversidad microalgal en los ríos Palmira – Guachal

Los resultados del índice de equidad de Pielou alcanzaron valores medios y bajos en el periodo de menores lluvias (Entre 0.20 y menos de 0.70 unidades) y relativamente altos (superiores a 0.75 unidades) en el periodo de mayor precipitación. En el primer caso el rango de resultados estuvo entre 0.20 y 0.66 unidades y en el segundo entre 0.79 y 0.96. Los sitios con mayor dominancia correspondieron a GP4 y Gp5 en el periodo seco, cuando se presentó un elevado valor de abundancia relativa de *Navicula* sp1, dado en realidad por una disminución considerable en la abundancia de los demás géneros y morfoespecies, que por un incremento con respecto a los demás sitios en la densidad de esta morfoespecie. Dicho desbalance se vio reflejado en los resultados del índice de diversidad de Shannon, el cual además fue superior en todos los sitios en la temporada lluviosa y alcanzó su máximo valor en la estación GP2 con 2.07 nits/individuo y su máxima diferencia entre periodos en las estaciones GP4 y GP5 como consecuencia de las dominancias mencionadas (Tabla 2-40). Los resultados de diversidad estuvieron alrededor de

1.00 nits/individuo en el primer muestreo y en la mayoría de los casos alrededor de 1.50 nits/individuo en el periodo lluvioso.

Tabla 2-40. Resultados de los índices ecológicos por punto de muestreo para la comunidad de perifiton durante la primera campaña de muestreo del río Palmira Guachal

Estación	Riqueza (S)		Abundancia (N)		Pielou J'		Shannon – Wiener H'	
	I	II	I	II	I	II	I	II
GP2	4	9	1186.67	1676.37	0.64	0.94	0.89	2.07
GP3	7	8	296.67	4733.32	0.38	0.81	0.75	1.68
GP4	3	8	314.10	2444.44	0.20	0.79	0.22	1.64
GP5	4	6	1000.00	1711.12	0.23	0.93	0.32	1.67
GG1	5	3	2128.21	37.77	0.45	0.95	0.73	1.04
GG2	6	3	716.67	31.12	0.46	0.95	0.82	1.04
GG3	7	4	5666.67	70.70	0.66	0.96	1.29	1.33

Fuente: Elaboración Propia

Se encontró una menor diferencia entre los dos periodos de estudio para la abundancia de perifiton, lo cual, sumado a una riqueza más bien estable entre las dos temporadas climáticas, hizo que los parámetros comunitarios alcanzasen una mayor estabilidad.

2.11.4.2 Macroinvertebrados

Composición de macroinvertebrados bentónicos del río Guachal

La Tabla 2-41 presenta la composición y estructura de macroinvertebrados bentónicos en el río Guachal para la temporada seca.

Tabla 2-41. Composición y estructura de macroinvertebrados bentónicos en el río Guachal en época seca

Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie	GG1	GG2	GG3
Annelida	Clitellata	Haplotaxida	Naididae	Naididae M1	6	11	28
		Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	Helobdella sp.	13	1	0
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Palaemonidae	Macrobrachium sp.	2	0	0
	Insecta	Hemiptera	Corixidae	Tenegobia sp.	1	0	1
		Diptera	Chironomidae	Subf. Chironominae	126	18	0
		Diptera	Chironomidae	Pupa Chironomidae	6	3	0
		Coleoptera	Hydraenidae	Gymnochthebius	0	1	0
			Dytiscidae	Laccophilus sp.	6	0	1
			Hydrophilidae	Hydrophilidae (Larva) M1	7	0	0
				Berosus sp.	10	3	2
			Elmidae	Heterelmis sp. (Larva)	3	1	1
			Staphylinidae	Staphylinidae M1	1	0	46
Arthropoda	Collembolla	Entomobryomorpha	Isotomidae	Isotomidae M1	0	0	143
Total, ind. /m2 441					181	38	222

La Tabla 2-42 presenta la composición y estructura de macroinvertebrados bentónicos en el río Guachal para la temporada lluviosa.

Tabla 2-42. Composición y estructura de macroinvertebrados bentónicos en el río Guachal en época de lluvia

Phylum	Clase	Orden	Familia	Taxón	GG1	GG2	GG3	
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes sp.	1	0	0	
				Baetidae morfo	0	35	0	
		Diptera	Chironomidae	Chiromidae M1	87	16	0	
				Simuliidae	Simulium sp.	3	4	0
		Trichoptera	Elmidae	Heterelmis sp. (Larva)	1	6	0	
				Hydropsychidae	Smicridea	2	0	0
				Leptoceridae	Atanatolica	0	0	1
Annelida	Clitellata	Haplotaxida	Naididae	Naididae M1	0	0	3	
		Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	Helobdella sp.	3	0	0	
Total. Individuos m² 162					97	61	4	

La familia Chironomidae fue la más abundante de la comunidad según los muestreos realizados y en las 2 épocas hidroclimatológicas. Esta familia muy utilizada en los estudios de biomonitoreo de la contaminación del agua (Paggi, 1999), debido a 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).

Índices de diversidad y calidad biológica de macroinvertebrados en las aguas del río Palmira y Guachal

Se encontró una baja diversidad de macroinvertebrados bentónicos en los tramos estudiados de los ríos Palmira y Guachal, principalmente en la estación GP3 sobre el río Palmira (Tabla 2-43). Se considera que la contaminación difusa de la columna de agua y la homogeneización del hábitat de ribera resultan en una baja diversidad de macroinvertebrados acuáticos y consecuente baja calidad biológica del agua.

Tabla 2-43. Índices de diversidad y calidad del agua en el río Guachal

Río	Época	Estaciones	Índices		
			Taxa_S	Simpson_1-D	Shannon_H
Guachal	Bajas precipitaciones	GG1	11	0,50	1,37
		GG2	7	0,66	1,47
		GG3	7	0,50	1,98
	Lluvias	GG1	6	0,20	0,51
		GG2	4	0,60	1,10
		GG3	2	0,50	0,69

2.11.4.3 Ictiofauna

Composición y Estructura de la Ictiofauna de los ríos Palmira y Guachal

Se obtuvo información proveniente de seis estaciones que se ubicaron en los cauces principales de los ríos Palmira (4) y Guachal (2) de las cuales durante las dos campañas no se colectaron peces en GP3, GP4 y GP5, mientras que en la segunda campaña no se lograron capturas de peces en la estación GG1 (Tabla 2-44).

Se registraron 11 especies en la época seca y 2 en la de lluvias, para un total de 11 especies pertenecientes a 4 órdenes y 6 familias, representando el 11.9% de los registros para el alto Cauca (Ortega-Lara et al., 2022).

Tabla 2-44. Registro de especies por estación y época climática para las cuencas de los ríos Palmira y Guachal, Valle del Cauca

Especie	Nombre común	Estación	
		Seca	Lluvias
<i>Creagrutus brevipinnis</i>	Sardina	GG1	
<i>Trichomycterus caliensis</i>	Guabino	GP2 – GG1	
<i>Hypostomus</i> sp.	Corroncho	GG1	
<i>Sturisomatichthys leightoni</i>	Palito	GG1	
<i>Rhamdia guatemalensis</i>	Barbudo	GP2	
<i>Andinoacara latifrons</i>	Mojarra luminosa	GG1	
<i>Oreochromis niloticus</i>	Mojarra nilótica	GP2	
<i>Poecilia caucana</i>	Pipón	GG1 – GG2	GP2 – GG2
<i>Poecilia reticulata</i>	Gupy	GP2 – GG1 – GG2	
<i>Xiphophorus hellerii</i>	Molly	GG1 – GG2	GG2
<i>Xiphophorus maculatus</i>	Espadita	GG1	
Total		11	2

Los órdenes con mayor riqueza fueron los Siluriformes y Ciprinodontiformes con cuatro especies cada uno, aportando el 72.7% de las especies registradas para el área de estudio, siendo el primero el orden más diverso en cuanto a peces de agua dulce en el neotrópico (Albert et al., 2020), mientras que el orden Cyprinodontiformes estuvo representado por especies foráneas de la cuenca alta del río Cauca (Tabla 2-45).

Tabla 2-45. Representación de órdenes, familias, géneros y especies registradas en la subcuenca del río Guachal

Ordenes	Familias	%	Géneros	%	Especies	%
Characiformes	1	16.6	1	11.2	1	9
Siluriformes	3	50	4	44.4	4	36.4
Cichliformes	1	16.6	2	22.2	2	18.2
Cyprinodontiformes	1	16.6	2	22.2	4	36.4
Total	6	100	9	100	11	100

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

En total se capturaron 591 individuos en las dos temporadas, en la época seca 471 donde la especie más abundante fue el gupy (*Poecilia reticulata*) con 300 individuos, siendo la estación GP2 donde se colectaron mayor número de individuos (304) (Figura 2-14).

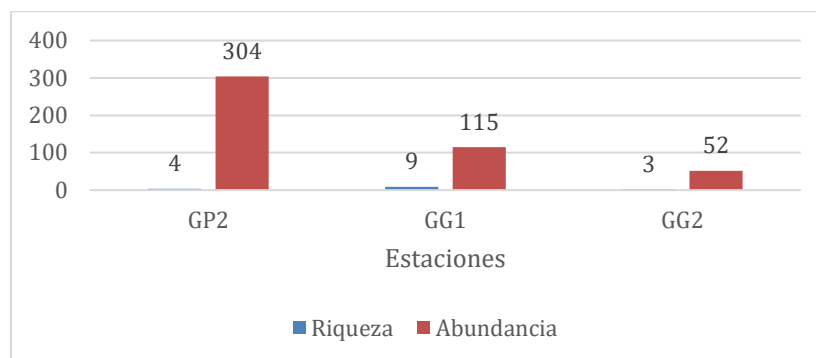


Figura 2-14. Valores de riqueza y abundancia registrados en periodo seco

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

En la época de lluvias, se capturaron 120 individuos, donde la mayor abundancia coincidió con la primera temporada, con 77 individuos, todos de la especie *Poecilia caucana*, destacándose ambas especies por ser foráneas de la cuenca alta del río Cauca. Según algunos autores, la abundancia de Cyprinodontiformes se asocia a lugares alterados, por lo que en algunos casos la presencia y abundancia de este grupo se han utilizado como indicadores de degradación (Araujo, 1998; Jaramillo-Villa & Caramaschi, 2008).

De las especies registradas el barbudo (*Rhamdia guatemalensis*) y la mojarra nilótica (*Oreochromis nilotica*) se consideran importantes en la pesca de subsistencia. En cuanto al estado de conservación, ninguna de las especies registradas se encuentra clasificada en alguna de las categorías de amenaza regional o nacional

Análisis de Índices de diversidad de la comunidad de peces de los ríos Palmira y Guachal

Con el fin de evaluar la estructura de la comunidad, con base en los anteriores valores de riqueza y abundancia reportados, se estimaron los índices de: diversidad de Shannon-Wiener (H'), Dominancia (D) y equidad de Pielou (J'). Estos se calcularon teniendo en cuenta la abundancia relativa, de este modo se estandarizaron los valores y se analizó la representatividad de las poblaciones a través de valores relativos.

De acuerdo a los resultados obtenidos por medio del índice de Shannon (H'), para ambas temporadas los valores estuvieron en todas las estaciones por debajo de 2, lo que representa una baja diversidad. Por otro lado, la baja diversidad, se puede relacionar a las condiciones que se encuentran a lo largo del río, especialmente en la zona plana, donde la homogenización de los hábitats, la pérdida de cobertura vegetal en las orillas y los vertimientos son evidentes (Tabla 2-46).

Tabla 2-46. Valores de índices de diversidad en ambos períodos climáticos para las cuencas de los ríos Palmira y Guachal, Valle del Cauca

Estación	Riqueza (S)		Abundancia (N)		Simpson 1D		Shannon – Wiener H'		Equitabilidad J'	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2
GP2	0	1	0	77	0	0	0	0	0	0
GP4	4	0	304	0	0,03	0	0,08	0	0,06	0
GG1	9		115	0	0,74	0	1,58	0	0,72	0
GG2	3	2	52	43	0,07	0,33	0,19	0,51	0,17	0,74

Por su parte, la relación entre la riqueza y la abundancia también permite reconocer la dominancia de especies en una comunidad dada, por medio del índice de Simpson. Según los resultados obtenidos, en ambas épocas la dominancia fue alta en la mayoría de las estaciones, a excepción de GG1 en la temporada seca, siendo la especie *Poecilia reticulata* con 380 individuos (80.6%), en la temporada seca la especie predominante, mientras que, en la época de lluvias, la especie que predominó fue *Poecilia caucana* con 111 individuos (92.5%), ambas especies indicadoras de ambientes intervenidos al tener densidades altas respecto a las otras especies.

En cuanto a la equidad, esta mide la homogeneidad en la distribución de las especies en una comunidad en relación a su abundancia. Al contrario del índice de dominancia, este se relaciona con la diversidad de especies. Mediante el índice de Pielou (J'), se encontró que en el período seco hubo una mayor equidad en la estación GG1 ubicada en el río Guachal, mientras que en el período de lluvias se presentó mayor equidad en el mismo río, pero en la estación GG2.

2.5.5 Resultados monitoreo de vertimientos

Para el caso del río Guachal fue seleccionado un vertimiento de interés para su monitoreo, como es el vertimiento Canal Tumaco V-GG1, el cual corresponde a un afluente que recibe agua residual proveniente de escorrentías agrícolas y vertimientos, el mismo fue monitoreado por el laboratorio Saneamiento Ambiental SAAM S.A.S. En la Tabla 2-47 se presentan los resultados obtenidos para este vertimiento y en la Tabla 2-48 se presenta la caracterización comparativa de la carga contaminante del vertimiento.

Tabla 2-47. Caracterización fisicoquímica y aforos de los vertimientos sobre el río Guachal

Variable analizada	Unidades	VGG1	
		Vertimiento Canal Tumaco	
		ARnD	
		C1	C2
pH máximo	Unidades de pH	7.35	7.5
pH mínimo	Unidades de pH	7.27	7.4
Temperatura muestra máxima	°C	27.1	26.8
Temperatura muestra mínima	°C	22.4	25.1
Temperatura ambiente	°C	26.8	29.1
Conductividad eléctrica	u/cm	700	644.0
Oxígeno disuelto	mg/L	2.04	1.84
Caudal máximo	L/seg	400.14	278.08
Caudal mínimo	L/seg	253.70	235.43

Variable analizada	Unidades	VGG1	
		Vertimiento Canal Tumaco	
		ARnD	
Caudal promedio	L/seg	300.28	264.17
Demanda Química de Oxígeno	mg/ L O ₂	175	44.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/ L O ₂	110	33.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno Soluble	mg/ L O ₂	76	20.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno Última	mg/ L O ₂	116	34.0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/ L	<20.0	<20.0
Sólidos Suspendidos Volátiles	mg/ L	<20.0	<20.0
Sólidos sedimentables	mL/L	<0.1	0.20
Sólidos Disueltos Totales	mg/ L	240	<20
Turbiedad	NTU	2.7	5.0
Nitratos	mg/L N-NO ₃	30.9	0.30
Nitritos	mg/L N-NO ₂	0.606	<0.010
Nitrógeno Amoniacal	mg/ L	2.37	2.2
Nitrógeno Total - calculo	mg/ L N	37.3	5.5
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/ L N	5.79	5.2
Fósforo Total	mg/ L P	<1.0	<1.0
Fosfatos	mg/L PO ₄	0.765	0.6
Grasas y Aceites	mg/ L	<0.50	<0.50
Sustancias Activas al Azul de Metileno	mg/ L	10.9	<0.10
Fenoles	mg/ L	<0.15	<0.15
Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃	216	192.0
Hierro	mg/L Fe	0.334	0.693
Manganeso	mg/L Mn	0.124	0.163
Cobre	mg/L Cu	0.014	0.038
Plomo Total	mg/L Pb	<0.010	0.019
Níquel	mg/L Ni	0.013	<0.005
Cromo total	mg/L Cr	<0.005	<0.005
Cadmio Total	mg/L Cd	0.004	<0.001
Cinc	mg/L Zn	0.034	0.0
Mercurio Total	mg/L Hg	<0.001	<0.001
Cloruros	mg/L Cl	21.3	21.5
Sulfatos	mg/L SO ₄	30	<1
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	4.00E+03	4.0E+03
Coliformes Totales	NMP/100 mL	1.80E+05	1.7E+05

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

Tabla 2-48. Carga contaminante del vertimiento monitoreado que descargada sobre el río Guachal campaña 1 y 2

Variable analizada	Unidades	VGG1	
		Vertimiento Canal Tumaco	
		C1	C2
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	110.0	33.0
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	175.0	44.0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	<20.0	<20.0
Caudal	L/s	300.28	264.17

Variable analizada	Unidades	VGG1	
		Vertimiento Canal Tumaco	
		C1	C2
Carga contaminante DBO5	kg/día	2853.86	753.20
Carga contaminante DQO	kg/día	4540.23	1004.27
Carga contaminante SST	kg/día	518.88	456.49

2.6 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 corriente.

2.6.1 Índice de calidad ICA IDEAM para el río Guachal

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, registradas en una estación de monitoreo j en el tiempo t (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 2-49), 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.

Tabla 2-49. 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

En la Tabla 2-50 y en las Figura 2-15 y Figura 2-16, se observa que la campaña 1 del río Guachal tuvo una calificación ICA- IDEAM MALA para todas las estaciones monitoreadas. En la campaña 2 todas las estaciones tuvieron una calificación MALA a excepción de la última estación con una calificación ICA-IDEAM REGULAR.

Tabla 2-50. Valores de ICA Monitoreo sobre el río Guachal

ID	Nombre	ICA - IDEAM Campaña 1		ICA - IDEAM Campaña 2	
		Valor	Clasificación	Valor	Clasificación
GG1	Después desembocadura R. Fraile	0.44	MALO	0,45	MALO
GG2	Puente vía departamental	0.43	MALO	0,47	MALO
GG3	Antes desembocadura a río Cauca	0.42	MALO	0,55	REGULAR

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

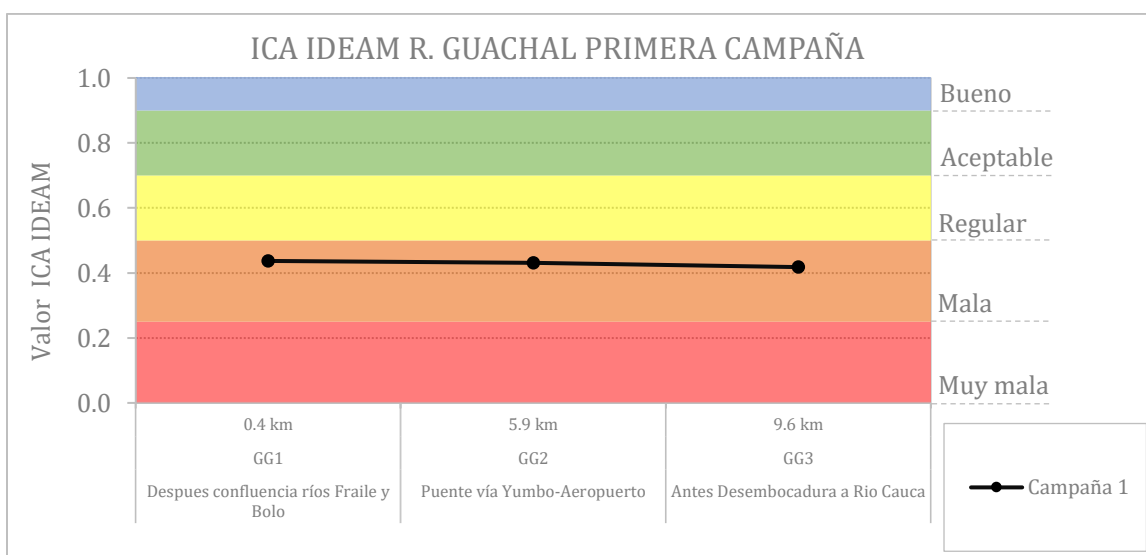


Figura 2-15. ICA IDEAM Río Guachal – Campaña 1

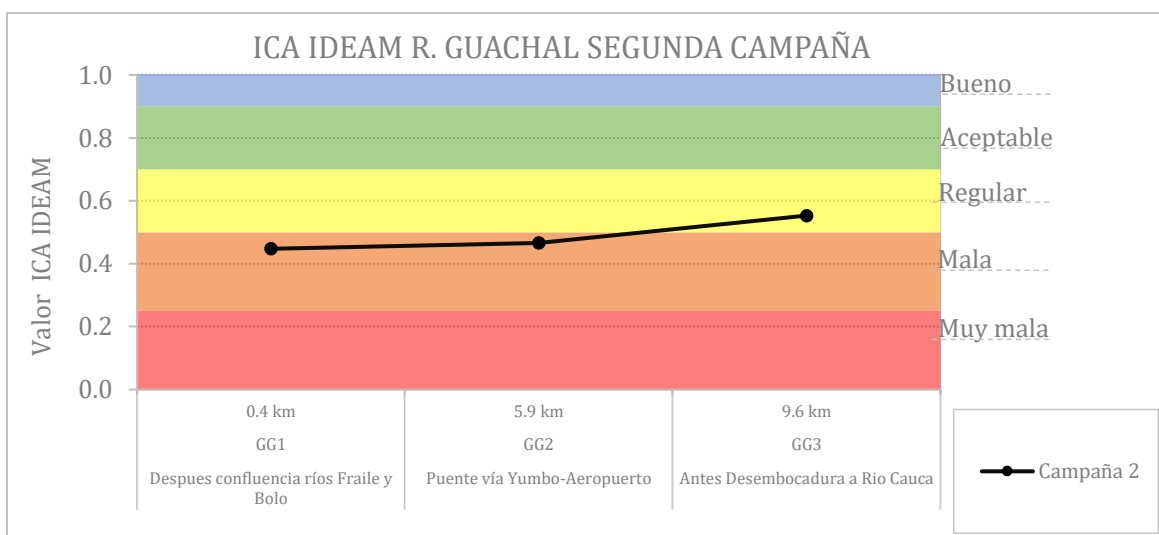


Figura 2-16. ICA IDEAM Río Guachal – Campaña 2

2.6.2 Índice de Calidad CETESB para el río Guachal

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. Permite reconocer problemas de contaminación en un cuerpo de agua y evaluar cómo ha evolucionado su calidad 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 2-51).

Tabla 2-51. 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)

La calificación del índice de calidad CETESB para la campaña 1 y 2 fue, REGULAR para las tres estaciones de monitoreo sobre el río Guachal con excepción del punto GG3 en la segunda campaña con una calificación de BUENA (Tabla 2-52, Figura 2-17, Figura 2-18).

Tabla 2-52. Valores de ICA CETESB Monitoreo sobre el río Guachal

ID	Nombre	ICA CETESB Campaña 1		ICA CETESB Campaña 2	
		Valor	Clasificación	Valor	Clasificación
GG1	Después desembocadura R. Fraile	39.68	REGULAR	46,64	REGULAR
GG2	Puente vía departamental	44.83	REGULAR	41,07	REGULAR
GG3	Antes desembocadura a río Cauca	40.17	REGULAR	51,70	BUENA

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

2.1.1 Índice de Calidad DINIUS para el río Guachal

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 2-53).

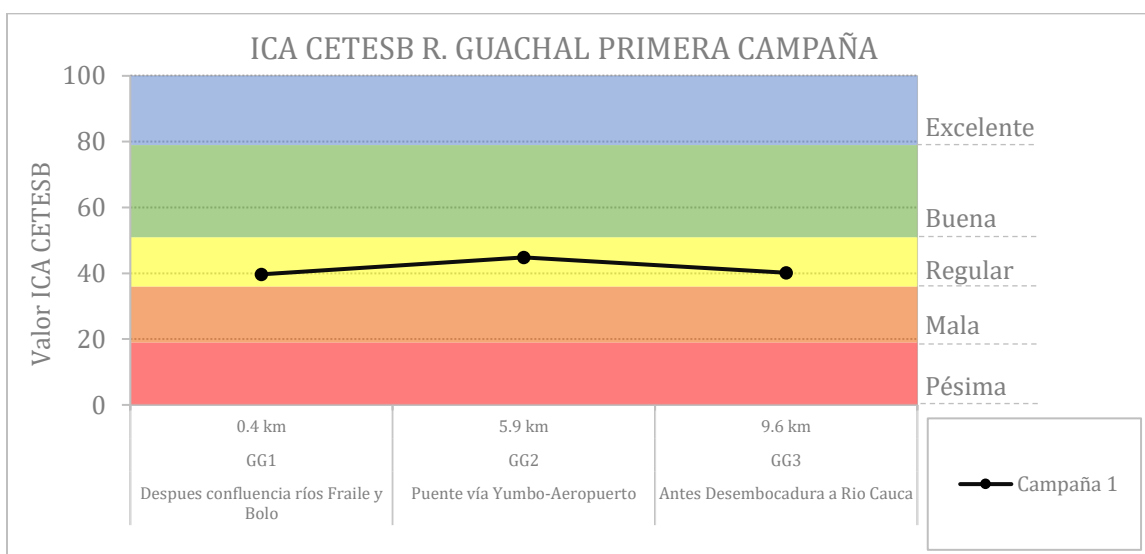


Figura 2-17. ICA CETESB Río Guachal – Campaña 1

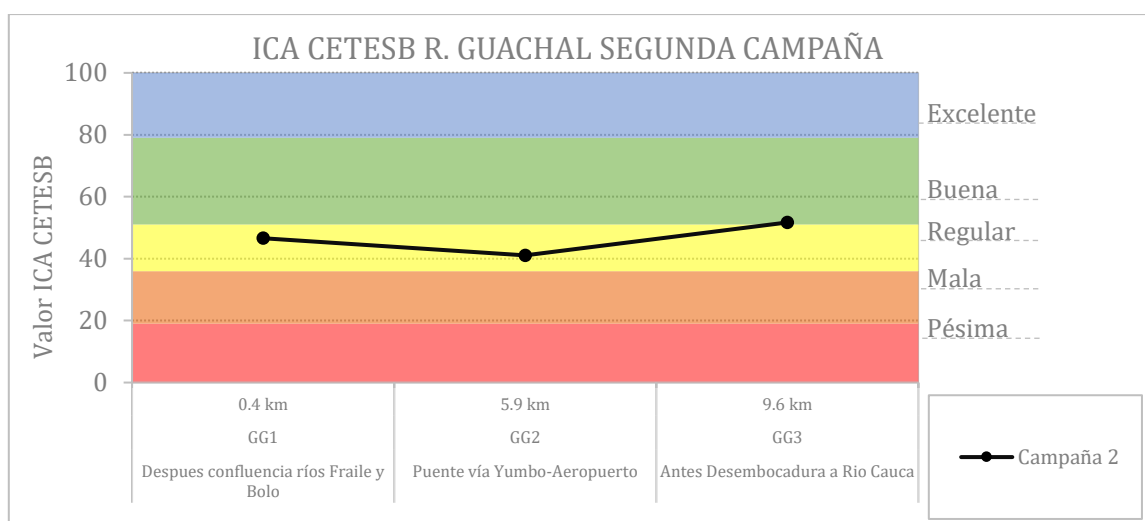


Figura 2-18. ICA CETESB Río Guachal – Campaña 2

Tabla 2-53. 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)

Las tres estaciones monitoreadas del río Guachal fueron clasificadas como REGULAR para el índice ICA-DINIUS en las dos campañas. Los resultados se pueden observar en la Tabla 2-54 y en las Figura 2-19 y Figura 2-20.

Tabla 2-54. Valores de DINIUS Monitoreo sobre el río Guachal

ID	Nombre	DINIUS Campaña 1		DINIUS Campaña 2	
		Valor	Clasificación	Valor	Clasificación
GG1	Después desembocadura R. Fraile	59.54	REGULAR	68,39	REGULAR
GG2	Puente vía departamental	58.44	REGULAR	67,98	REGULAR
GG3	Antes desembocadura a río Cauca	60.56	REGULAR	76,98	REGULAR

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

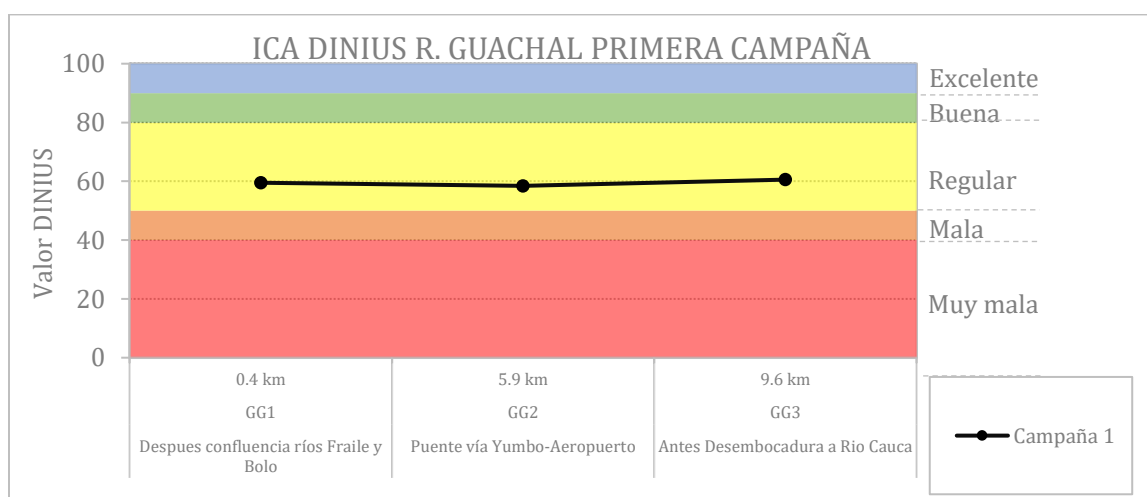


Figura 2-19. ICA DINIUS Río Guachal – Campaña 1

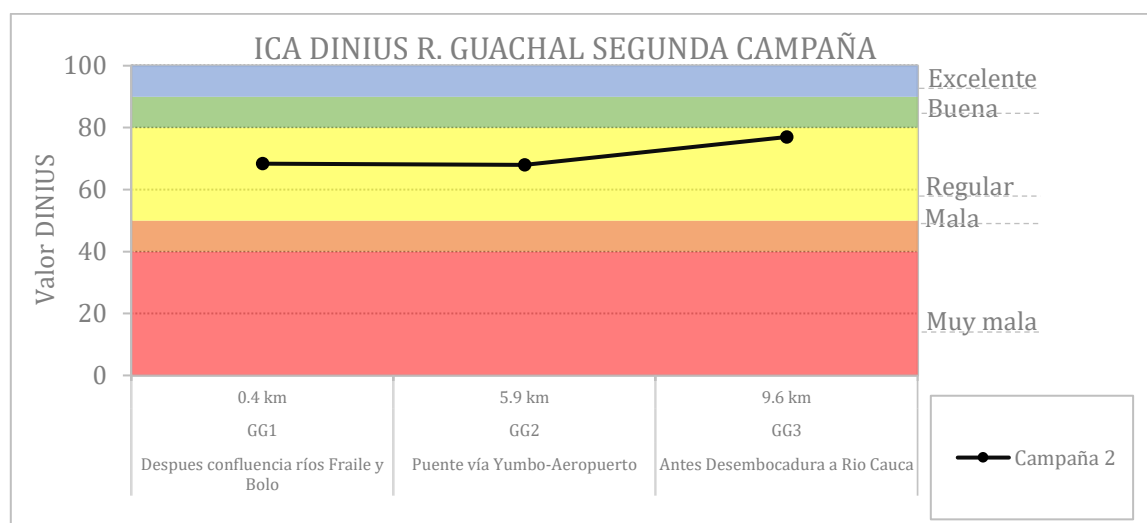


Figura 2-20. ICA DINIUS Río Guachal – Campaña 2

2.1.2 Índices de Contaminación ICOMO para el río Guachal

El índice de contaminación por mineralización – ICOMO evalúa las variables como oxígeno disuelto, DBO₅, y coliformes totales y fecales. Permite evaluar la contaminación de un cuerpo de agua en relación con el grado de contaminación por materia orgánica. Expresa el valor promedio de los índices para tres variables elegidas en un rango de 0 a 1, índices próximos a cero (0) reflejan muy baja contaminación por mineralización y cercanos a 1 lo contrario (Tabla 2-55) (Ramírez et al., 1997).

Tabla 2-55. 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)

El índice de contaminación ICOMO para la campaña 1 mostró una clasificación de contaminación por materia orgánica para las tres estaciones del río Guachal ALTA. Para la segunda campaña cada una de las estaciones desde la GG1 hasta la GG3 el resultado del ICOMO refleja un deterioro de la calidad del agua paulatino de una estación a otra indicando una concentración mayor de materia orgánica a lo largo del tramo en ordenamiento (Tabla 2-56, Figura 2-21, Figura 2-22).

Tabla 2-56. Valores de ICOMO Monitoreo sobre el río Guachal

ID	Nombre	ICOMO Campaña 1		ICOMO Campaña 2	
		Valor	Clasificación	Valor	Clasificación
GG1	Después desembocadura R. Fraile	0.66	ALTA	0,30	BAJA
GG2	Puente vía departamental	0.61	ALTA	0,40	MEDIA
GG3	Antes desembocadura a río Cauca	0.64	ALTA	0,40	MUY ALTA

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

2.1.1 Índice de contaminación ICOTRO para el río Palmira

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; 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 (CEPAL, 2023). En la Tabla 2-57 se presenta la clasificación del índice ICOTRO.

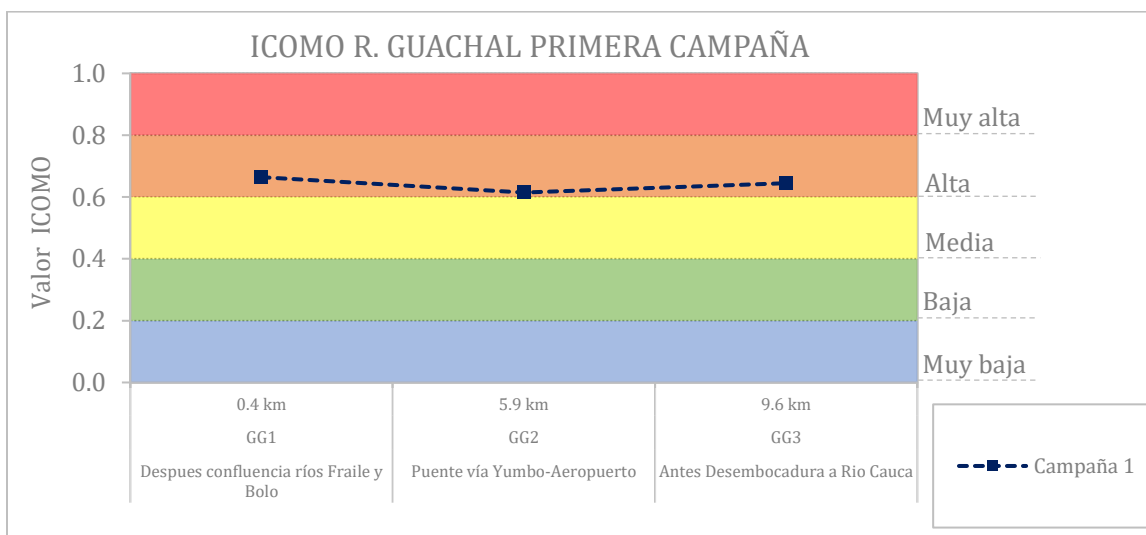


Figura 2-21. ICOMO Río Guachal – Campaña 1

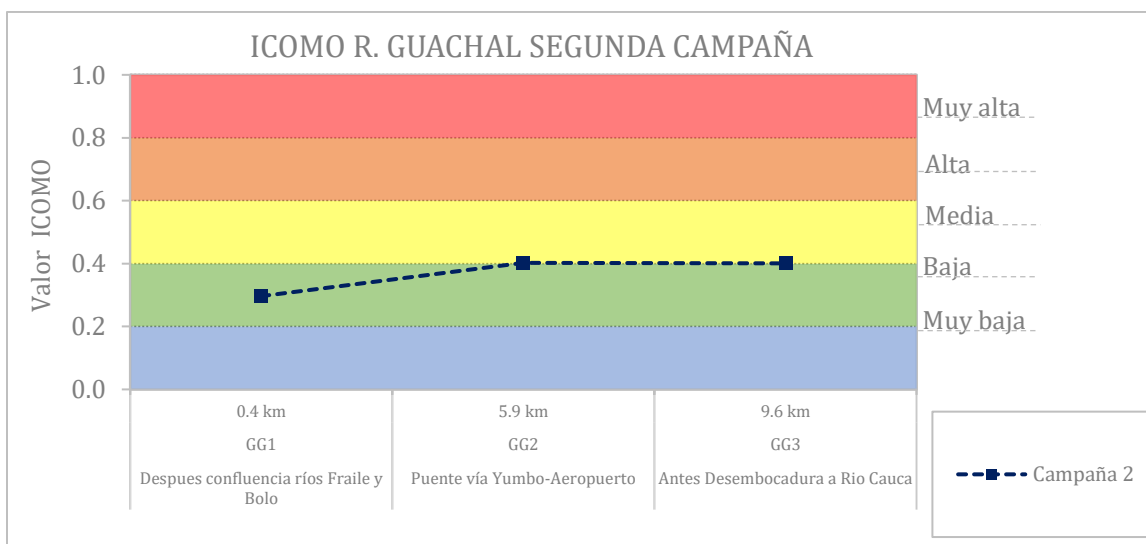


Figura 2-22. ICOMO Río Guachal – Campaña 2

Es importante dar claridad conceptual sobre la clasificación del grado de contaminación por fósforo, de tal forma que Oligotrófico (O), se refiere a una calidad del agua con baja concentración de nutrientes, indicando una buena calidad y una baja proliferación de algas y plantas acuáticas. Mesotrófico (M), indica una calidad del agua con niveles moderados de nutrientes, equilibrada y con una productividad adecuada. Eutrófico (E), evidencia una calidad del agua con alta concentración de nutrientes que pueden propiciar una proliferación excesiva de algas y plantas acuáticas, afectando la calidad del agua y la vida acuática. Finalmente, hipertrófico (H): indica

una calidad del agua con una concentración muy alta de nutrientes, causando una proliferación masiva de algas y plantas acuáticas, con graves impactos negativos en la calidad del agua y la biodiversidad.

Tabla 2-57. 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

Para la primera campaña el índice ICOTRO mostró una clasificación para dos primeras estaciones monitoreadas la condición EUTRÓFICO con incremento de la contaminación por fósforo en la última estación calificando la condición como HIPEREUTRÓFICO. En la segunda campaña esta última condición se mantuvo en las dos primeras estaciones con un cambio en la última estación a EUTRÓFICO. Los resultados en general indican una concentración alta en fósforo.

Tabla 2-58. Valores de ICOTRO Monitoreo sobre el río Guachal

ID	Nombre	ICOTRO (mg/L) Campaña 1		ICOTRO (mg/L) Campaña 2	
		Valor	Clasificación	Valor	Clasificación
GG1	Después desembocadura R. Fraile	0.42	EUTRÓFICO	1,90	HIPEREUTRÓFICO
GG2	Puente vía departamental	0.51	EUTRÓFICO	1,78	HIPEREUTRÓFICO
GG3	Antes desembocadura a río Cauca	1.24	HIPEREUTRÓFICO	0,75	EUTRÓFICO

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

2.1.2 Índices históricos de calidad y de contaminación para el río Fraile

En la Tabla 2-59 se compilan los resultados históricos de los índices de calidad establecidos para la estación GG3. tanto para la temporada de bajas como de altas precipitaciones. Se observa que los valores históricos del ICA-IDEAM clasificó la calidad del agua del río Guachal entre REGULAR y MALA, en las dos temporadas seca y húmeda. Los índices ICA-CETESB y el ICA-DINIUS en temporada seca determinaron la calidad del agua entre REGULAR y PESIMA/MUY MALA. El histórico de ICOMO en época seca refleja en este punto de monitoreo un agua entre ALTA y MUY ALTA contaminación por carga orgánica; en época húmeda se mantiene MUY ALTA en los niveles de máxima humedal (lluvias). El ICOTRO clasifica el cuerpo de agua como HIPEREUTRÓFICO en los máximos de sequía y humedad.

Tabla 2-59. Índices históricos calculados para el río Guachal para cada uno de los puntos de la red de monitoreo de la CVC durante el periodo 2005 al 2022

Tiempo seco													
Estación de monitoreo	ID	Abscisa (km)		ICA IDEAM		ICA CETESB		ICA DINIUS		ICOMO		ICOTRO	
				Valor	Clasificación	Valor	Clasificación	Valor	Clasificación	Valor	Clasificación	Valor	Clasificación
Antes Desembocadura a Río Cauca	GG 3	9.6	Máximos	0.57	REGULAR	46.7	REGULAR	57.8	REGULAR	0.98	MUY ALTA	3.8	HIPEREUTRÓFICO
			Mínimos	0.32	MALA	15.5	PÉSIMA	40.0	MUY MALA	0.61	ALTA	0.2	EUTRÓFICO
Tiempo Húmedo													
Antes Desembocadura a Río Cauca	GG 3	9.6	Máximos	0.52	REGULAR	55.4	BUENA	61.5	REGULAR	0.99	MUY ALTA	1.5	HIPEREUTRÓFICO
			Mínimos	0.25	MALA	13.8	PÉSIMA	36.2	MUY MALA	0.31	BAJA	0.03	EUTRÓFICO

2.2 Indicadores biológicos

Respecto a indicadores biológicos, se realizó el cálculo tomando en consideración los resultados de algunos parámetros 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.

2.2.1 Índice BMWP

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 2-60.

Tabla 2-60. Niveles de clasificación de la calidad del agua según el índice BMWP/Col (Fuente Roldán, 2003)

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	Critica
V	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	Muy crítica

En terminos hidrobiológicos los resultados de las campañas para todo el sistema Guachal refleja la condición de deterioro en la calidad del agua la cual se va volviendo más crítica cuanto más se acerca a la desembocadura del río Cauca. Los resultados se presentan en la Tabla 2-61 con los valore obtenidos de la implementación del índice BMW/P.

Tabla 2-61. Valores y clasificación del agua del Sistema Guachal en términos hidrobiológicos

Puntos De Monitoreo		Campaña 1		Campaña 2		Significado
		E. Seca	BMWP/Col	E. Lluvia	BMWP/Col	
GG1	Después confluencia ríos Fraile y Bolo	45	DUDOSA	27	CRÍTICA	Aguas fuertemente contaminadas a muy contaminadas
GG2	Puente vía Yumbo-Aeropuerto	25	CRITICA	19	CRITICA	Aguas muy contaminadas
GG3	Antes Desembocadura río Cauca	33	CRITICA	9	MUY CRÍTICA	Aguas muy contaminadas a fuertemente contaminadas

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

3. FASE III. IDENTIFICACIÓN DE USOS POTENCIALES: PROSPECTIVA

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

Para estimar la proyección de la demanda total del tramo de río Guachal en ordenamiento se utilizará la proyección poblacional y producción agrícola asociada al todo el sistema Guachal y porcentaje del área de la subcuenca Guachal del s 3,9%, tal como se representa en la Tabla 2-21.

3.1.1 Enfoque Metodológico

Se realizó una evaluación detallada del consumo hídrico de los cultivos predominantes en el sistema de la cuenca del río Guachal, que incluyen caña de azúcar, café, frutas y hortalizas, pasturas, maíz, frijol, algodón y arroz. Para cada cultivo, se utilizó una fórmula específica que calcula la demanda hídrica en función de la extensión de tierra cultivada y el consumo diario de agua por hectárea, expresado en metros cúbicos por día. Estos datos, combinados con la extensión estimada de cada cultivo en las diferentes subcuencas, permitieron proyectar la demanda hídrica agrícola. La metodología consideró la diversidad de cultivos y su distribución geográfica, lo que permitió reflejar con mejor precisión la presión hídrica ejercida por la agricultura. En la Tabla 3-1 se presenta la relación de actividades productivas que para el área de la cuenca del sistema Guachal.

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

Cuenca	Municipio	Actividades Agrícolas
Fraile	Florida	- Cultivos de caña de azúcar.
		- Ganadería en pequeñas explotaciones.
		- Producción de maíz y frijol en áreas rurales.
Párraga	Pradera	- Café en las zonas más altas.
		- Cultivos de frutas (banano, plátano) y hortalizas.
		- Ganadería en praderas abiertas.
Bolo	Palmira	- Extensas plantaciones de caña de azúcar.
		- Cultivos de algodón, arroz y frutas tropicales.
		- Pequeña producción de hortalizas.
Aguaclara	Palmira	- Predomina el cultivo de caña de azúcar.
		- Producción de frutas y hortalizas en áreas rurales.

Cuenca	Municipio	Actividades Agrícolas
Palmira	Palmira	- Caña de azúcar como cultivo dominante.
		- Producción de arroz y frutales.
		- Algunas áreas con ganadería y pastos.
Guachal	Palmira	- Caña de azúcar.
		- Cultivos de frutales (cítricos, mango) y hortalizas.
		- Ganadería bovina en áreas específicas.

Para obtener una visión más integral de la demanda hídrica de la cuenca hasta 2044, se incorporó un modelo de tasa de crecimiento del PIB agrícola, calculado a partir de datos económicos históricos. Este modelo permitió ajustar las proyecciones de demanda hídrica agrícola en función de las tendencias de crecimiento económico y de producción agrícola en el Valle del Cauca. El resultado fue una estimación anualizada de la demanda hídrica, que incluye el consumo agrícola, y que permite anticipar los posibles escenarios de escasez de agua en la cuenca. La metodología destaca por su enfoque en la integración de datos económicos y demográficos, lo que ofrece una proyección más realista y contextualizada de las necesidades hídricas.

Se subraya la importancia de considerar las dinámicas de crecimiento poblacional y agrícola al evaluar la sostenibilidad de los recursos hídricos en la cuenca Guachal. La creciente demanda, impulsada por ambos factores, requiere de una gestión cuidadosa y adaptativa del recurso hídrico. Aunque la metodología proporciona una estimación robusta de la demanda futura, reconoce la necesidad de actualizar constantemente los datos y las proyecciones para reflejar los cambios en las condiciones económicas, demográficas y climáticas. Así, los resultados obtenidos no solo reflejan la situación actual, sino que también proporcionan una herramienta valiosa para la planificación y gestión a largo plazo de los recursos hídricos en la región. Dado que en el tramo del río Guachal en ordenamiento no se presenta consumo humano, esta demanda no fue calculada.

3.1.2 Proyección de la Demanda Hídrica para para producción agrícola

Según el Minagricultura (2016) y de acuerdo con datos abiertos de Colombia suministrados por la Secretaría de Desarrollo Rural, Agricultura y Pesca con actualización del 9 de julio de 2024, en las ciudades de influencia del sistema de la cuenca del río Guachal, se tiene que el área de cada cultivo es la que se muestra en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2. Área de cultivo por municipio asociado al sistema de la cuenca Guachal

Subcuenca	Municipio	Actividad Productiva predominante	Extensión de Tierra (ha)
Guachal	Palmira	Caña de azúcar	8000
		Frutales y hortalizas	1000
		Ganadería	1500

De acuerdo con la 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 los que se observan en la Tabla 3-3.

Tabla 3-3. Consumo hídrico por cultivo presente en el área de influencia de la subcuenca del río Guachal

Cultivo/Actividad	Consumo de Agua (m³/ha/día)
Caña de azúcar	32,88
Café	21,92
Frutas y hortalizas	19,18
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 río 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 3-4.

Tabla 3-4. Consumo hídrico promedio en cada cultivo en el área de influencia del sistema de la Cuenca Guachal por Hectárea

subcuenca	Municipio	Actividad Productiva	Extensión de Tierra (ha)	Consumo en m3/seg
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 de la cuenca, se considera el consumo agrícola principalmente, proyectado al 2044. Sin embargo, para la proyección del consumo de agua por la producción agrícola se debe estimar la tasa de crecimiento para cada año entre el 2025 y 2044. Para esto se proyectó el aumento de la producción a partir de un modelo VAR con los datos del cálculo de actualización del sistema de cuentas económicas distritales de Santiago de Cali 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 el cálculo por consumo de la producción agrícola (DHC) y el incremento estimado de la producción agrícola (TCEag) se logró estimar la demanda hídrica de cuenca Guachal (DHcuenca) con la Ecuación 4.

$$DH_{cuenca,t} = DH_{ci} * TCE_{ag,t} \quad (4)$$

Así, el sistema de la cuenca Guachal es fundamental 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 crecimiento poblacional y la expansión agrícola, plantea desafíos significativos para la gestión sostenible del recurso

Tabla 3-5. Demanda hídrica proyectada al 2044 para los municipios que hacen parte del sistema Guachal (datos en m³/s)

Año	Guachal		Demanda promedio estimada en la cuenca
	Pecuario	Agrícola	
2025	0,1113	3,5788	3,6901
2026	0,1113	3,7055	3,8168
2027	0,1114	3,8366	3,948
2028	0,1113	3,9724	4,0837
2029	0,1112	4,1129	4,2241
2030	0,1111	4,2585	4,3696
2031	0,1111	4,4092	4,5203
2032	0,1109	4,5652	4,6761
2033	0,1108	4,7267	4,8375
2034	0,1107	4,8940	5,0047
2035	0,1105	5,0672	5,1777
2036	0,1109	5,2465	5,3574
2037	0,1113	5,4321	5,5434
2038	0,1117	5,6243	5,736
2039	0,1121	5,8234	5,9355
2040	0,1124	6,0294	6,1418
2041	0,1127	6,2428	6,3555
2042	0,1129	6,4637	6,5766
2043	0,1131	6,6924	6,8055
2044	0,1133	6,9292	7,0425

3.2 Estimación cualitativa de los riesgos asociados a la reducción de la oferta del recurso hídrico

Con el objetivo de incluir en el PORH del río Guachal un análisis del riesgo asociado a la oferta y disponibilidad 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) proyectado para los años 2024, 2029, 2034 y 2044 en los tramos monitoreados. La metodología utilizada sigue los lineamientos del Estudio Nacional del Agua (ENA, 2010). A continuación, se presenta el resultado de la determinación del riesgo asociado a la oferta y disponibilidad de agua.

3.2.1 Análisis cualitativo de la reducción y disponibilidad de la oferta hídrica para el río Guachal proyectada al 2044

Los resultados del Índice de Vulnerabilidad Hídrica por desabastecimiento (IVH) proyectado permitieron identificar las zonas de amenaza relacionadas con la oferta de agua, tanto para años secos como para años normales. La *Tabla 3-6* muestra los resultados obtenidos para la estimación de estas amenazas proyectadas en escenarios de año seco y año normal; indicando para año normal solo el punto de monitoreo GG2 muestra amenaza por oferta MEDIA, para todos los quinquenios. Con respecto al año seco, en el punto GG2 dado que el IVH fue MUY ALTO, la amenaza para cada quinquenio será ALTA. El punto de monitoreo GG3 para año seco presentó para cada quinquenio un IVH ALTO, por tanto, la amenaza por oferta para cada quinquenio será MEDIO.

Tabla 3-6 Amenaza proyectada de la oferta hídrica en los puntos de control en el río Guachal para año normal y seco

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
GG1	Medio		Medio		Medio		Medio	
GG2	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Medio
GG3	Medio		Medio		Medio		Medio	
Año Seco								
GG1	Medio		Medio		Medio		Medio	
GG2	Muy Alto	Alto	Muy Alto	Alto	Muy Alto	Alto	Muy Alto	Alto
GG3	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Medio

3.2.2 Análisis del riesgo proyectado por oferta y disponibilidad hídrica

Al analizar la amenaza por oferta proyectada y la amenaza calidad del agua, con la información de localización de las captaciones para abastecimiento doméstico, agrícola y piscícola, se obtuvieron las zonas de riesgo tal como se explicó en el marco metodológico. En la *Tabla 3-7* se presentan los resultados obtenidos para la estimación del riesgo por oferta para año seco y año normal, indicando para año normal y dado que el uso es agrícola, la estación GG3 de monitoreo presenta la vulnerabilidad categorizada como MEDIA, al cruzar con la amenaza que es MEDIA para todos los quinquenios el riesgo es bajo. Para año seco el cruce de la vulnerabilidad es MEDIA y al cruzar con la amenaza para cada quinquenio en el punto de monitoreo GG2, el riesgo de la oferta sería MEDIO.

Tabla 3-7 Riesgo por disponibilidad de oferta hídrica asociada al uso del agua en los sitios de control en el río Guachal 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
GG2	Agrícola	Media					
GG3	Agrícola	Media	Media	Media	Media	Media	Medio
GG4	Agrícola	Media					
Año Seco							
GG3	Agrícola	Media					
GG2	Agrícola	Media	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio
GG4	Agrícola	Media	Media	Media	Media	Media	

3.2.3 Análisis cualitativo del riesgo asociado a la disponibilidad del recurso hídrico del río Guachal

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.

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 Fraile el uso actual es el mismo para todos los tramos, pues el agua se emplea para el riego de los cultivos de caña principalmente.

En la Tabla 3-8, se registran los resultados del análisis cualitativo entre los índices ICA-IDEAM 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. El análisis cualitativo muestra que el riesgo por calidad es actualmente ALTO para todas las estaciones de monitoreo (Tabla 3-8).

Tabla 3-8. Riesgos asociados a la disponibilidad del recurso hídrico del Río Palmira

ID	USO	ICA IDEAM	Categoría de Calidad	Amenaza por Calidad	Vulnerabilidad	Riesgo por Calidad
GG1	Agrícola	0,44	MALO	MALA	ALTA	ALTO
GG2	Agrícola	0,43	MALO	MALA	ALTA	ALTO
GG3	Agrícola	0,42	MALO	MALA	ALTA	ALTO

3.3 Modelación de calidad de agua

3.3.1 Definición de la estructura conceptual para la modelación de la calidad del agua

En Colombia, los PORH son instrumentos de planificación que deben ser formulados por las autoridades ambientales competentes. Estos planes deben incluir la aplicación de modelos de simulación de la calidad del agua, que permitan determinar la capacidad de asimilación de sustancias contaminantes y la capacidad de dilución de estas, de manera que a partir de esto se pueda evaluar los diferentes escenarios futuros.

Para cumplir con este objetivo, se llevaron a cabo dos campañas de monitoreo sobre diferentes puntos a lo largo del río Guachal, incluyendo tributarios, vertimientos, e identificación de captaciones y otras fuentes de extracción o aporte de agua y contaminantes. Los datos obtenidos de estas campañas se utilizaron para alimentar el modelo matemático Qual2Kw, el cual aportará resultados gráficos y numéricos que permitirán la toma de decisiones sobre actividades planificadas en el cuerpo de agua en el corto, mediano y largo plazo. 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.

En la Tabla 3-9 y Figura 3-1 presenta la estructura conceptual para la modelación de la calidad del agua del río Guachal, donde se identifica cada punto de interés, así como el nombre, la ubicación y la distancia a la que se encuentra respecto al nacimiento.

Tabla 3-9. Esquematización Río Guachal

ID	Nombre	Distancia aguas abajo (km)	Coordenada Norte	Coordenada Oeste
-	Confluencia ríos Fraile Y Bolo	0.00	1068488.721	880268.594
D1	Sociedad Inversiones Duque A & Cía. S En C – Hacienda El Llanito	0.02	1068480.63	880287.57
GG1	Después Confluencia Ríos Fraile Y Bolo	0.40	1068307.88	880589.42
D2	José Ignacio Sánchez Shima - La Esperanza Ignacio	1.02	1068438.39	881144.28
D3	Harold Abadía Campo - El Once Lote No. 2	1.33	1068348.11	881381.97
D4	M.E. Campo S.A.S. (Maria Elena Campo Córdoba) – El Catorce	3.17	1068262.42	883079.09
D5	Inversiones Duque A Y Cía. S. En C. - Hacienda La Escocia	3.33	1068387.03	883192.83
D6	Sociedad M.E Campo SAS - Lote Piles. Campo 2	3.73	1068496.35	883572.26
A1	Río Palmira	4.16	1068611.24	883928.67
GG2	Puente Vía Yumbo-Aeropuerto	5.90	1068977.55	885406.45
V1	Quimpac De Colombia Sa	5.93	1069011.51	885378.83
V- GG1	Vertimiento Canal Tumaco	5.94	1069008.42	885388.05
D7	Inversanchez S.A - El Antojo Sánchez	5.94	1069003.48	885395.11
V2	Prime Termovalle S.A.S Empresa De Servicios Públicos	6.27	1069153.28	885695.63

ID	Nombre	Distancia aguas abajo (km)	Coordenada Norte	Coordenada Oeste
V3	Zona Franca Del Pacifico	6.73	1069196.27	886024.04
D8	Agroguachal S.A - Hacienda Cantarana	7.21	1069374.98	886466.50
D9	Bernal Vallejo Y Cía. S.A.S - Hacienda La Selva	8.18	1071474.74	887280.75
GG3	Antes Desembocadura Río Cauca	9.60	1069416.82	888484.71
D10	Nubia López López - Miraflores No.4	9.64	1069419.25	888535.70
D11	María Cristina López De Ceballos - Miraflores No.5	9.64	1069419.25	888535.70
D12	Nancy Y Otros López López - Miraflores No.2	9.64	1069419.25	888535.70
D13	Carlos Alberto López López - Miraflores No.1	9.64	1069419.25	888535.70
-	Desembocadura Río Cauca	10.94	1068910.541	889652.159

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

3.1 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, en la Tabla 3-10, se presenta la definición de los tramos de análisis del río Guachal.

Tabla 3-10. Definición de tramos de análisis del río Guachal

Descripción	Longitud (km)	Coordenadas ⁽¹⁾			
		Inicio tramo		Fin tramo	
		X	Y	X	Y
Desde la confluencia de los ríos Fraile y Bolo, que corresponde al kilómetro 0 del río Guachal, hasta la desembocadura del río Guachal sobre el Río Cauca en el kilómetro 10.94	10,94	1068488.721	880268.594	1068910.541	889652.159

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

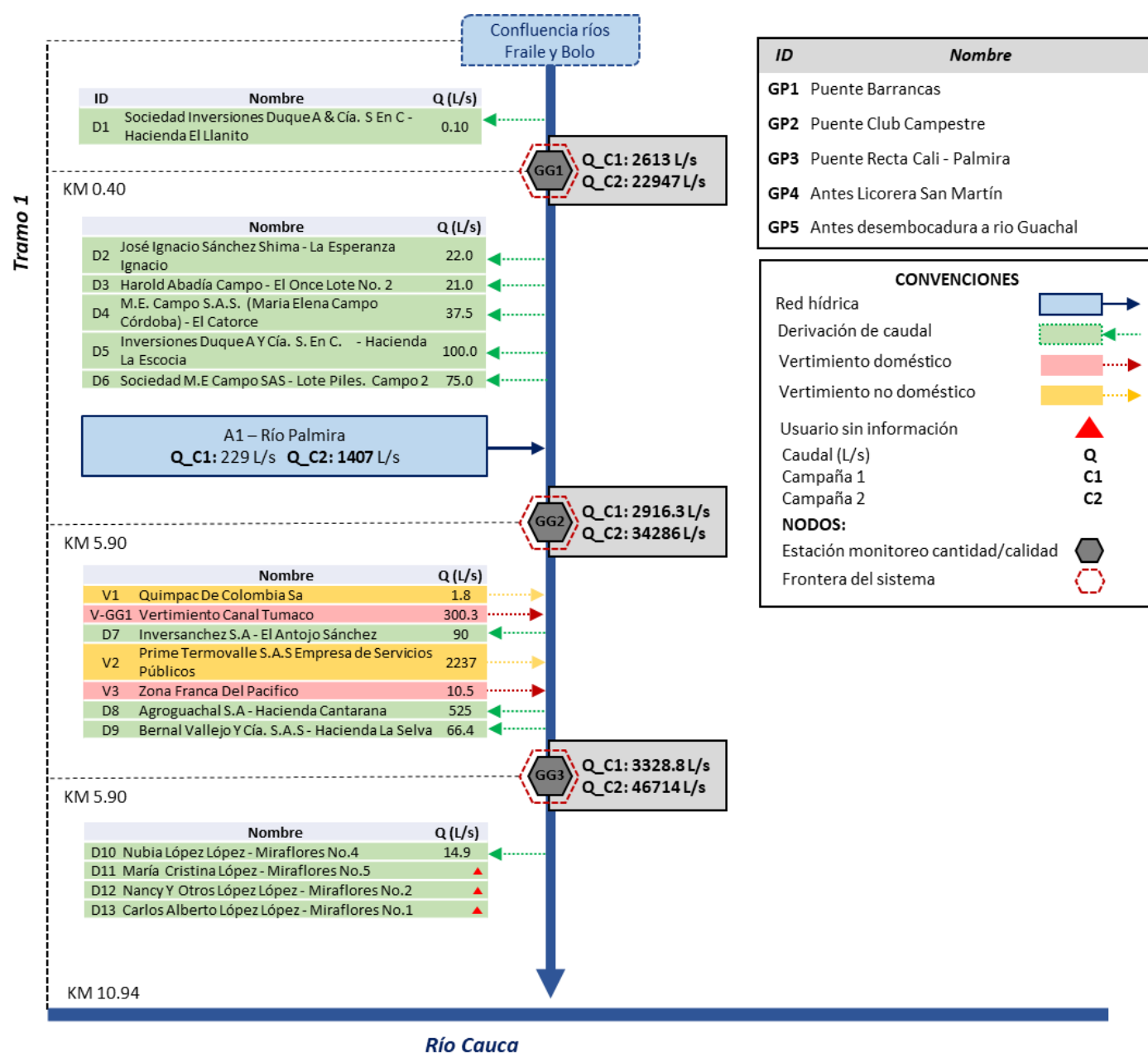


Figura 3-1. Esquema gráfico Río Guachal

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

3.2 Calibración y confirmación del río Guachal

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 Guachal, 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 3-11 se muestra la estimación del índice de coincidencia, para cada variable modelada y el valor promedio final obtenido, que corresponde a 0.71 para la calibración y 0.75 para la confirmación.

Tabla 3-11. Valor final obtenido para la función objetivo – río Guachal

Variable	Unidades	Valor Fitness Calibración	Valor Fitness Confirmación
Conductividad	µs/cm	0.85	0.99
Sólidos suspendidos inorgánicos	mg/L	0.76	0.44
Oxígeno disuelto	mg/L	0.88	0.99
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	0.61	0.90
Nitrógeno orgánico	mg/L	1.00	0.90
Nitrógeno amoniacal	mg/L	1.00	0.83
Nitratos	mg/L	0.16	0.96
Fósforo orgánico	mg/L	0.43	0.51
Fósforo inorgánico	mg/L	0.60	0.00*
Fitoplancton	mg/L	0.00*	0.63

Variable	Unidades	Valor Fitness Calibración	Valor Fitness Confirmación
Detritus	mg/L	0.99	0.38
Coliformes fecales	NPM/100mL	0.83	0.00*
Alcalinidad	mg/L	0.27	0.84
pH	mg/L	0.57	0.89
Nitrógeno total	mg/L	0.00*	0.42
Fósforo total	mg/L	0.51	0.54
Sólidos suspendidos totales	mg/L	0.90	0.43
Temperatura	°C	0.95	0.57
Promedio		0.71	0.75

*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 fisicoquímica para todas las estaciones de monitoreo sobre el río Guachal, 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 modelo implementado para el río Guachal. En la Figura 3-2 se presenta la calibración y confirmación para el caudal. En la Figura 3-3 se presenta la calibración y confirmación para el parámetro de oxígeno disuelto. En la Figura 3-4 se presenta la calibración y confirmación para la Demanda Bioquímica de Oxígeno – DBO5. En la Figura 3-5 se presenta la calibración y confirmación para la variable de sólidos suspendidos totales – SST. En la Figura 3-6 se presenta la calibración y confirmación del parámetro de patógenos (coliformes termotolerantes).

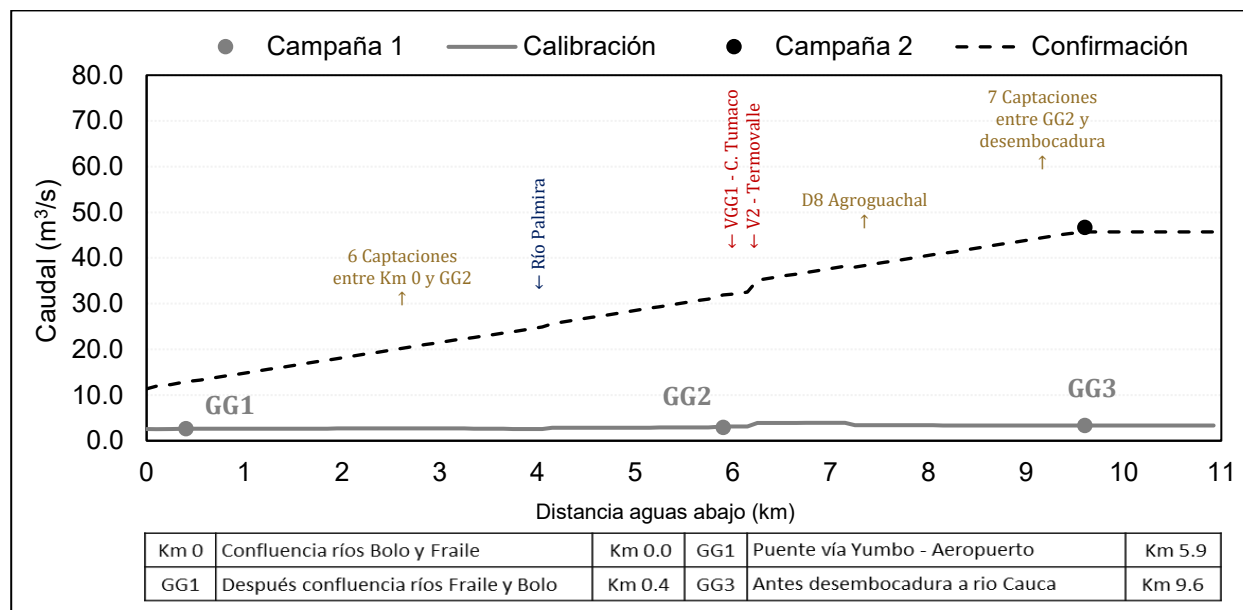
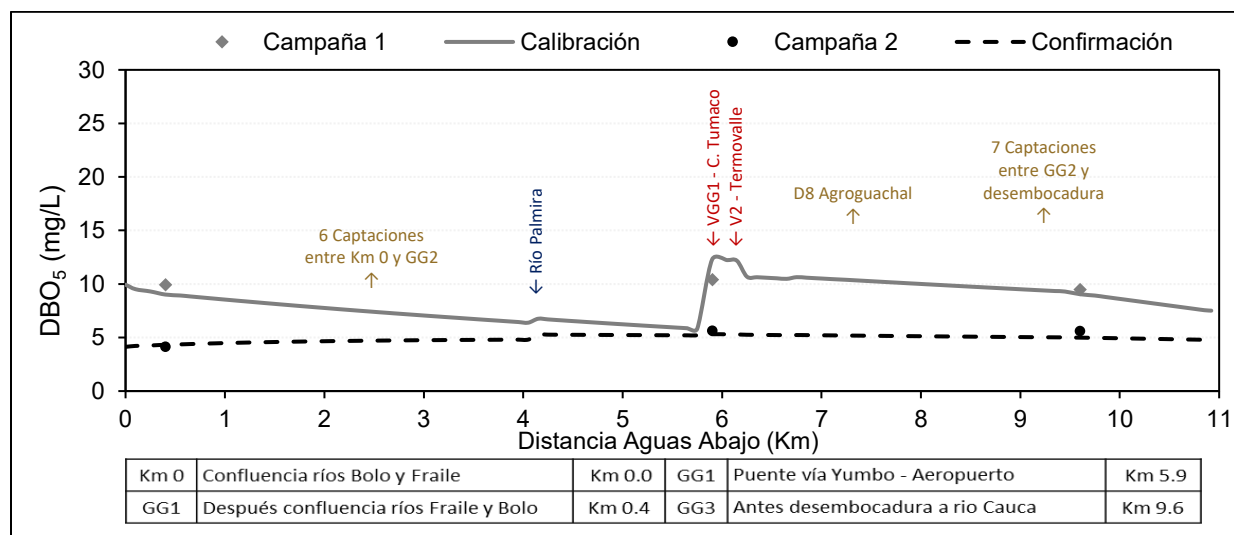
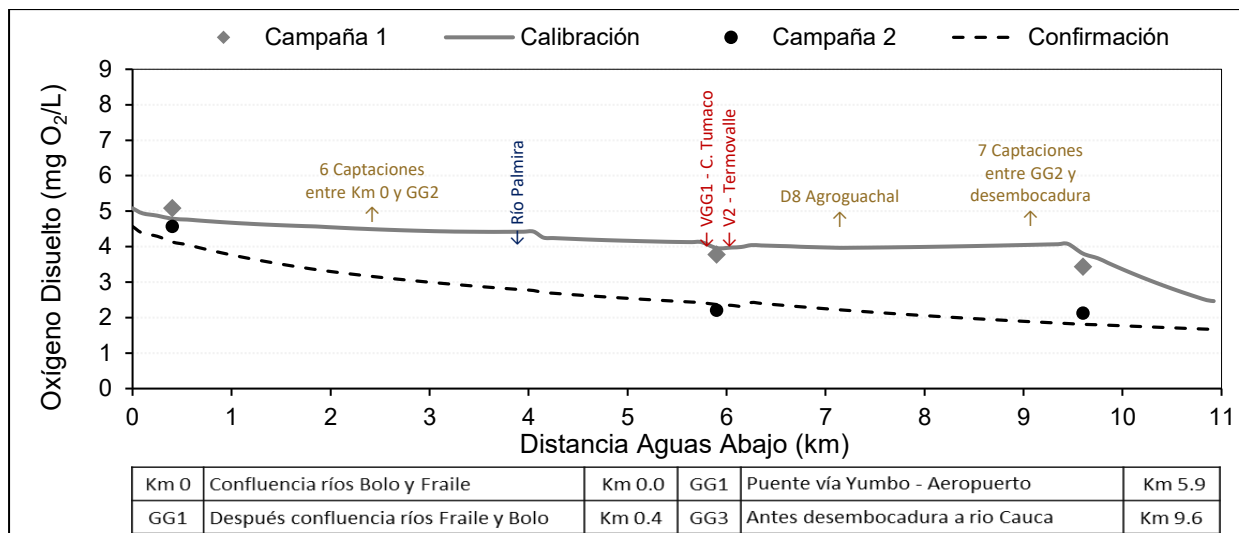


Figura 3-2. Calibración y confirmación de caudal Río Guachal

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



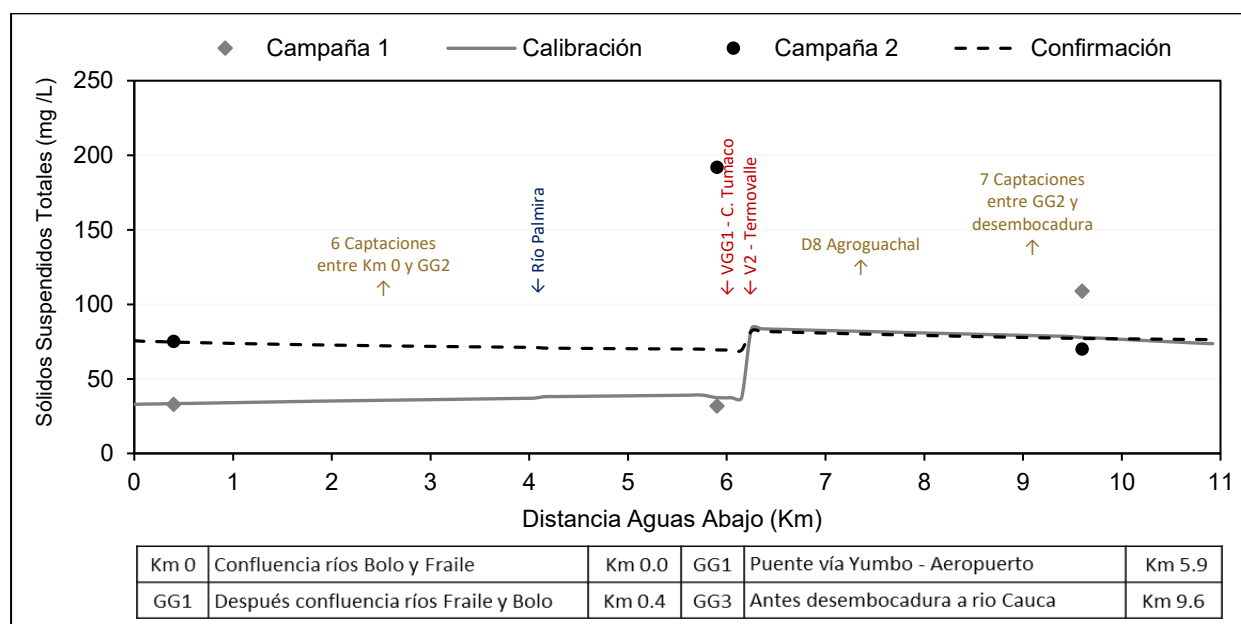


Figura 3-5. Calibración y confirmación SST Río Guachal
Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023)

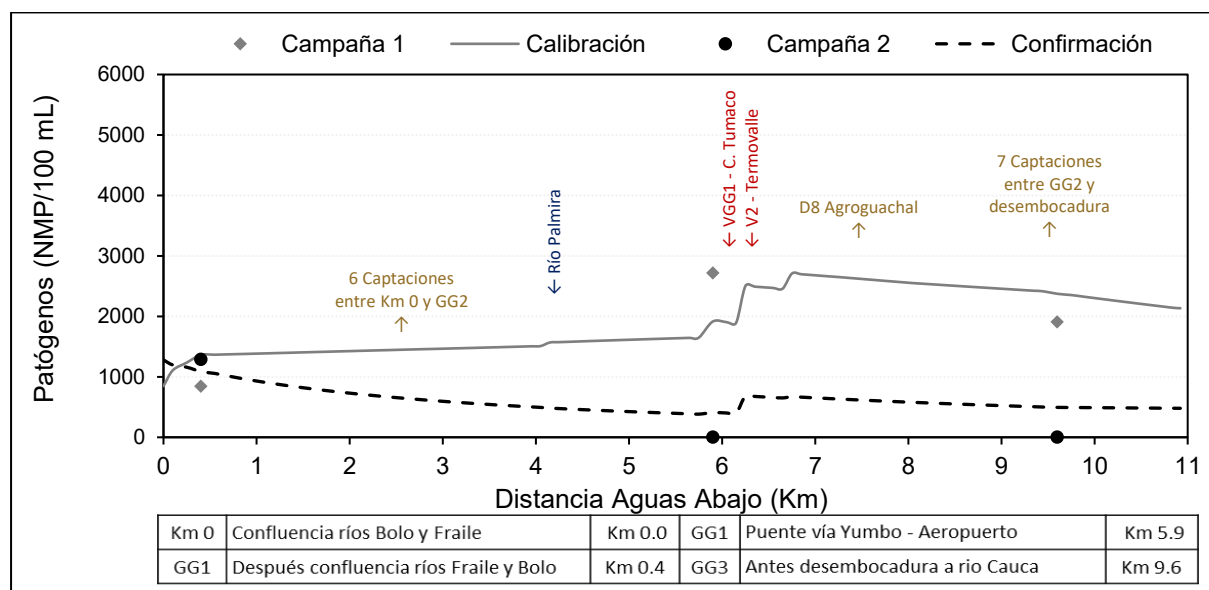


Figura 3-6. Calibración y confirmación patógenos Río Guachal
Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023)

3.3 Formulación y simulación de escenarios

Para la fase prospectiva del ordenamiento del río Guachal, 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 vertimientos, afluentes y por la extracción de caudal de las captaciones.

En total se simularon cuatro escenarios en el río Guachal mediante el modelo Qual2Kw, el primer escenario correspondiente al escenario base, se corrió en condiciones actuales de calidad del agua y para el caudal ambiental, los demás escenarios corresponden a la planificación de acciones en el corto (5 años), mediano (10 años) y largo plazo (15 y 20 años). Todos los escenarios fueron simulados considerando el caudal ambiental tanto para la corriente principal como para sus tributarios. En la Tabla 3-12 se presenta el planteamiento del escenario base.

Planteamiento de acciones para los escenarios de corto, mediano y largo plazo:

- 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.
- Se promoverá en todos los escenarios la implementación de programas de uso eficiente y ahorro de agua en todas las derivaciones y captaciones existentes; esta medida busca reducir significativamente la presión sobre la fuente hídrica y reducir la carga contaminante de las aguas residuales vertidas.
- Para el control de la oferta hídrica, en todos los escenarios el grupo general de usuarios con captaciones concesionadas (identificados desde la D1 hasta la D10) preservarán los caudales concesionados y el aumento de estos o adición de nuevas captaciones serán sujetas a la evaluación por parte de la autoridad ambiental conforme a la disponibilidad del recurso hídrico y a las condiciones hidroclimatológicas del territorio.
- En cuanto a la gestión de los vertimientos no doméstico V1 (Quimpac de Colombia SA) y V3 (Zona Franca del Pacífico), se mantendrán los caudales y características fisicoquímicas de la línea base, dando cumplimiento de la Resolución 0631 de 2015 o la norma que la modifique o sustituya, y a las metas de cargas contaminantes definidas en el PORH; sin embargo, se establece una exigencia progresiva para el escenario de largo plazo (años 15 y 20), donde estos usuarios deberán incrementar obligatoriamente la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) en un 30% con respecto a lo registrado en el año 10.
- Para el vertimiento V2 (Prime TermoValle S.A.S. E.S.P.), se mantendrá durante todos los escenarios el caudal y características fisicoquímicas o la carga máxima de SST y DBO₅ establecida en el escenario de línea base.

Tabla 3-12. Planteamiento de escenario base río Guachal

Tipo	ID	Nombre	Distancia aguas abajo (km)	Acciones planificadas	Caudal (L/s)	Calidad	
						DBO5 (mg/L)	SST (mg/L)
Corriente principal		Confluencia ríos Fraile y Bolo	0	Caudal ambiental escenario base R. Fraile y Bolo y Características fisicoquímicas salida escenario base R. Fraile y Bolo	1704	27.42	44.86
Captación	D1	SOCIEDAD INVERSIONES DUQUE A & CIA S EN C - HACIENDA EL LLANITO	0.02	Caudal actual	100.0	-	-
Corriente principal	GG1	Después confluencia ríos Fraile y Bolo	0.4	-	-	-	-
Captación	D2	JOSE IGNACIO SANCHEZ SHIMA - LA ESPERANZA IGNACIO	1.02	Caudal actual	22.0	-	-
Captación	D3	HAROLD ABADIA CAMPO - El once Lote No. 2	1.33	Caudal actual	21.0	-	-
Captación	D4	M.E. CAMPO S.A.S. (MARIA ELENA CAMPO CORDOBA) - EL CATORCE	3.17	Caudal actual	37.5	-	-
Captación	D5	INVERSIONES DUQUE A Y CIA. S. EN C. - HACIENDA LA ESCOCIA	3.33	Caudal actual	100.0	-	-
Captación	D6	SOCIEDAD M.E CAMPO SAS - LOTE PILES. CAMPO 2	3.73	Caudal actual	75.0	-	-
Afluente	GP4	Río Palmira	4.16	Caudal salida escenario base R. Palmira y Características fisicoquímicas salida escenario base R. Palmira	341.58	4.13	24.37
Corriente principal	GG2	Puente vía Yumbo-Aeropuerto	5.9	-	-	-	-
Vertimiento	V1	Quimpac De Colombia SA	5.93	Caudal actual y Características fisicoquímicas actuales	1.8	110.0	100.0
Vertimiento monitoreado	V-GG1	Vertimiento Canal Tumaco	5.94	Caudal proyectado año 1: Año 2024 y Características fisicoquímicas de acuerdo con las cargas proyectadas en el PSMV municipio de Palmira + otros vertimientos no identificados en el canal.	303.3	76.5	20.1
Captación	D7	INVERSANCHEZ S.A - EL ANTOJO SANCHEZ	5.94	Caudal actual	90.0	-	-
Vertimiento	V2	PRIME TERMOVALLE S.A.S EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS	6.27	Caudal actual y Características fisicoquímicas actuales	2238.0	5.0	100
Vertimiento	V3	ZONA FRANCA DEL PACIFICO	6.73	Caudal actual y Características fisicoquímicas actuales	10.52	88.0	62.0
Captación	D8	AGROGUACHAL S.A - HACIENDA CANTARANA	7.21	Caudal actual	525.0	-	-

**FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO (PORH) DE LOS CUERPOS DE AGUA 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)	Acciones planificadas	Caudal (L/s)	Calidad	
						DBO5 (mg/L)	SST (mg/L)
Captación	D9	BERNAL VALLEJO Y CIA S.A.S - HACIENDA LA SELVA	8.18	Caudal actual	66.4	-	-
Corriente principal	GG3	Antes Desembocadura río Cauca	9.6	-	-	-	-
Captación	D10	NUBIA LÓPEZ LÓPEZ - MIRAFLORES No.4	9.64	Caudal actual	14.9	-	-
Captación	D11	MARÍA CRISTINA LÓPEZ DE CEBALLOS - MIRAFLORES No.5	9.64	Caudal actual	-	-	-
Captación	D12	NANCY Y OTROS LÓPEZ LÓPEZ - MIRAFLORES No.2	9.64	Caudal actual	-	-	-
Captación	D13	CARLOS ALBERTO LOPEZ LÓPEZ - MIRAFLORES No.1	9.64	Caudal actual	-	-	-
Corriente principal	-	Desembocadura río Cauca	10.94	-	-	-	-

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

- Respecto al saneamiento municipal en el vertimiento V-GG1 (Canal Tumaco) en el corto plazo (Año 5 - 2028) se verterá el caudal proyectado cumpliendo con las cargas del PSMV de Palmira; para el mediano plazo (Año 10 - 2033) se proyecta una remoción del 40% de la carga de DBO5 respecto al año 5, coincidiendo con la puesta en marcha de la PTAR Palmira Fase II que recolectará los vertimientos de los drenajes Palmira, Sesquicentenario, Zamorano y Mirriñao; finalmente, para el largo plazo (Años 15 y 20 - 2038/2043), la meta de remoción aumentará al 80% de la carga de DBO5 con respecto al año 5. Cabe destacar que, debido a la baja capacidad de asimilación del río Palmira, la descarga tratada de los drenajes Zamorano y Mirriñao se simula sobre el Canal Tumaco en los escenarios de mediano y largo plazo.

De acuerdo con el planteamiento presentado anteriormente, se observa en la Figura 3-7 los resultados para el caudal del río Guachal en los escenarios evaluados. El caudal más bajo corresponde al obtenido en el escenario base y esto se debe a que el río Palmira en los escenarios de corto, mediano y largo plazo, aporta un mayor caudal debido a la descarga de la PTAR implementada para el municipio de Palmira.

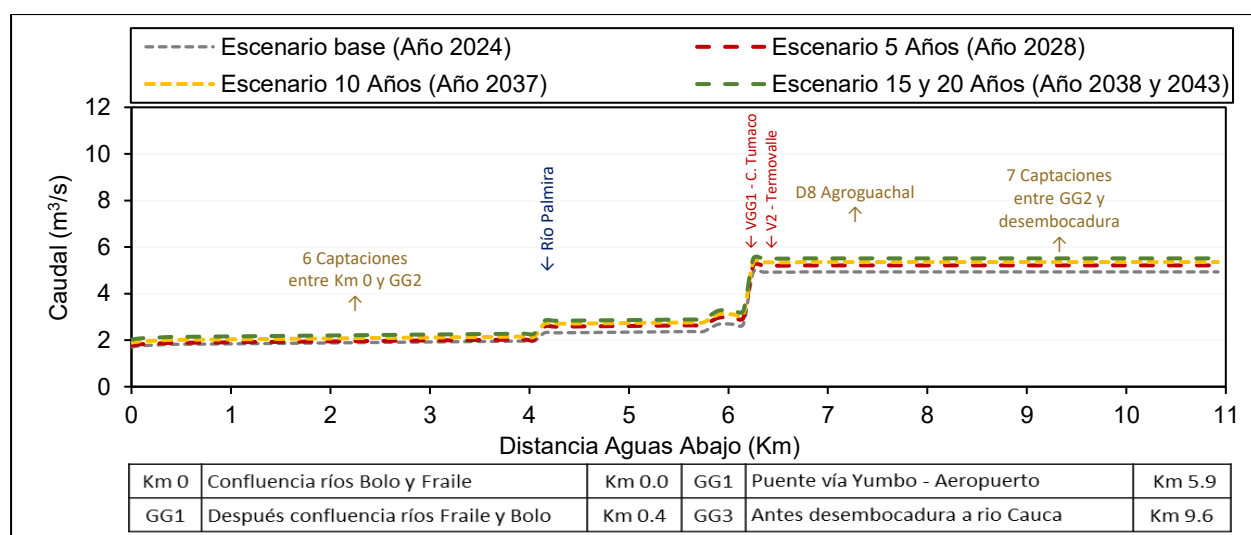


Figura 3-7. Escenarios para caudal Río Guachal

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

En el caso del oxígeno disuelto (Figura 3-8) se observa que el valor es diferente para cada escenario, esto teniendo en cuenta que las concentraciones del río Guachal dependen de la confluencia de los ríos Bolo y Fraile. De acuerdo con esto, se observa que la concentración en el inicio del tramo es la más alta, registrándose valores de 4.79 mg/L y finalizando en concentraciones menores aguas abajo del río Palmira y otros vertimientos.

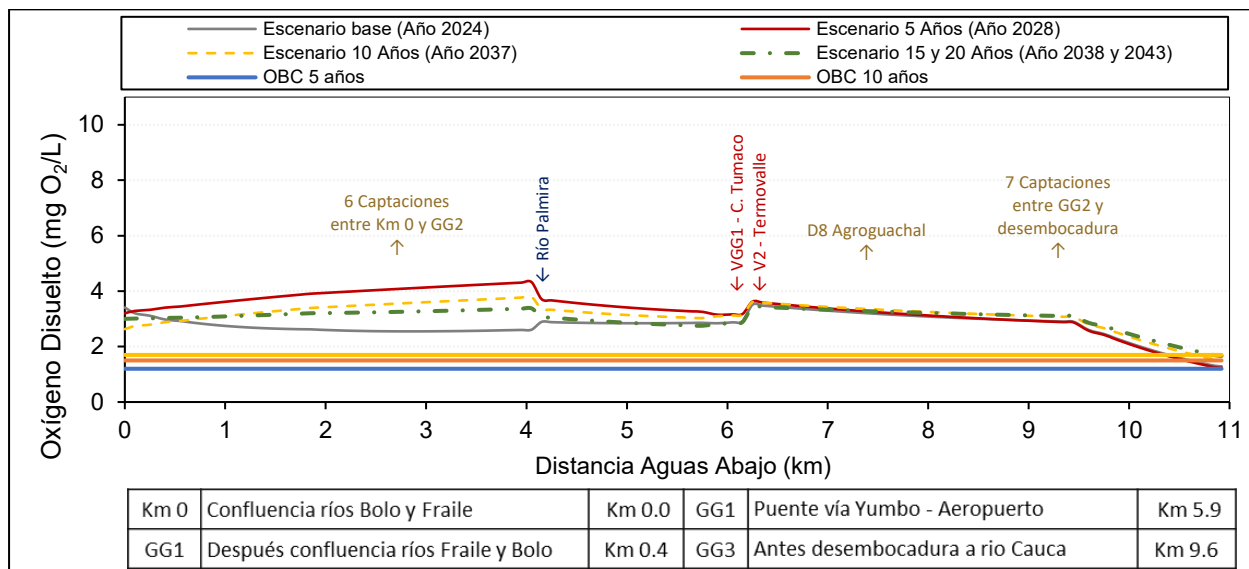


Figura 3-8. Escenarios para oxígeno disuelto Río Guachal

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

En cuanto a la demanda bioquímica de oxígeno – DBO₅ (Figura 3-9) se observa un aumento en la concentración en la zona de mezcla debido al ingreso del río Palmira y otros vertimientos. Sin embargo, se observa que al final del tramo modelado la concentración de esta variable se encuentra alrededor de 8 mg/L.

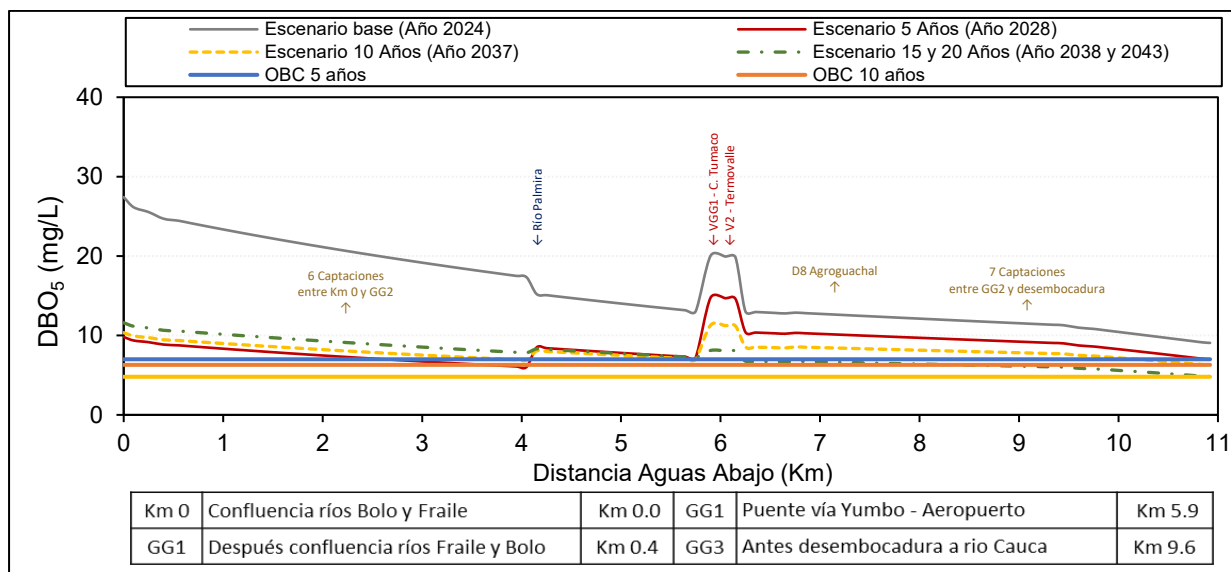


Figura 3-9. Escenarios para DBO5 Río Guachal

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

Los sólidos suspendidos totales – SST presentados en la Figura 3-10 muestran la concentración más alta en el escenario base y 5 años, y un pico en el punto de descarga del canal Tumaco y otros vertimientos. Por otro lado, para el caso de los escenarios a mediano y largo plazo, se

observa el mismo comportamiento un valor constante desde la cabecera hasta el ingreso del canal Tumaco y demás vertimientos.

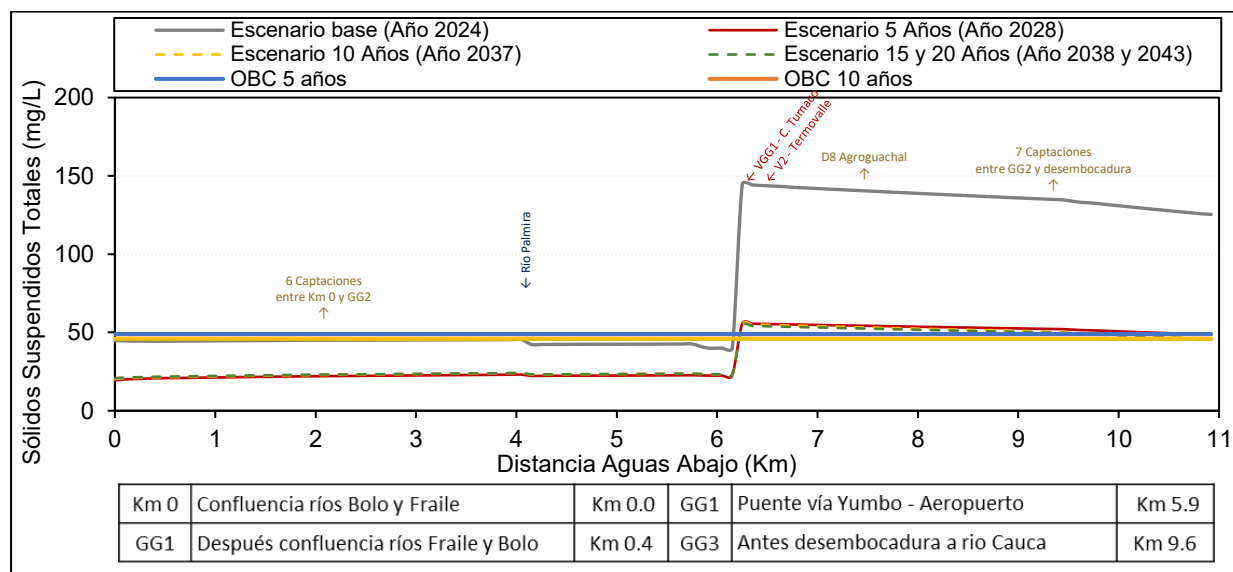


Figura 3-10. Escenarios para SST Río Guachal

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

Por último, la concentración de patógenos, como se muestra en la Figura 3-11, presenta un comportamiento bastante similar en todos los escenarios evaluados. Se puede apreciar que, para los escenarios a corto, mediano y largo plazo, la descarga del río Palmira incrementa levemente la concentración. Se observa también un incremento, en todos los casos, de la concentración de patógenos en el punto de descarga del canal Tumaco y del vertimiento de Termovalle.

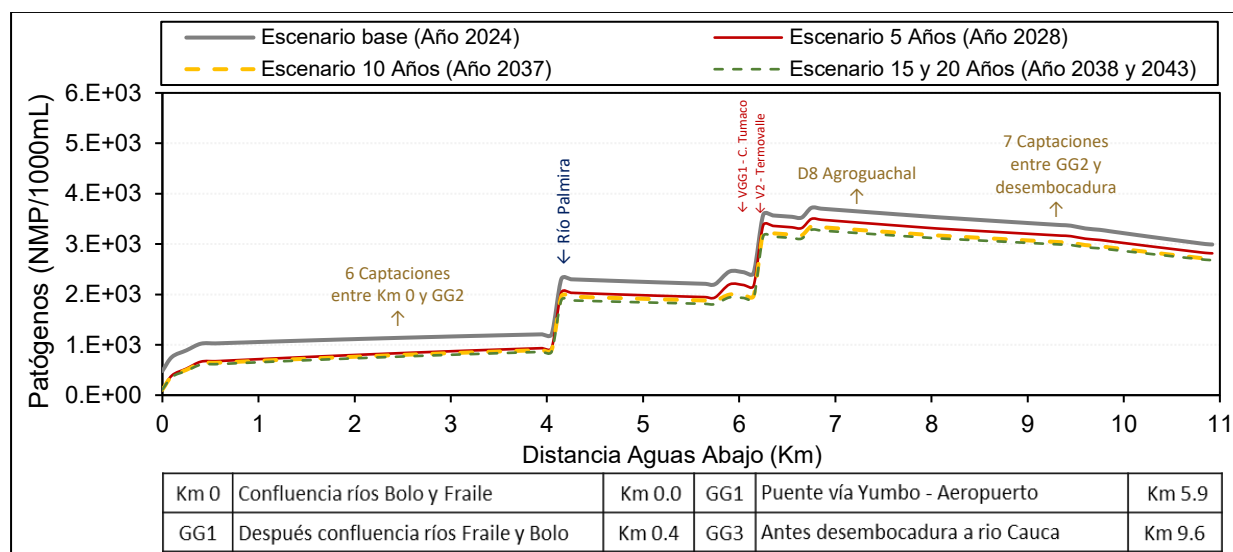


Figura 3-11. Escenarios para patógenos Río Guachal

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

3.4 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 y ecosistemas, determinado cuales son los usos óptimos que se le puedan dar al recurso de manera sostenible.

Según lo dispuesto en el Decreto Único Reglamentario No. 1076 de 2015 (MADS, 2015), los cuerpos hídricos pueden ser clasificados respecto a los vertimientos así: clase I, cuerpos de agua que no admiten vertimiento y clase II, cuerpos de agua que admiten vertimientos.

De acuerdo con el análisis de información existente, las características y condiciones de los tramos, los resultados obtenidos en la modelación y los usos actuales del recurso hídrico, se realizó la identificación de usos potenciales y la clasificación del cuerpo de agua respecto a los vertimientos, para el tramo de análisis del río Guachal, como se muestra en la Tabla 3-13:

Tabla 3-13. Identificación de usos potenciales y clasificación del cuerpo de agua

Tramo	Longitud (km)	Inicio tramo		Fin tramo		Uso potencial	Clasificación ⁽¹⁾
		X	Y	X	Y		
I Desde la confluencia de los ríos Fraile y Bolo, que corresponde al kilómetro 0 del río Guachal, hasta la desembocadura del río Guachal sobre el Río Cauca en el kilómetro 10.94	10.94	1068488.721	880268.594	1068910.541	889652.159	Uso agrícola ² , estético	Clase II

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

(1) Clase II. Cuerpo de agua que admiten vertimientos con algún tratamiento

(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 2025.

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

Con base 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 3-14.

Tabla 3-14. Usos y objetivos de calidad para el río Guachal

Tramo	Nombre del tramo	Uso potencial	Criterio de calidad	Unidades	Corto plazo (5 años)	Mediano plazo (10 años)	Largo plazo (15 y 20 años)
I	Desde la confluencia de los ríos Fraile y Bolo, que corresponde al kilómetro 0 del río Guachal, hasta la desembocadura del río Guachal sobre el río Cauca en el kilómetro 10.94	Uso agrícola ² , estético	Caudal ⁽¹⁾	L/s	5209	5353	5511
			OD	mg O ₂ /L	≥ 1.2	≥ 1.5	≥ 1.7
			Temperatura	°C	≤ 30	≤ 30	≤ 30
			DBO ₅	mg O ₂ /L	≤ 7.0	≤ 6.3	≤ 4.8
			SST	mg/L	≤ 49	≤ 46	≤ 46
			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

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

3.6 Establecimiento de la meta global de carga contaminante y cargas contaminantes

La formulación del PORH del río Guachal 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 Guachal se identificaron cuatro vertimientos que corresponden a las descargas de Quimpac de Colombia S.A., Canal Tumaco (el cual recibe las descargas de Quimpac Colombia, Unilever Andina, centro de operaciones logísticas Unilever, los zanjones Mirriñao y Zamorano, entre otros), Prime Termovale y Zona Franca del Pacífico, este cuerpo de agua a la altura del kilómetro 4.16 recibe al río Palmira. Adicionalmente se identificaron un total de 13 captaciones.

De acuerdo con los resultados del estudio de la modelación de la calidad del agua del río Guachal, 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 3-15 las cargas proyectadas, las cargas máximas permisibles y la carga a remover en el tramo de análisis del río Guachal.

Tabla 3-15. Cargas máximas permisibles y carga a remover por cada periodo

Tramo	Carga	Carga base 2024 (kg/año)		Carga a remover (kg/año)							
				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
I	Proyectada	1112698	19307735	1119963	19309656	758060	19214556	742324	19203470	740132	19201925
	Máxima permisible	1112698	19307735	1140846	19278592	524405	7127343	508976	7120540	506734	7118297
	Carga a remover	0	0	0	31065	233654	12087213	233348	12082930	233398	12083628

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 Guachal

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.

4.2 Seguimiento al cumplimiento de los objetivos de calidad

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

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

Tipo	ID	Nombre	Distancia aguas abajo (km)	Coordenada Norte	Coordenada Oeste
CP	GG3	Antes Desembocadura Río Cauca	9.600	1068910.541	889652.159

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

CP: Corriente principal

En la Tabla 4-2 se muestran las variables de calidad que conforman el programa de seguimiento y monitoreo del río Guachal. 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	Parámetro	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

N°	Parámetro	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]
18	Potasio	[mg/L]
19	Fenoles	[mg/L]
Metales y metaloides		
20	Hierro (Fe)	[mg/L]
21	Manganeso (Mg)	[mg/L]
22	Plomo	[mg/L]
23	Cadmio Total	[mg/L]
24	Zinc	[mg/L]
25	Mercurio Total	[mg/L]
Iones		
26	Cloruros	[mg/L Cl-]
27	Sulfatos	[mg/L SO ₄ 2-]
28	Sodio	[mg/L]
29	Calcio	[mg/L]
30	Magnesio	[mg/L]
31	Carbonato	[mg/L]
32	Bicarbonato	[mg/L]
Microbiológicos		
33	Coliformes totales	[NMP/100mL]
34	Coliformes fecales	[NMP/100mL]
Hidrobiológicos ⁽¹⁾		
35	Perifiton ⁽¹⁾	[# individuos/unidad de área] o [biomasa]
36	Macroinvertebrados ⁽¹⁾	[# individuos/unidad de área] o [total de individuos por taxón] o [biomasa]
37	Peces ⁽¹⁾	[# individuos por especie] o [biomasa]

⁽¹⁾ 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).

4.2.1 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.

4.2.1 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 una vez al año, teniendo en cuenta la temporada climática seca.

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

ID	Nombre	Distancia aguas abajo (km)	Coordenada Norte	Coordenada Oeste
V1	Quimpac De Colombia Sa	5.93	1069011.51	885378.83
V-GG1	Vertimiento Canal Tumaco	5.936	1069008.42	885388.05
V2	Prime Termovale S.A.S Empresa De Servicios Públicos	6.27	1069153.28	885695.63
V3	Zona Franca Del Pacifico	6.73	1069196.27	886024.04

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).

4.2.2 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

4.3 Estructura del componente programático del PORH del río Guachal

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 Guachal 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.

4.3.1 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.

4.3.2 Línea estratégica 2: Gestión de la Oferta

La Línea Estratégica de Gestión de la Oferta está orientada a garantizar la disponibilidad y sostenibilidad del recurso hídrico, asegurando que el río Guachal 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.

4.3.3 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.

4.3.3 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 Guachal.

Tabla 4-4. Línea estratégica 1 – Gestión de la calidad del agua

Línea Estratégica	1. Gestión de la calidad del agua									
Programa	1.1 Monitoreo y seguimiento a la calidad del recurso hídrico y 1.2 Saneamiento de fuentes hídricas									
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									
Objetivos Específicos	Reducir la carga contaminante del vertimiento de aguas residuales domésticas y no domésticas									
	Cumplir los objetivos de calidad del río Guachal									
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
Actualización, aprobación e implementación del PSMV cabecera Palmira	Resolución de adopción de PSMV del municipio de Palmira % de implementación del PSMV del municipio de Palmira	PSMV del municipio de Palmira adoptada por Resolución CVC 100% de PSMV del municipio de Palmira implementado								Alcaldía de Palmira, Asociación de Acueducto y Alcantarillado AQUAOCCIDENTE, CVC
Construcción y puesta en marcha de la fase I de la PTAR del municipio de Palmira	Número de PTAR construidas No. PTAR operando	FASE I de la PTAR de Palmira construida y en operación								Alcaldía de Palmira, Asociación de Acueducto y Alcantarillado AQUAOCCIDENTE, CVC
Operación y mantenimiento de la fase I de la PTAR del municipio de Palmira	Número de PTAR operando Kg de carga contaminante vertida	68% de los vertimientos generados en la cabecera del Municipio de Palmira son tratados en la fase I de la PTAR DBO5 a partir del año 2029: 1919 Kg/día SST a partir del año 2029: 768 Kg/día								Alcaldía de Palmira, Asociación de Acueducto y Alcantarillado AQUAOCCIDENTE, CVC

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

Línea Estratégica	1. Gestión de la calidad del agua									
Programa	1.1 Monitoreo y seguimiento a la calidad del recurso hídrico y 1.2 Saneamiento de fuentes hídricas									
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									
Objetivos Específicos	Reducir la carga contaminante del vertimiento de aguas residuales domésticas y no domésticas									
	Cumplir los objetivos de calidad del río Guachal									
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 prácticas de producción más limpia y/u 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 Guachal	Usuarios con permiso de vertimiento cumplen con las cargas máximas permisibles definidas en los escenarios de calidad del PORH del río Palmira	Usuarios con permiso de vertimiento cumplen con las cargas máximas permisibles definidas en los escenarios de calidad del PORH del río Palmira								Usuarios con permiso de vertimiento al río Guachal
Construcción, puesta en marcha y operación de la fase II de la PTAR de Palmira	Número de PTAR construidas No. PTAR operando Kg de carga contaminante vertida	Cumplimiento de las cargas definidas en los escenarios de calidad para el Canal Tumaco								Alcaldía de Palmira, Asociación de Acueducto y Alcantarillado AQUAOCCIDENTE, CVC

Tabla 4-5. Línea estratégica 2 - Gestión de la oferta

Línea Estratégica	2. Gestión de la oferta									
Programa	2.1 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									
Objetivos Específicos	Acotamiento e implementación de la ronda hídrica del río Guachal en zonas priorizadas									
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 la ronda hídrica del río Guachal	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 Palmira - CVC

Tabla 4-6. Línea estratégica 3 – Gestión de la demanda de agua

Línea Estratégica	3. Gestión de la demanda de agua										
Programa	3.1 Uso eficiente y ahorro de agua										
Objetivo General	Garantizar el uso sostenible del recurso hídrico										
Objetivos Específicos	Garantizar el uso sostenible del recurso hídrico en situaciones de caudal bajo para preservar el caudal ambiental del río Guachal										
	Implementar acciones de mitigación del riesgo por déficit de agua										
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 Guachal implementan las acciones definidas en los PUEAA									Usuarios con concesiones de agua en el río Guachal - CVC
Implementación de turnos de aprovechamiento del recurso hídrico del río Guachal u otras medidas 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 Guachal, en diferentes condiciones hidrológicas, mantiene el caudal que permite cumplimiento de los objetivos de calidad									Usuarios con concesiones de agua en el río Guachal - CVC
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 Guachal 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 Guachal - 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 Guachal 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 Guachal - CVC

Tabla 4-7. Línea estratégica 4 – Gobernanza del agua

Línea Estratégica	4. Gobernanza del agua									
Programa	4.1 Participación Comunitaria y cultura del agua									
Objetivo General	Sensibilizar a los usuarios del recurso hídrico 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									
Objetivos Especificos	Realizar campañas de educación ambiental y sensibilización de los usuarios del recurso hídrico del río Palmira sobre el ahorro y uso eficiente del agua y el control de la contaminación 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	
Desarrollo de procesos de educación ambiental y sensibilización de los usuarios del recurso hídrico del río Palmira 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 Palmira (un proceso en el corto plazo y otro en el mediano plazo)								CVC, Alcaldía de Palmira, Gobernación del Valle del Cauca prestadores de servicios comunitarios

4.4 Estrategias de articulación para la implementación del PORH

Con el fin de asegurar el éxito en la implementación del PORH, 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.

El río Guachal tiene un carácter receptor, tanto de cauces como de vertimientos por tanto se ve influenciada por las acciones sobre sus tributarios; río Párraga, Bolo, Fraile y Palmira.

Por tanto el cumplimiento de los objetivos de calidad en este cuerpo de agua queda supeditado, adicionalmente, al cumplimiento de los escenarios propuestos en sus tributarios priorizados.

Este proceso prospectivo fue retroalimentado por los actores territoriales consultados en las diferentes fases de desarrollo del PORH del sistema Guachal en la estrategia de participación desarrollada y relacionados con las estrategias 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.

4.4.1 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 municipal y regional con injerencia en las cuencas de los ríos que conforman la Subzona Hidrográfica del río Guachal. Acorde con la fase de diagnóstico los instrumentos de planificación existentes son:

Tabla 4-8. Instrumentos de planificación y normativo del sistema Guachal

INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN Y TÉCNICOS EN ARTULACIÓN CON PORH DEL RIO GUACHAL			
GESTIÓN AMBIENTAL	GESTIÓN DEL RECURSO HIDRICO	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: Res. 0100-07221251 de 2018 PUEA, municipio de Palmira, presentado por AQUAOCCIDENTE S.A. E.S.P, (2017-2022). 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 La resolución 0437 del 27 de julio de 2021, CVC declaró en ordenamiento de los río <u>Guachal</u>, Bolo Fraile, Palmira y Párraga .	Planes de Manejo del sistema de PNN Las Hermosas Plan de Ordenamiento Territorial Departamental del Valle del Cauca 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)

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

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 Guachal hace parte (Tabla 4-9).

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 Guachal

Objetivo Estratégico	Línea Estratégica	Línea de Actuación	Criterio de Actuación
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		Orientación de un uso eficiente del agua a través de la formación de una conciencia de uso racional.
		Diseño, construcción y optimización de la infraestructura física para la captación, almacenamiento, transporte, distribución, tratamiento y disposición del recurso hídrico	Fomento y promoción para el mejoramiento continuo de la infraestructura física para el suministro de agua potable y conducción y disposición de aguas residuales
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	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)

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.

BIBLIOGRAFÍA

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